

Metabolismo de aminoácidos y metodología simplificada para la evaluación de calidad proteínica en humanos

JAIME RESTREPO¹, LUIS F. FAJARDO², LUZ MARINA ANGEL³

Objetivos: Evaluar las concentraciones de aminoácidos (a.a) libres en plasma basal y post-ingesta de proteínas.

Material y métodos: En un estudio clínico pre-experimental participaron 16 hombres y 7 mujeres sanos, clínica y nutricionalmente, entre 20 y 29 años, con pesos promedios, hombres: 67.5 kg, y mujeres: 57,3 kg. Cada paciente recibió, en días diferentes, 12 gramos de proteínas de huevo, maíz opaco-2 y maíz común. Se dosificó aminoácidos séricos basales y 2 horas post-ingesta.

Resultados: No hubo diferencias estadísticas en los a.a en hombres y mujeres. En hombres, el huevo mostró niveles más altos de a.a que el opaco-2 ($p < 0,05$) al igual que fueron más altos con opaco-2 que con maíz común ($p < 0,05$). En el grupo de mujeres no hubo diferencias. El porcentaje de cambio ($\Delta\%$) en el nivel a.a plasmáticos para las 3 proteínas presentó diferencias significativas en isoleucina ($p < 0,01$) aromáticos ($p < 0,001$) y lisina ($p < 0,001$) en hombres, y treonina ($p < 0,001$), valina ($p < 0,03$), metionina ($p < 0,001$), isoleucina ($p < 0,01$) lisina ($p < 0,001$) y aromáticos ($p < 0,001$) en mujeres.

Para el huevo, la respuesta de a.a esenciales fue siempre positiva, en tanto que el maíz opaco-2 presentó $\Delta\%$ negativos en treonina isoleucina, y en el maíz común hubo $\Delta\%$ negativo en histidina y lisina. El porcentaje negativo más alto correspondió a la isoleucina en la dieta del maíz común.

Conclusiones: La diferencia obtenida entre huevo-maíz podría ser la digestibilidad de las proteínas y la tasa de liberación diferente de a.a del intestino delgado, pero analizando los $\Delta\%$ negativos de los a.a específicos y conociendo los a.a limitantes del maíz opaco-2 (isoleucina) y del maíz común (lisina e isoleucina) podríamos concluir que no sólo se trataría de un problema de digestibilidad sino también de los a.a del pool.

Palabras claves: A.A. en plasma, calidad proteínica.

Introducción

El método estándar para la estimación del valor nutricional de una proteína en humanos involucra el uso de experimentos de balance de nitrógeno. Una evaluación "ideal" usando técnicas de balance nitrogenado realizaría ensayos a diferentes niveles de ingesta proteica. Las dificultades técnicas y los costos asociados

con tales estudios incluyen determinaciones sobre un gran número de proteínas o alimentos proteicos. Se necesitan métodos más rápidos y menos costosos. Con el continuo aumento de la diversidad de productos alimenticios suplementados en proteína dietética, la ventaja de un buen estado nutricional, y el aumento gradual de los consumidores, se han hecho intentos para utilizar índices bioquímicos en la evaluación de calidad nutricional proteínica.

Uno de tales indicadores bioquímicos consiste en la determinación de los niveles de aminoácidos (AA) en plasma o en suero, teniendo en cuenta que en varias dietas los factores fisiológicos y patológicos afectan los niveles de aminoácidos en plasma, ya sea en humanos o animales. Reportes de estos factores han sido revisados extensamente (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15).

-
1. QUIMICO, M. Sc. en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Profesor Asociado del Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
 2. M.D. PEDIATRA M. Sc. en Nutrición. Profesor Titular del Departamento de Medicina. Universidad del Valle. Cali, Colombia.
 3. QUIMICA. Departamento de Pediatría. Facultad de Medicina. Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- © Universidad del Norte.

Además, un gran número de estudios en animales, referentes a la evaluación de la relación de niveles plasmáticos de aminoácidos y valor proteínico, han sido reportados (16, 17, 18). Debe anotarse, sin embargo, que los resultados provenientes de estudios con animales han sido variables y confusos.

En el plasma humano, la relación de aminoácidos esenciales a no esenciales (o a totales) o relaciones entre grupos específicos de aminoácidos, han sido estudiadas con respecto a su posible uso en la investigación de estado nutricional (12,13,15). Los niveles plasmáticos se usaron también para estimar los requerimientos de aminoácidos específicos en sujetos mantenidos con una dieta de aminoácidos sintéticos que contenían diferentes niveles del aminoácido bajo estudio (19).

En un intento por evaluar el valor nutricional de proteínas, se han usado cambios postprandiales (curvas de respuesta) en niveles plasmáticos de aminoácidos para calcular índices que permitan predecir los aminoácidos limitantes de varias proteínas ingeridas. Alternativamente, la calidad de una proteína en un alimento puede estimarse directamente a partir de su composición de aminoácidos esenciales por el método de puntaje químico, introducido por Mitchell y Block en 1946. Inicialmente, el contenido de cada aminoácido esencial se expresa como mg. de aminoácido por g. de proteína. Luego, estas concentraciones se comparan con las concentraciones correspondientes de aminoácidos esenciales para una proteína de referencia de alta calidad, estableciendo entonces una relación denominada "puntaje químico". La proteína de referencia puede ser la de la leche o la del huevo. El primer aminoácido esencial limitante será aquel que tenga el puntaje químico más bajo, seguido por un segundo aminoácido esencial limitante, y así sucesivamente. El puntaje para el primer aminoácido esencial representa el puntaje químico para la proteína dietética en estudio. El valor exacto para los puntajes de cada aminoácido esencial en una proteína de cualquier alimento dependerá, obviamente, del tipo de proteína de referencia escogida (20).

Con el objeto de estimar la secuencia en la cual los aminoácidos en una proteína se hacen limitantes, Longenecker y Hause (21) desarrollaron la relación plasma-aminoácido (PAA), definida como:

$$PAA = \frac{\text{conc. PAA postprandial promedio} - \text{conc. PAA en ayunas}}{\text{requerimientos de AA}} \times 100$$

Donde los niveles de aminoácidos en plasma se expresan como mg/100 mL, y los niveles de requerimiento como g. de aminoácidos por 16 g. de proteína ingerida. Los estimados de concentraciones postprandiales de aminoácidos en plasma se basaron en análisis de muestras tomadas cada hora durante 5 horas.

En estudios con ratas, Whitaker y Patrick (15) usaron determinaciones de aminoácidos en plasma al cabo de 1/2 hora postprandial para calcular un "Índice PAA" de una manera similar a la usada por Oser (22) para calcular el Índice de Aminoácidos Esenciales.

El Índice PAA se usó para predecir el valor biológico, y se encontró que para las tres fuentes de proteína estudiadas (caseína + lactalbúmina, proteína de levadura, gluten de trigo) los valores predichos concordaban muy bien con los valores publicados. Aunque no ha sido estudiado adecuadamente en animales y humanos, el Índice PAA tiene su mayor ventaja para uso en estudios de corta duración.

Mc Laughlan (4) sugirió que a pesar de "no ser éste su uso desde el punto de vista práctico, la magnitud de la respuesta de los aminoácidos en plasma parece ser un indicador de calidad proteínica", la aproximación podría ser útil para la evaluación de cambios nutricionales, ocurridos en aminoácidos específicos, causados por calor u otros tratamientos, durante el procesamiento, en una proteína sola o en productos alimenticios.

La validez de la aproximación usada no puede evaluarse con base en la variabilidad de los datos, sin embargo, la aproximación puede ser muy útil en seguir y posiblemente en cuantificar cambios en la disponibilidad de aminoácidos debido al calor u otro tipo de procesamiento en los alimentos. Respecto a las anteriores investigaciones es muy importante considerar:

1. Los niveles plasmáticos de aminoácidos son el resultado de un balance dinámico entre absorción de aminoácidos, reposición de tejidos y degradación final (23).
2. Los niveles postprandiales de aminoácidos en plasma han sido usados para determinar la secuencia en la cual los aminoácidos presentes en las proteínas de los alimentos se hacen limitantes (24). Estos estudios en perros y en hombres han mostrado una baja correlación entre la composición de aminoácidos de la proteína ingerida y los niveles de aminoácidos en plasma. Esto se debe a que el perfil de los aminoácidos de la dieta puede sufrir modificación durante la digestión por parte de aminoácidos provenientes de la secreción intestinal y posterior absorción por transaminación en la mucosa intestinal (25).
3. Posteriores modificaciones del perfil de aminoácidos en la sangre proveniente de la vena porta pueden ocurrir durante su paso a través del hígado, donde los aminoácidos pueden ser usados para sintetizar proteína, catabolizarse a urea o irse hacia el torrente sanguíneo antes de ser tomados por los diferentes tejidos (26).
4. La relación entre la composición dietética de los aminoácidos de una harina en particular y el perfil de aminoácidos postprandial en plasma, se observaría claramente si se usaran condiciones estrictamente estandarizadas, en las cuales cada individuo sirviera como su propio control, y en un diseño experimental que trate de separar el efecto de tomar una harina por sí misma (efecto de insulina) y aquella del aminoácido que suministra.

En virtud de las anteriores situaciones, la presente investigación se basó en la siguiente hipótesis: la proteína al digerirse libera aminoácidos, los cuales, al absorberse, pasan a un "pool", de donde las células extraen los aminoácidos necesarios para la marcha del metabolismo proteico. Por consiguiente, una "buena" proteína será aquella que provea el nivel de aminoácidos para que el "pool" permanezca constante o aumente. Por otra parte, una proteína de "inferior" calidad sería aquella que no suministre la cantidad adecuada de aminoácidos y, por consiguiente, permita una disminución en el nivel de algún o algunos aminoácidos del "pool".

Materiales y métodos

1. Para la determinación de los niveles plasmáticos de aminoácidos se utilizó sangre heparinizada, con el objeto de separar el plasma y luego precipitar la proteína con ácido sulfosalicílico, posterior centrifugación y separación del sobrenadante, 1.0 ml. de éste se aplicó a una columna empacada con resina de intercambio iónico y se determinó el nivel de cada uno de los aminoácidos por reacción con ninhidrina y cuantificación del complejo coloreado a 530 nm. Todo este proceso fue realizado en un Auto Analizador Technicon de aminoácidos.
2. Debido a que la respuesta de los humanos a una combinación particular de aminoácidos es variable e inherente a las características de cada individuo, fue necesario que cada sujeto sirviera como su propio control.
Participaron en el estudio 16 hombres y 7 mujeres, adultos sanos, evaluados clínica y nutricionalmente, de entre 20 y 29 años de edad, con un peso promedio de 57.3 Kg. para el grupo de mujeres, y de 67.5 Kg. para el grupo de hombres. Inicialmente, se estableció el nivel basal de aminoácidos a cada participante del estudio, con el fin de establecer la comparación con el nivel de aminoácidos obtenido al cabo de las 2 horas de haber ingerido la proteína investigada.
La ingesta calórica de cada individuo en el momento de consumir la dieta proteica fue constante en todos los casos (350 Kcal), y no se permitió el consumo de ningún tipo de alimento hasta después de haber tomado la segunda muestra de sangre para el análisis; esto se hizo con el propósito de evitar cualquier interferencia de tipo calórico o proteico sobre la concentración de aminoácidos plasmáticos provenientes de las fuentes proteicas en estudio.
3. Se administraron las proteínas de huevo, maíz opaco-2 y maíz común como proteína de prueba a igual nivel de ingesta (12 g. de proteína de cada fuente). La razón para la escogencia de las proteínas de prueba fue la de tratar de observar diferencias entre una proteína de origen animal y otra de origen vegetal, de acuerdo al patrón de aminoácidos plasmáticos obtenidos, además de esto, tratar de visualizar las posibles diferencias entre 2 proteínas de

origen vegetal tan relacionadas como el maíz común y el maíz opaco-2. En la tabla 1 aparece la composición de aminoácidos esenciales y no esenciales de las tres fuentes proteicas investigadas. Esta tabla indica, de acuerdo con la definición de puntaje químico, que el maíz común está limitado en su contenido de lisina y triptófano con respecto al maíz opaco-2 y al huevo; en tanto que el maíz opaco-2 lo es en su contenido de isoleucina con respecto a las otras dos fuentes proteicas.

4. El esquema general para todos los participantes en el estudio fue el siguiente:
 - (a) 12 horas de ayuno (durante la noche).
 - (b) a las 7:30 am. toma de muestra heparinizada.
 - (c) Administración de los 12 g. de proteína de prueba. El huevo fue suministrado en forma de huevo cocido, macerado completo. El maíz común y el opaco-2 en forma de arepa (maíz y margarina). El maíz, en forma de harina de maíz degerminado.
 - (d) Al cabo de 2 horas se tomó muestra de sangre heparinizada.
 - (e) Centrifugación, separación del plasma y deproteínización. Congelación del sobrenadante hasta el momento de procesarlo.
5. El análisis estadístico de los datos fue hecho por medio del análisis de varianza de 2 vías. La comparación de los promedios seleccionados se hizo usando el *t de students*. Una probabilidad del 5% fue tomada como un nivel de significancia estadística.

Resultados

La tabla 2 nos muestra: Los valores promedios de aminoácidos libres en plasma, tanto en hombres como en mujeres, la respectiva comparación y los datos reportados en la literatura (u mol/L). Es importante anotar que el valor de N (número de muestras) no es igual para los diferentes aminoácidos, ya que no se consideró el valor "0". O sea, cuando no aparece el pico en el cromatograma, se considera como dato perdido, y no como "0" (cero).

Las diferencias en concentración de los diferentes aminoácidos para hombres y mujeres no fueron estadísticamente significativas (NS).

Las diferencias de los niveles de aminoácidos con los reportados en la literatura aparecen muy altas, especialmente en los aminoácidos prolina, serina y los sulfurados.

La tabla 3 nos muestra los niveles plasmáticos de aminoácidos libres, 2 horas después de haber ingerido 12 g. de las proteínas de prueba (huevo, maíz común y maíz opaco-2), para el grupo de hombres.

La tabla 4 presenta los niveles plasmáticos de aminoácidos libres para las proteínas de prueba en mujeres, 2 horas después de la ingesta.

Los niveles de aminoácidos en sujetos alimentados con proteína de huevo son en general mayores, comparados con niveles de aminoácidos en sujetos que recibieron las otras fuentes de proteína. El análisis estadístico de estos resultados se aprecia en la tabla 5. Al hacer la comparación entre las proteínas de huevo vs opaco-2, en hombres: $F = 14.63$, $P < 0.05$, es decir, que sí hay diferencia estadísticamente significativa al 95%; cuando se compara opaco-2 vs maíz común, en hombres: $F = 6.24$, $P < 0.05$, también se observan diferencias estadísticamente significativas entre las proteínas bajo estudio; lo que no ocurre cuando se hace la misma comparación en los niveles plasmáticos del grupo de mujeres: huevo vs opaco-2, $F = 2.70$, NS; opaco vs maíz común, $F = 2.86$, NS.

El porcentaje de aumento o disminución del nivel de aminoácidos post-ingesta (a.Ap) con respecto al nivel de aminoácidos en ayunas o basal (A.Ao) fue evaluado mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{(A.Ap - A.Ao)}{A.Ao} \times 100$$

En las tablas 6 y 7 se presentan los promedios observados del porcentaje de cambio ($\Delta\%$) en el nivel de aminoácidos plasmáticos para las 3 proteínas de prueba (huevo, maíz común, maíz opaco-2) tanto en hombres como en mujeres. Se encontraron diferencias significativas en las respuestas ($\Delta < 0.001$) y lisina, evaluados en sujetos del sexo masculino y treonina ($P < 0.01$), valina ($P < 0.03$) metionina ($P < 0.01$), isoleucina ($P < 0.01$), lisina ($P < 0.001$) y aromáticos ($P < 0.001$), evaluados en sujetos de sexo femenino. En general, puede decirse que la respuesta del nivel de aminoácidos en plasma a la ingesta de proteína del huevo, fue siempre mayor que la obtenida por ingesta de proteína de maíz opaco-2 y ésta, a su vez, mayor que la obtenida con la ingestión de maíz común: $F = 4.07$, $P < 0.05$, para los hombres, y $F = 18.8$, $P < 0.05$ en mujeres.

En la ilustración 1 aparece el diagrama que relaciona globalmente la respuesta del nivel de aminoácidos esenciales plasmáticos, en hombres, a la ingesta de las diferentes proteínas de prueba. Obsérvese cómo, para la dieta de huevo, esta respuesta es siempre positiva, con valores que van desde + 13 (valina) hasta + 130 (treonina), en tanto que para las proteínas de origen vegetal (el maíz opaco-2) presenta niveles plasmáticos de respuesta ($\Delta\%$) negativos en treonina e isoleucina, y el maíz común con niveles plasmáticos de respuesta ($\Delta\%$) negativa en histidina y lisina.

En la ilustración 2, esta diferencia, entre la proteína de origen animal y las proteínas de origen vegetal, aparece mucho más marcada con niveles de respuesta ($\Delta\%$) negativos para treonina, valina, metionina e isoleucina (muy bajo en maíz común).

La ilustración 3 indica la respuesta promedio de hombres y mujeres, en el nivel de aminoácidos plasmáticos, con respecto a la ingesta de las diferentes proteínas de prueba. Como se puede observar, la tendencia

del $\Delta\%$ es similar a la de los casos individuales (hombres y mujeres), destacándose que el porcentaje negativo más alto corresponde a la isoleucina, en la dieta de maíz común.

Discusión

Se considera que los niveles basales de aminoácidos libres, en plasma, son un reflejo del estado nutricional de las personas, como consecuencia de su ingesta proteica (26).

Los datos encontrados en la muestra analizada reflejan una mayor variación que la reportada por otros autores. Esto puede reflejar diferencias grandes en el estado nutricional. Es de anotar que los pacientes del ensayo incluían personas de todos los estratos socio-económicos, pero considerados sanos (no se evidenció patología nutricional grave en ninguno de los sujetos).

Este hallazgo, de gran variabilidad en los resultados de nivel basal de aminoácidos, es importante tenerlo en cuenta para la interpretación clínica de los aminogramas.

Valdría la pena, en futuros estudios, hacer aminogramas en niños "normales", nutricionalmente, pero de diferentes clases sociales, para evaluar la variabilidad, ya que, al fijar los límites de variabilidad, debidos a las características nutricionales de la población, ayudaría en gran forma a la interpretación de aminogramas patológicos. A este respecto conviene recordar que los niveles plasmáticos de digestión, por parte de aminoácidos provenientes de la secreción intestinal y posterior absorción por transaminación en la mucosa intestinal.

Existen dos modelos generales para la interpretación de los resultados:

1. El nivel de aminoácidos libres en plasma, después de la ingestión de una proteína, reflejaría el grado de liberación de los aminoácidos a partir del intestino delgado. El trabajo de Vaughan y col. (27) vendría a confirmar una hipótesis.
2. El nivel de aminoácidos libres en plasma, después de la ingestión de una proteína, estaría reflejando la capacidad de la proteína de llenar las necesidades de aminoácidos para la síntesis proteica, de manera que el "pool" de aminoácidos libres en plasma permanezca sin cambio, o su cambio refleje la diferencia relativa de uno o varios aminoácidos.

El trabajo realizado hasta aquí tiende a confirmar una combinación de las dos teorías.

Cuando analizamos las diferencias entre los resultados obtenidos con proteína de huevo y proteína de maíz, podríamos aducir que la causa de la diferencia es la digestibilidad de las proteínas y, por lo tanto, la diferente tasa de liberación de los aminoácidos por parte del intestino delgado; pero cuando analizamos los aminoácidos específicos, vemos que los aminoácidos

de mayor disminución, con respecto al nivel basal, son lisina e isoleucina para maíz opaco-2. Es bien conocido (ver tabla 1) que los aminoácidos limitantes de maíz son lisina e isoleucina (triptófano se destruye por hidrólisis ácida), y que en la variedad maíz opaco-2, con alto contenido de lisina, el aminoácido limitante es la isoleucina; las diferencias observadas con las dos variedades de maíz y el hecho de observar la mayor diferencia en los aminoácidos limitantes, sugiere que no sólo es un problema de digestibilidad, sino también de aporte de aminoácidos al "pool".

Desde luego que se requiere más información para probar cualquiera de las dos hipótesis.

De todas maneras, es claro, de nuestros estudios, que es posible tener alguna idea del valor nutricional de las proteínas en humanos, utilizando la respuesta del nivel de aminoácidos libres, en plasma.

En futuros estudios debería profundizarse sobre los cambios de sensibilidad de la respuesta ($\Delta\%$) de acuerdo a la magnitud de las dosis de proteína ingerida.

Referencias

1. Almquist, H.J. *Utilization of Amino Acids by Chicks*. Arch. Biochem. 1964; 52:197.
2. Longenecker, J.B. *Relationship Between Plasma Amino Acids and Composition of Ingested Protein*. III. *Effect of Dietary Protein on Plasma Amino Acids and Clinical Chemistry of Dogs*. In Progress in Meeting Protein Needs of Infants and Preschool Children. Publ. 843. National Research Council-National Academy of Sciences. Washington D.C., 1961.
3. ----- *Utilization of Dietary Proteins*. In *Newer Methods of Nutritional Biochemistry*, Vol. I, A.A. Albanese (Editor). Academic Press, New York, 1963.
4. McLaughlan, J.M., *Relationship Between Protein Quality and Plasma Amino Acid Levels*. Federation Proc. 1963; 22:1122.
5. Gliter C., *Protein Digestion and Absorption in Nonruminants*. In *Mammalian Protein Metabolism*, Vol. 1, H.N. Munro and J.B. Allison (Editors). Academic Press, New York, 1964.
6. Harper, A.E., *Amino Acid Toxicities and Imbalances*. In *Mammalian Protein Metabolism*, Vol. II. H.N. Munro, and J.B. Allison (Editors). Academic Press, New York, 1964.
7. ----- *Diet and Plasma Amino Acids*. Am. J. Clin. Nutr. 1968; 21, 358.
8. McLaughlan, J.M., Noel, F.J., Morrison, A.B. and Campbell J.A., *Blood Amino Acid Studies. IV Some Factors Affecting Plasma Amino Acid Levels in Human Subjects*. Can. J. Biochem. Physiol 1963; 41:191.
9. Anon. *Factors Causing Changes in Plasma Amino Acid Patterns*. Nutr. Rev. 1969; 27:241.
10. Berry. H.K., *Plasma Amino Acids*. In *Newer Methods of Nutritional Biochemistry*, Vol. IV, A.A. Albanese (Editor). Academic Press. New York. 1970.
11. Den Hantog, C. and Pol, G., *Assays Based on Measurements of Plasma-Free Amino Acids*. In *Protein and Amino Acid Functions*. E.J. BigWood (Editor). Pergamon Press. New York, 1972.
12. Rudman D., Feller A.G. *Protein-Calorie Undernutrition in the Nursing Home*. J. Am. Ger. Soc. 1989; 37: 173-83.
13. Rudman D., Mattson D.E., Feller A.G., Cotter R., Johnson R.C. *Fasting Plasma Amino Acids in Elderly Men*. Am. J. Clin. Nutr. 1989; 49: 559-66.
14. Rudman D., Abba si A.A, Chaudry F., Mattson D.E., *Protein Quality of two Liquid-Formula Diets Used in Nursing Homes*. Am. J. Clin. Nutr. 1991; 53: 47-54.
15. Whitaker, T.R., and Patrick, H. A. *Plasma Amino Acid Method for Determining Protein Quality*. W. Va. Univ. Agr.Exp.Sta., Bull. 605T. 1971.
16. Bodwell. C.E. *Biochemical Parameters as Indices of Protein Nutritional Value*. In *Protein Nutritional Quality of Foods and Feeds*. Part 1. Assay Methods-Biological, Biochemical and Chemical. M. Friedman (Editor) Marcel Dekker. New York. 1975.
17. Bodwell C.E., and Schuster E.M., *Changes in Postprandial Plasma Urea N. Levels in Human Subjects as Potential Indices of Protein Nutritional Value in Short-Term Studies*. Federation Proc. 1975; 34:929.
18. Sarwar G., Peace R.W., Botting H.G., Brule D. *Relationship Between Amino Acid Scores and Protein Quality Indices Based on Rat Growth*. Plant Foods Human Nutr. 1989; 39: 33-44.
19. Young, V.R., and Serimshaw, N.S. *The Nutritional Significance of Plasma and Urinary Amino Acids*. In *Protein and Amino Acid Functions*, E.J. BigWood (Editor). Pergamon Press. New York. 1972.
20. Seligson F.H. Mackey L.N. *Variable Predictions of Protein Quality by Chemical Score due to Amino Acid Analyses and Reference Pattern*. J. Nutr. 1984; 114: 682-91.
21. Longenecker, J.B. and Hause N.L., *Relationship Between Plasma Amino Acids and Composition of the Ingested Protein*. II. A. *Shortened Procedure to Determine Plasma Amino Acid (PAA) Ratios*. Am. J. Clin. Nutr. 1961; 4:356.
22. Oser, B.L. *Method for Integrating Essential Amino Acid Content in the Nutritional Evaluation of Protein*. J. Am. Dietet. Assoc. 1951; 27:39.
23. Keohane PP., Grimble G.K., Brown B., Spiller R.C., Stilk D.B.A. *Influence of Protein Composition and Hydrolysis Method on Intestinal Absorption of Protein in Man*. Gut 1985; 26: 907-13.
24. Young Vernon R., Bier Dennis M. and Pellet Peter L. A *Theoretical Basis for Increasing Current Estimates or the Amino Acid Requirements in Adult Man, with Experimental Support*. Am. J. Clin. Nutr. 1989; 50: 80-92.
25. Poullain M.G., Cezard J.P., Marche C., Rober L. *Dietary Whey Proteins and their Peptides or Amino Acids Affects on the Jejunal Mucosa of Starved Rats*. Am. J. Clin. Nutr. 1989; 49: 71-6.
26. Elia M., Fulmer P., Schlatmann A., Goren A. and Austin S. *Amino Acid Metabolism in Muscle and in the Whole Body of Man Before and After Ingestion of a Single Mixed Meal*. Am. J. Clin. Nut. 1989; 49:1203-10.
27. Vaughan, D.A., Womack. M., and McClain, P.E. *Plasma Free Amino Acid Levels in Human Subjects After Consuming Meals Containing Lactalbumin, Heated Lactalbumin or no Protein*. Federation Proc. 1974; 33:712.

Tabla 1
Composición de aminoácidos de maíz opaco, maíz común y huevo

Aminoácidos	Maíz común (g/100 g Prot.)	Maíz opaco-2 (g/100 g Prot.)	Huevo (g/100 g Prot.)
Esenciales			
Arginina	4.6	6.2	6.6
Treonina	3.5	3.3	5.0
Valina	7.2	5.6	7.4
Isoleucina	5.0	3.6	6.8
Leucinas	16.1	8.0	9.0
Histidina	2.9	2.7	2.4
Lisina	2.8	4.0	6.3
Metionina	3.0	4.5	5.4
Fenilalanina	5.4	3.8	6.0
Triptófano	0.6	1.0	1.7
No esenciales			
Alanina	9.4	5.9	
Acido aspártico	6.7	8.6	
Glicina	4.1	5.3	
Polina	8.9	7.2	
Serina	4.6	3.9	

Fuente: Laboratorio de Nutrición Facultad de Medicina Univalle.

Tabla 2
Comparación de los niveles basales promedio de aminoácidos libres en plasma-hombres y mujeres

Aminoácidos	Hombres* (u m/L)	Mujeres* (u m/L)	Reportados (u m/L)
Prolina	86.8 ± 42.8	98.04 ± 56.8	232
Aspártico	31.7 ± 15.7	30.90 ± 17.8	16
Treonina	101.1 ± 90.0	81.00 ± 59.5	162
Serina	413.3 ± 180.1	478.80 ± 175.5	112
Glicina	288.3 ± 192.0	234.60 ± 140.0	231
Alanina	237.4 ± 127.0	286.60 ± 158.2	344
Valina	141.9 ± 40.1	137.00 ± 46.9	169
Sulfurados	23.6 ± 14.5	17.00 ± 6.0	95
Isoleucina	84.1 ± 33.1	60.50 ± 21.4	54
Leucina	97.9 ± 33.9	72.10 ± 23.5	100
Aromáticos	134.1 ± 56.7	115.10 ± 53.8	107
Histidina	65.6 ± 37.4	51.50 ± 24.9	79
Lisina	147.0 ± 43.4	132.00 ± 44.9	173
Arginina	59.7 ± 9.3	52.00 ± 24.9	81
N.S.			

Tabla 3
Niveles plasmáticos de aminoácidos libres, 2 horas después de ingestión de 12 g.
de proteína de huevo (H), maíz opaco-2 (O-2) y maíz común (M)

HOMBRES			
Aminoácidos	X (H) (um-L)	X (O-2) (um-L)	X (M) (um-L)
Prolina	96.2	101.8	99.4
A. aspártico	69.6		31.6
Treonina	118.1	89.0	159.4
Serina	405.0	409.0	487.2
Glicina	321.1	245.0	394.1
Alanina	279.1	211.2	281.7
Valina	174.8	115.4	132.6
Sulfurados	32.6	27.8	25.2
Isoleucina	119.3	67.1	78.9
Leucina	137.1	88.5	121.6
Aromáticos	180.2	133.3	162.2
Histidina	73.1	70.3	66.9
Lisina	162.5	146.7	135.4
Arginina	74.9	69.1	58.9

Tabla 4
Niveles plasmáticos de aminoácidos libres, 2 horas después de ingerir 12 g.
de proteína de huevo (H), maíz opaco-2 (O-2) y maíz común (M)

MUJERES			
Aminoácidos	X(H) (um/L)	X(O-2) (um/L)	X(M) (um/L)
Prolina	101.8	62.4	129.2
A. aspártico	-	34.8	202.1
Treonina	71.4	53.4	76.6
Serina	519.4	514.7	450.4
Glicina	187.2	232.9	169.5
Alanina	257.6	311.2	263.5
Valina	172.4	127.4	119.4
Sulfurados	23.9	17.1	10.4
Isoleucina	106.0	52.4	34.8
Leucina	118.2	74.1	62.8
Aromáticos	126.4	120.1	87.1
Histidina	59.1	44.3	62.9
Lisina	202.0	121.3	114.7
Arginina	69.1	62.0	43.3

Tabla 5
Diferencia en niveles de aminoácidos, libres en plasma,
2 horas después de ingestión de proteínas

HOMBRES				
HUEVO VS OPACO-2				
2 Vías Anova	SS	G.L.	F.	
Dieta	6156	1	14.635	P < 0.050
A.A.	257911	12	51.094	P < 0.001
Residuo				
Total	269115	12		
OPACO-2 VS COMUN				
	SS	G.L.	F.	
Dieta	6965	1	6.240	P < 0.050
A.A.	336652	12	25.130	P < 0.001
Residuo				
Total	357010	12		
MUJERES				
HUEVO VS OPACO-2				
	SS	G.L.	F.	
Dieta	1878	1	2.700	NS
A.A.	421370	12	50.480	P < 0.001
Residuo				
Total	431594	12		
OPACO-2 VS COMUN				
	SS	G.L.	F.	
Dieta	2870	1	2.866	NS
A.A.	401430	12	33.400	P < 0.01
Residuo				
Total	416319	12		

Tabla 6
Promedio de los porcentajes de cambio ($\Delta\%$) observados como respuesta a la ingestión de 12 gramos de proteína de huevo, maíz opaco-2 y maíz común

HOMBRES				
		X (H)	X (O-2)	X (M)
Prolina		+ 27	+ 23.00	+ 8.00
Treonina		+ 130	- 31.00	- 95.00
Serina		+ 0	+ 49.00	+ 52.00
Glicina		+ 52	+ 18.00	+ 13.00
Alanina		+ 12	+ 21.00	+ 42.00
Valina		+ 13	- 3.40	0.39
Metionina		+ 51	+ 34.00	+ 18.00
Isoleucina		+ 37	- 15.00	- 0.50
Aromáticos		+ 58	+ 1.36	+ 12.70
Histidina		+ 37	+ 36.00	- 4.30
Lisina		+ 49	+ 5.22	- 13.40
Arginina		+ 34	+ 14.00	21.00
X		41	13.40	5.06
SD		31	22.00	34.00
2 Vías Anova				
	SS	G.L.	F.	
Dieta	9618	2	4.072	P < 0.050
Aminoácidos	4180	12	0.294	
Residuo				
Total	42143	24		

Tabla 7
Promedio de los porcentajes de cambio ($\Delta\%$) observados como respuesta a la ingestión de 12 gramos de proteína de huevo, maíz opaco-2 y maíz común

MUJERES				
		X (H)	X (O-2)	X (M)
Prolina		+ 14.5	-16.0	+ 23.00
Treonina		+ 29.0	0.5	- 26.00
Serina		+ 38.0	25.0	- 14.00
Glicina		- 6.0	-12.0	- 17.0
Alanina		+ 2.7	-17.0	+ 9.00
Valina		+ 35.0	- 2.7	- 7.45
Metionina		+ 51.9	- 6.0	- 16.00
Isoleucina		+ 76.0	- 6.5	- 17.00
Leucina		+ 75.5	- 4.7	- 4.50
Aromáticos		+ 232.0	+ 3.0	- 17.00
Histidina		+ 355.0	+11.0	+ 19.50
Lisina		+ 38.0	+19.0	- 3.20
Arginina		+ 33.0	+32.0	- 3.50
X		36.0	1.92	- 5.7
SD		324.0	15.00	14.8
2 Vías Anova				
	SS	G.L.	F.	
Aminoácidos	12/99	2	18.8	P < 0.050
Residuo	4499	12	1.1	
Total	2540	24		

Ilustración 1. Respuesta del nivel de aminoácidos plasmáticos a la ingesta de diferentes proteínas

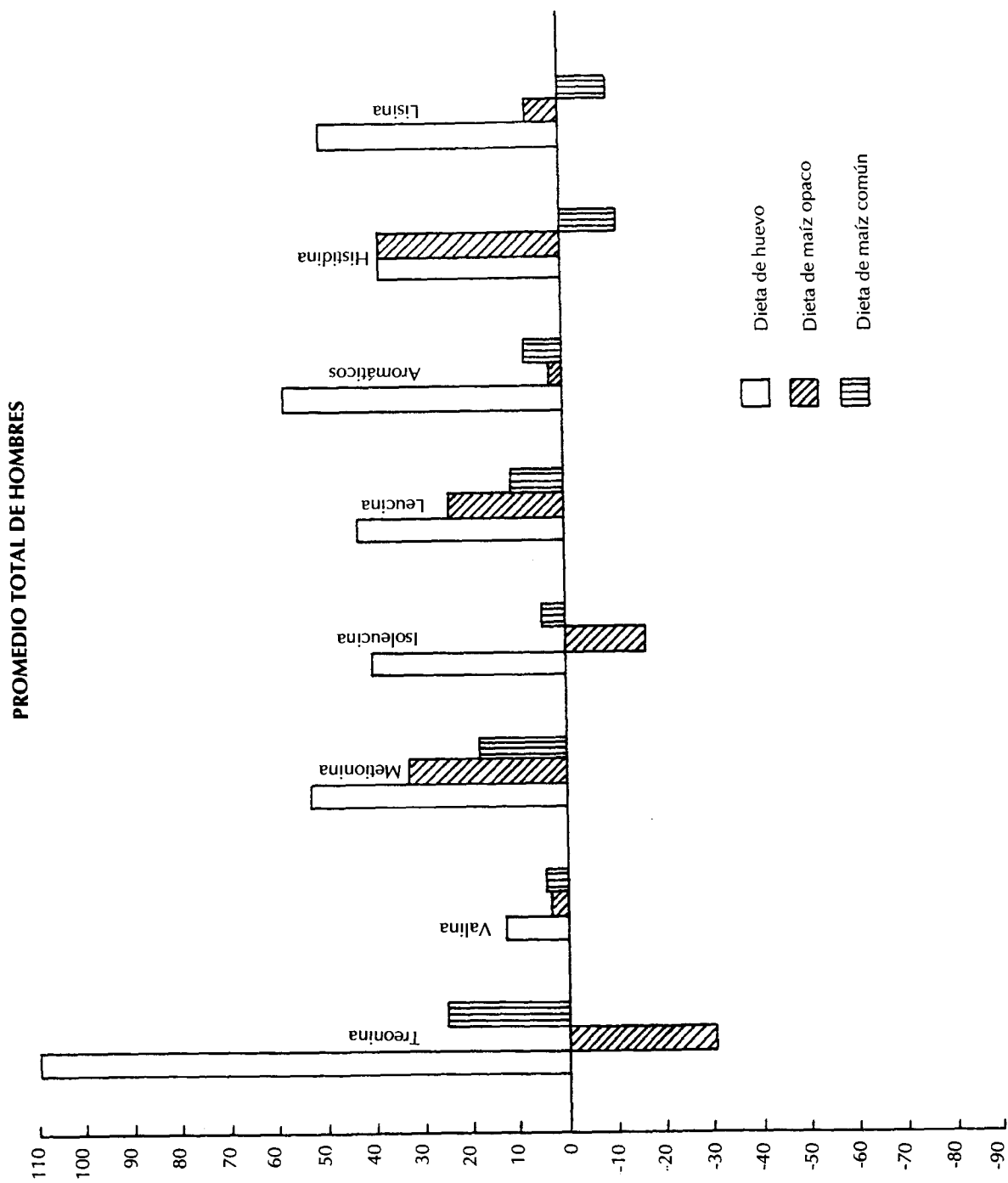


Ilustración 2. Respuesta del nivel de aminoácidos plasmáticos a la ingesta de diferentes proteínas

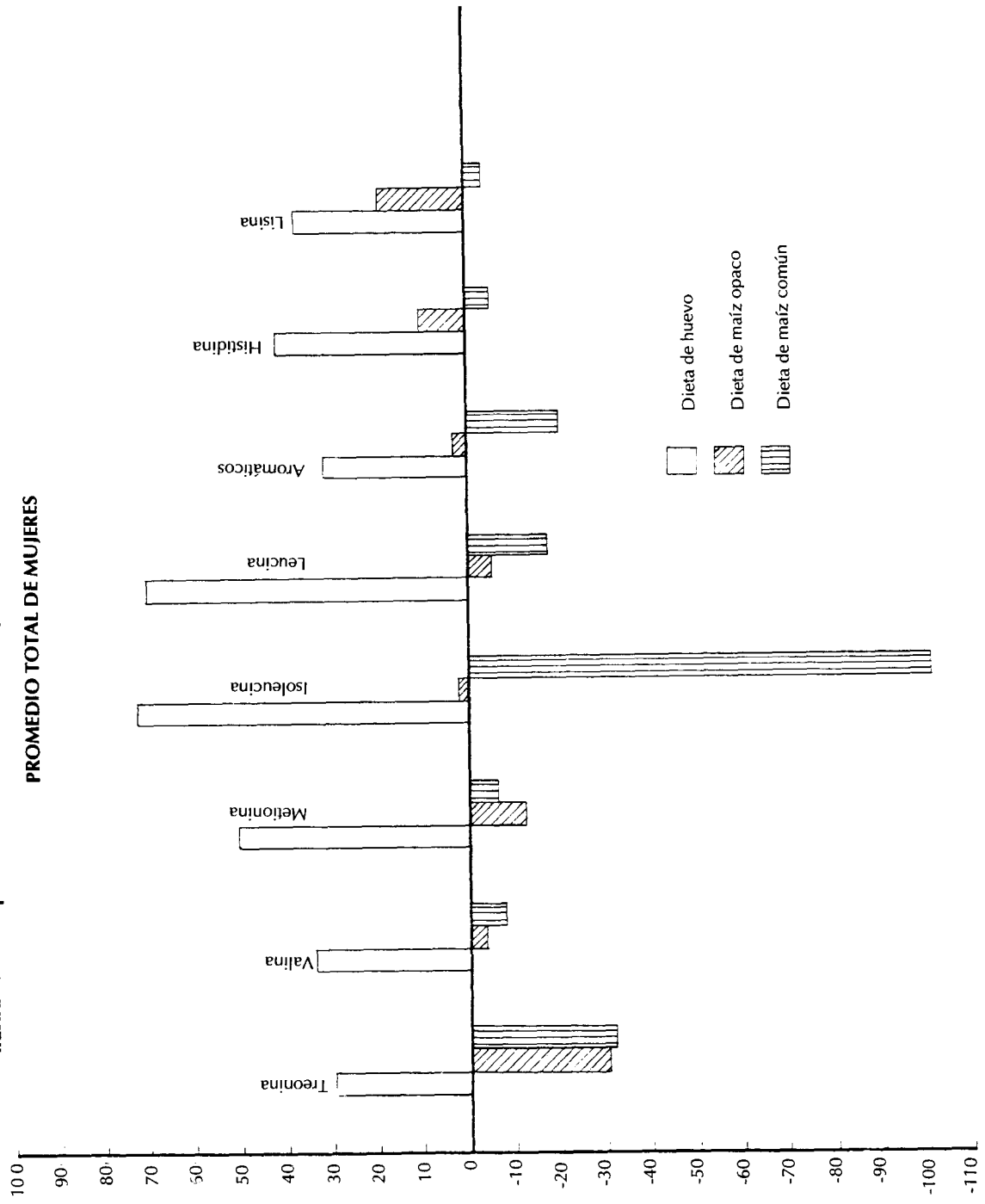


Ilustración 3. Respuesta del nivel de aminoácidos plasmáticos a la ingesta de diferentes proteínas

PROMEDIO TOTAL DE HOMBRES Y MUJERES

