

**METABOLISMO DE AMINO ACIDOS Y
METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA
LA EVALUACION DE CALIDAD
PROTEINICA EN HUMANOS**

*Jaime Restrepo
Departamento de Química,
Universidad del Valle.*

*Luis H. Fajardo
Departamento de Medicina,
Universidad del Valle.*

Resumen

Las concentraciones de amino ácidos libres en los tejidos y en los fluidos del cuerpo, están influenciados por los constituyentes dietéticos. Varios autores han explorado la posibilidad de una relación entre los amino ácidos que componen una proteína y la distribución de los distintos amino ácidos libres que aparecen en el plasma durante la absorción de la proteína.

Los amino ácidos presentes en mayor cantidad en la dieta, deberán originar un mayor aumento en los correspondientes amino ácidos plasmáticos.

Los estudios que hemos realizado en esta área muestran resultados promisorios: Usando maíz y huevos como proteínas de prueba, ingeridas por un grupo de adultos en ayunas, se les determinó niveles plasmáticos de amino ácidos¹ libres. Por cromatografía líquida se pudo observar diferencias significativas entre los niveles plasmáticos de amino ácidos libres resultantes de la absorción de dichas proteínas.

¹Palabras claves: A.A. en plasma, calidad proteínica

Introducción

El método estándar para la estimación 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 amino ácidos (AA) en plasma o en suero, teniendo en cuenta que en varias dietas los factores fisiológicos y patológicos afectan los niveles de amino ácidos en plasma ya sea en humanos ó animales. Reportes de estos factores han sido revisados extensamente (1, 12, 13, 15, 8, 9, 10, 16, 2, 3, 6, 19, 20, 21, 25).

Además un gran número de estudios en animales, referentes a la evaluación de la relación de niveles plasmáticos de amino ácidos y valor proteínico han sido reportados (4, 5, 22). Debe anotarse, sin embargo, que los resultados provenientes de estudios con animales han sido variables y confusos.

En el plasma humano, la relación de amino ácidos esenciales a no esenciales (o a totales) o relaciones entre grupos específicos de amino ácidos, han sido estudiadas con respecto a su posible uso en la investigación de estado nutricional (3, 20, 25). Los niveles plasmáticos se usaron también para estimar los requerimientos de amino ácidos específicos en sujetos mantenidos con una dieta de aminoácidos sintéticos que contenían diferentes niveles del amino ácido bajo estudio (26).

En un intento por evaluar el valor nutricional de proteínas se han usado cambios postprandiales (curvas de respuesta) en niveles plasmáticos de amino ácidos para calcular índices que permitan predecir los amino ácidos limitantes de varias proteínas ingeridas. Alternativamente, la calidad de una proteína en un alimento puede estimarse directamente a partir de su composición de amino ácidos esenciales por el método de puntaje químico, introducido por Mitchell y Block en 1946. Inicialmente el contenido de cada amino ácido esencial se expresa como mg. de amino ácido por g. de proteína. Luego, estas concentraciones se comparan con las concentra

ciones correspondientes de amino ácidos 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 amino ácido esencial limitante será aquel que tenga el puntaje químico más bajo, seguido por el segundo amino ácido esencial limitante y así sucesivamente. El puntaje para el primer amino ácido esencial representa el puntaje químico para la proteína dietética en estudio. El valor exacto para los puntajes de cada amino ácido esencial en una proteína de cualquier alimento, dependerá obviamente, del tipo de proteína de referencia escogida (23).

Con el objeto de estimar la secuencia en la cual los amino ácidos en una proteína se hacen limitantes, Longenecker y Hause (14), desarrollaron la relación plasma amino ácido (PAA) definida como:

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

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

En estudios con ratas, Whitaker y Patrick (25) usaron determinaciones de amino ácidos en plasma al cabo de 1/2 hora postprandial para calcular un "Índice PAA" de una manera similar a la usada por Oser (17) para calcular el Índice de Amino Ácidos 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.

McLaughlan (15) sugirió que a pesar de "no ser éste su uso desde el punto de vista práctico, la magnitud de la respuesta de los amino ácidos en plasma parece ser un indicador de la calidad proteínica", la aproximación podría ser muy útil en seguir y posiblemente en cuantificar cambios en la disponibilidad de amino ácidos 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 amino ácidos son el resultado de un balance dinámico entre absorción de amino ácidos, reposición de tejidos y degradación final (11).
2. Los niveles postprandiales de amino ácidos en plasma han sido usados para determinar la secuencia en la cual los amino ácidos presentes en las proteínas de los alimentos se hacen limitantes (27).

Estos estudios en perros y en hombres, han mostrado una baja correlación entre la composición de amino ácidos de la proteína ingerida y los niveles de amino ácidos en plasma.

Esto se debe a que el perfil de los amino ácidos de la dieta puede sufrir modificación durante la digestión por parte de amino ácidos provenientes de la secreción intestinal y posterior absorción por transaminación en la mucosa intestinal (18).

3. Posteriores modificaciones del perfil de amino ácidos en la sangre proveniente de la vena porta pueden ocurrir durante su paso a través del hígado donde los amino ácidos pueden ser usados para sintetizar proteína, catabolizarse a úrea o irse hacia el torrente sanguíneo antes de ser tomados por los diferentes tejidos (7).
4. La relación entre la composición dietética de los amino ácidos de una harina en particular y el perfil de amino ácidos 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 amino ácido que suministra.

En virtud de las anteriores situaciones, la presente investigación se basó en la siguiente hipótesis: la proteína al digerirse libera amino ácidos, los cuales al absorberse, pasan a un "pool", de donde las células extraen los amino ácidos necesarios para la marcha del metabolismo proteico. Por consiguiente, una "buena" proteína será aquella que provea el nivel de amino ácidos 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 amino ácidos y por consiguiente permita una disminución en el nivel de algún o algunos amino ácidos del pool.

Materiales y métodos

1. Para la detrmínación de los niveles plasmáticos de amino ácidos 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 amino ácidos por reacción con ninidrina y cuantificación del complejo coloreado a 530 nm. Todo este proceso fué realizado en un Auto Analizador Technicon de amino ácidos.
2. Debido a que la respuesta de los humanos a una combinación particular de amino ácidos es inherente a las características de cada individuo, fué 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 amino ácidos a cada participante del estudio a fin de establecer la comparación con el nivel de amino ácidos obtenido al cabo de 2 horas de haber ingerido la proteína investigada.

La ingesta calórica de cada individuo en el momento de consumir la dieta proteica fué 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 amino ácidos plasmáticos provenientes de las fuentes en estudio.

3. Se administraron 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 amino ácidos 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 el Cuadro No. 1 aparece la composición de amino ácidos esenciales y no esenciales de las tres fuentes proteicas investigadas. Este cuadro 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 a.m. toma de muestra heparinizada.
 - (c) Administración de los 12 g de proteína de prueba.
El huevo fue administrado 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 una muestra de sangre heparinizada.
 - (e) Centrifugación, separación del plasma y deprotenización. 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* se students. Una probabilidad del 5 % fue tomada como un nivel de significancia estadística.

Resultados

La Tabla No. 1 nos muestra: los valores promedios de amino ácidos libres en plasma, tanto en hombres como en mujeres, la respectiva comparación y los datos reportados en la literatura (μ mol/L). Es importante anotar que el valor de *N* (número de muestras) no es igual para los diferentes amino ácidos, 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).

La diferencias en concentración de los diferentes amino ácidos para hombres y mujeres no fueron estadísticamente significativas (NS).

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

La Tabla No. 2 nos muestra los niveles plasmáticos de amino ácidos 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 No. 3 presenta los niveles plasmáticos de amino ácidos libres para las proteínas de prueba, 2 horas después de la ingesta.

Los niveles de amino ácidos en sujetos, alimentados con proteína de huevo, son en general mayores, comparados con niveles de amino ácidos en sujetos que recibieron las otras fuentes de proteína. El análisis estadístico de estos resultados se aprecia en la Tabla No 4. 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-2 vs Maíz Común, $F = 2.86$, NS.

El porcentaje de aumento o disminución del nivel de amino ácidos postingesta ($A.A_p$) con respecto al nivel de amino ácidos en ayunas o basal ($A.A_0$) fue evaluado mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{(A.A_p - A.A_0)}{A.A_0} \times 100$$

En las Tablas 5 y 6 se presentan promedios observados del porcentaje de cambio ($\Delta\%$) en el nivel de amino ácidos 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 ($\Delta\%$) de los amino ácidos: isoleucina ($P < 0.01$), aromáticos ($P < 0.001$) 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 amino ácidos en plasma a la ingesta de proteína del Huevo, fue siempre mayor, que la obtenida por ingesta de proteína 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 Figura No. 1, aparece el diagrama que relaciona globalmente la respuesta del nivel de amino ácidos esenciales plasmáticos, en hombres, a la ingesta de las diferentes proteínas de prueba. Obsérvese como, 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 de treonina e isoleucina y el Maíz Común con niveles plasmáticos de respuesta ($\Delta\%$) negativa en histidina y lisina.

En la Figura No. 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 Figura No. 3 indica la respuesta promedio de hombres y mujeres, en el nivel de amino ácidos plasmáticos, con respecto a la ingesta de las 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 amino ácidos libres, en plasma, son un reflejo del estado nutricional de las personas, como consecuencia de su ingesta proteica (7).

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 amino ácidos, 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 amino ácidos pueden además, sufrir modificaciones durante el proceso de digestión, por parte de amino ácidos 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 amino ácidos libres en plasma, después de la ingestión de una proteína, reflejaría el grado de liberación de los amino ácidos a partir del intestino delgado. El trabajo de Vaughan y col. (24) vendría a confirmar una hipótesis.
2. El nivel de amino ácidos libres en plasma, después de la ingestión de una proteína estaría reflejando la capacidad de la proteína de llenar las necesidades de amino ácidos para la síntesis proteica, de manera que el pool de amino ácidos libres en plasma, permanezca sin cambio, o su cambio refleje la diferencia relativa de uno ó varios amino ácidos.

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

Cuando analizamos las diferencias entre los resultados obtenidos con proteína Huevo y proteína 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 amino ácidos por parte del intestino delgado, pero cuando analizamos los amino ácidos específicos vemos que los amino ácidos de mayor disminución, con respecto al nivel basal, son lisina e isoleucina para Maíz Opaco-2. Es bien conocido (ver Cuadro No. 1) que los amino ácidos 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 amino ácido limitante es la isoleucina; las diferencias observadas con las 2 variedades de Maíz y el hecho de observar la mayor diferencia en los amino ácidos limitantes, sugiere que no solo es un problema de digestibilidad, sino también de aporte de amino ácidos 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 amino ácidos libres, en plasma.

En futuros estudios debería profundizarse sobre los cambios de sensibilidad

de la respuesta ($\Delta\%$) de acuerdo a la magnitud de la dosis de proteína ingerida.

Referencias

1. Almquist, H.J. 1964. *Utilization of Amino Acids by Chicks*. Arch. Biochem. 52, 197.
2. Anon, 1969. *Factors Causing Changes in Plasma Amino Acid Patterns*. Nutr. Rev. 27, 241.
3. Berry, H.K. 1970. *Plasma Amino Acids*. In *Newer Methods of Nutritional Biochemistry*, Vol IV, A.A. Albanese (Editor). Academic Press, New York.
4. Bodwell, C.E. 1975. *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.
5. Bodwell, C.E., and Schuster E.M., 1975. *Changes in Postprandial Plasma Urea N Levels in Human Subjects as Potential Indices of Protein Nutritional Value in Short-Term Studies*. Federation Proc. 34, 929.
6. Den Hantog, C., and Pol, G. 1972. *Assays based on Measurements of Plasma-Free Amino Acids*. In *Protein and Amino Acid Functions*. E. J. BigWood (Editor). Pergamon Press. New York.
7. Elia M., Fulmer P., Schlatmann A., Goren A. and Austin S. *Amino Acid Metabolism in Muscle and the Whole Body of Man Before and After Ingestion of a Single Mixed Meal*. Am. J. Clin. Nutr. 1989; 49: 1203 - 10.
8. Gliter C. 1964. *Protein Digestion and Absorption in Nonruminants*. In *Mammalian Protein Metabolism*, Vol. 1, H.N. Munro and J.B. Allison (Editors). Academic Press, New York.
9. Harper, A.F. 1964. *Amino Acid Toxicities and Imbalances*. In *Mammalian Protein Metabolism*, Vol II. H.N. Munro, and J.B. Allison (Editors). Academic Press, New York.
10. Harper A.E. 1968. *Diet and Plasma Amino Acids*. Am. J. Clin. Nutr. 21, 358.

11. Keohane P.P., 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.
12. Longenecker, J.B. 1961. *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.
13. Longenecker J.B. 1963. *Utilization of Dietary Proteins.* In Newer Methods of Nutritional Biochemistry, Vol I, A.A. Albanese (Editor). Academic Press, New York.
14. Longenecker J.B. and Hause N.L. 1961. *Relationship Between Plasma Amino Acids and Composition of Ingested Protein. II. A Shortened Procedure to Determine Plasma Amino Acid (PAA) Ratios.* Am. J. Clin. Nutr. 4, 356.
15. McLaughlan, J.M. 1963. *Relationship Between Protein Quality and Plasma Amino Acid Levels.* Federation Proc. 22, 1122.
16. McLaughlan, J.M., Noel, F.J., Morrison, A.B. and Campbell J.A., 1963. *Blood Amino Acid Studies. IV Some Factors Affecting Plasma Amino Acid Levels in Human Subjects.* Can. J. Biochem. Physiol. 41, 191.
17. Oser, B.L. 1951. *Method for Integrating Essential Amino Acid Content in the Nutritional Evaluation of Protein.* J. Am. Dietet. Assoc. 27, 396.
18. Poullain M.G., Cezard J.P., Marche C., Rober I. *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.
19. Rudman D., Feller A.G. *Protein - Calorie Undernutrition in the Nursing Home.* J. Am. Ger. Soc. 1989; 173 - 83.
20. 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.

21. 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.
22. Sarwar G., Peace R.W, Botting H.G., Brule D. *Relationship Between Amino Acids Scores and Protein Quality Indices Based on Rat Growth.* Plant Foods Human Nutr. 1989; 39: 33 - 44.
23. Seligson F.H., Mackey L.N. *Variable Predictions of Protein Quality by Chemical Score due to Amino Acid Analysis and Reference Pattern.* J. Nutr. 1984; 114: 682 - 91.
24. Vaughan, D.A., Womack M. and McClain, P.E. 1974. *Plasma Free Amino Acids Levels in Human Subjects After Consuming Meals Containing Lactalbumin, Heated Lactalbumin or no Protein.* Federation Por. 33, 712.
25. Whitaker, T.R., and Patrick, II. 1971. *A Plasma Amino Acid Method for Determining Protein Quality.* W.Va. Univ. Agr. Exp. Sta., Bull. 605T.
26. Young, V.R., and Serimshaw, N.S. 1972. *The Nutritional Significance of Plasma and Urinary Amino Acids.* In Protein and Amino Acid Functions, E.J. BigWood (Editor). Pergamon Press. New York.
27. Young Vernon R., Bier Dennis M. and Pellet Peter L. *A Theoretical Basis for Increasing Current Estimating or the Amino Acid Requirements in Adult Man., with Experimental Support.* Am. J. Clin. Nutr. 1989; 50: 80 - 92.

Cuadro No. 1

Composición de amino ácidos de Maíz Opaco-2, Maíz Común y Huevo.

AMINO ACIDOS	MAIZ COMUN (g/100 g Prot.)	MAIZ 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
Leucina	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	
Prolina	8.9	7.2	
Serina	4.6	3.9	

Tabla No. 1

Comparación de los niveles basales promedio de Amino Acidos libres en Plasma-hombres y mujeres.

AMINO ACIDOS	HOMBRES* (μ m/L)	MUJERES* (μ m/L)	REPORTADOS (μ m/L)
Prolina	86.2 \pm 42.8	98.04 \pm 56.8	232
Aspártico	31.7 \pm 15.7	30.90 \pm 17.8	16
Treonina	101.1 \pm 90.0	81.00 \pm 59.5	162
Serina	413.3 \pm 180.1	478.80 \pm 175.5	112
Glicina	288.3 \pm 192.0	234.60 \pm 140.0	231
Alanina	237.4 \pm 127.0	286.60 \pm 158.2	344
Valina	141.9 \pm 40.1	137.00 \pm 46.9	169
Sulfurados	23.6 \pm 14.5	17.00 \pm 6.0	95
Isoleucina	84.1 \pm 33.1	60.50 \pm 21.4	54
Leucina	97.9 \pm 33.9	72.10 \pm 23.5	100
Aromáticos	134.1 \pm 56.7	115.10 \pm 53.8	107
Histidina	65.6 \pm 37.4	51.50 \pm 24.9	79
Lisina	147.0 \pm 43.4	132.00 \pm 44.9	173
Arginina	59.7 \pm 19.3	52.00 \pm 24.9	81
N.S.			

Tabla No. 2

Niveles plasmáticos de amino ácidos libres, 2 horas después de ingestión de 12 g de proteína de Huevo (H), Maíz Opaco 2 (O 2) y Maíz Común (M).

HOMBRES

AMINO ACIDOS	\bar{X} (H) ($\mu\text{m/L}$)	\bar{X} (O-2) ($\mu\text{m/L}$)	\bar{X} (M) ($\mu\text{m/L}$)
Prolina	96.2	101.8	99.4
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	57.9

Tabla No. 3

Niveles plasmáticos de amino ácidos libres, 2 horas después de ingestión de 12 g de proteína de Huevo (H), Maíz Opaco-2 (O-2) y Maíz Común (M).

MUJERES

AMINO ACIDOS	\bar{X} (H) ($\mu\text{m/L}$)	\bar{X} (O-2) ($\mu\text{m/L}$)	\bar{X} (M) ($\mu\text{m/L}$)
Prolina	101.8	62.4	129.2
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	202.2	121.3	114.7
Arginina	69.1	62.0	43.3

Tabla No. 4**Tabla de análisis de varianza**

Diferencia en niveles de amino ácidos libres en plasma dos horas después de ingestión de proteínas.

HOMBRES				
HUEVO vs. OPACO-2				
2 Vías de 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 No. 5

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			
	\bar{X} (H)	\bar{X} (O-2)	\bar{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
Leucina	+ 45	+ 25.00	+ 11.00
Aromáticos	+ 58	+ 1.36	+ 12.70
Histidina	+ 37	+ 36.00	- 4.30
Lisina	+ 49	+ 5.22	- 13.40
Arginina	+ 34	+ 14.00	- 21.00
\bar{X} 41	13.40	5.06	
SD	31	22.00	34.00
2 vias de Anova			
	SS	G.L	F.
Dieta	9618	2	4.072 $P < 0.050$
Amino Acidos	4180	12	0.294
Residuo			
Total	42143	24	

Tabla No. 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.

MUJERES			
	\bar{X} (H)	\bar{X} (O 2)	\bar{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	- 17.00
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	+ 55.0	+ 11.0	+ 19.50
Lisina	+ 38.0	+ 19.0	- 3.20
Arginina	+ 33.0	+ 32.0	3.50
\bar{X} 36.0	1.92	- 5.7	
SD	24.0	15.00	14.8
2 vías de Anova			
	SS	G.L	F.
Dieta	12/99	2	18.8 $P < 0.050$
Amino Acidos	4499	12	1.1
Residuo			
Total	2540	24	

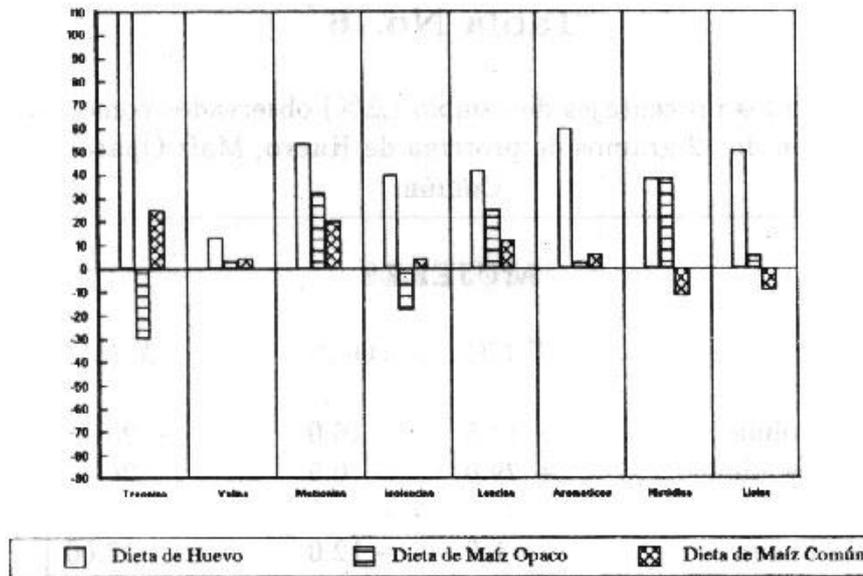


Figura 1. Respuesta del nivel de amino ácidos plasmáticos a la ingesta de diferentes proteínas. Promedio Total de Hombres.

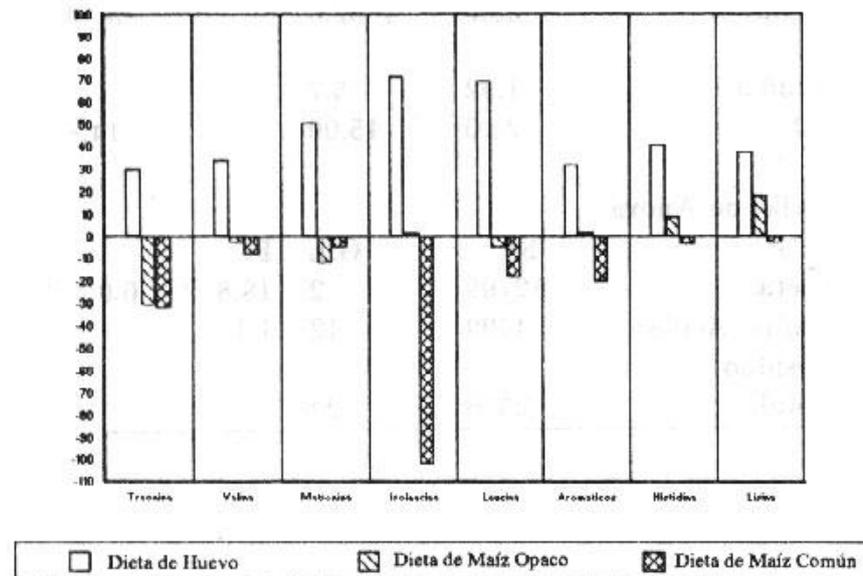


Figura 2. Respuesta del nivel de amino ácidos plasmáticos a la ingesta de diferentes proteínas. Promedio Total de Mujeres.

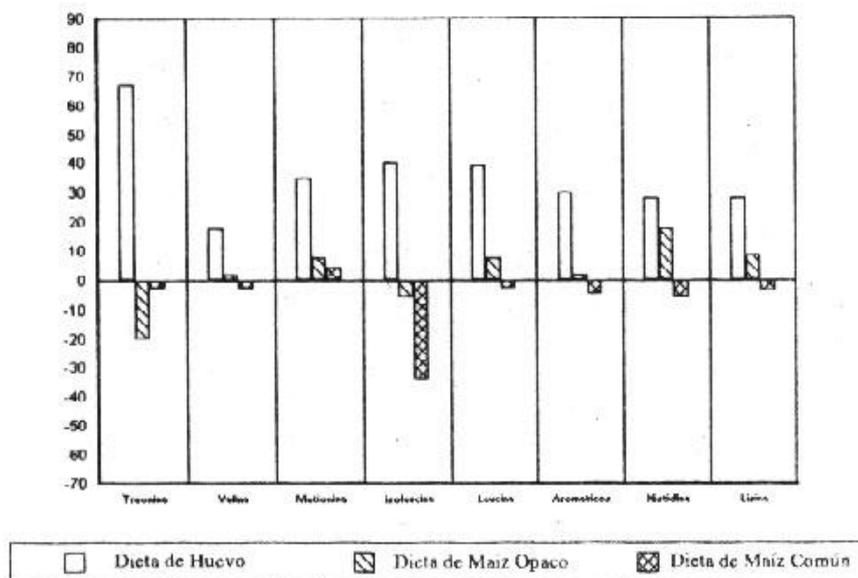


Figura 3. Respuesta del nivel de amino ácidos plasmáticos a la ingesta de diferentes proteínas. Promedio Total de Hombres y Mujeres.