

RESULTADOS

Sobre el contenido de nitrógeno, proteínas y aminoácidos de los alimentos investigados

Los alimentos están constituidos principalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno, y nitrógeno: los elementos componentes de la materia orgánica; y minerales como el calcio, el fósforo, el hierro, el zinc y el cobre, entre otros representantes de la materia inorgánica. El nitrógeno que se encuentra en las proteínas alimenticias representa (como promedio) el 16% de la masa total de la molécula. Ello quiere decir que 6.25 gramos de proteínas del alimento contienen 1 gramo de nitrógeno. Sin embargo, el factor 6.25 empleado en la evaluación de la calidad biológica de las proteínas de la dieta no parece universalmente aplicable, y tal vez no pudiera ser utilizado para todos los alimentos. Así, la FAO/OMS (1973)¹ ha recomendado la utilización de diferentes factores de conversión para los cereales, a saber: *Trigo*: 5.83, *Arroz*: 5.95, y *Maíz*: 6.25; respectivamente. Para las leguminosas se puede utilizar 6.25 como factor de conversión.

Con estas consideraciones hechas, el contenido total de nitrógeno resultante de las muestras investigadas mediante la técnica de Kjeldahl se multiplicó por los factores correspondientes enunciados más arriba para obtener el contenido de proteínas de los alimentos objeto de investigación. La Tabla 1 muestra tales resultados. En el caso de los cereales investigados, el contenido de proteínas se distribuyó dentro de un rango desde 7.4 – 12.9 gramos de proteínas por cada 100 gramos del alimento. Para las leguminosas, el rango obtenido fue de 21.8 – 31.3 g/100 g del alimento. La exactitud de la estimación del contenido de proteínas en los alimentos incorporados en las mezclas se corroboró adicionalmente mediante métodos colorimétricos. El valor de proteínas predicho del contenido de nitrógeno quedó incluido dentro del intervalo de confianza al 95% construido para el promedio de las determinaciones hechas para cada alimento.

El contenido estimado de proteínas de las muestras investigadas se comparó con el valor reportado para el alimento correspondiente tanto en las tablas de composición de los alimentos ecuatorianos,² como en las provistas por la FAO.³ La Tabla 2 muestra los resultados de tales comparaciones. El contenido estimado localmente del alimento no difirió del reportado en la tabla de la FAO. Sin embargo, los estimados de proteínas del arroz, el maíz y el chocho fueron diferentes de los anotados en las tablas ecuatorianas. Atendiendo a tales razones, se decidió tomar los estimados aportados por la FAO como valores de referencia para los análisis bromatológicos posteriores.

El contenido de los aminoácidos esenciales como la lisina, los azufrados (metionina + cistina), la treonina, el triptófano y la histidina en los alimentos andinos fueron el motivo principal de esta investigación, en razón de que éstos son, con mayor frecuencia, deficitarios en la alimentación habitual del niño en las regiones andinas. Se hace notar que la histidina es tenida como un aminoácido esencial en los niños pequeños.⁴⁻⁵

En la presente investigación se utiliza el contenido conjunto de metionina y cistina, dada la condición de la metionina como precursora de la cisteína, y por ende, de la cistina. Se ha de recordar que la cistina está formada por dos moléculas de cisteína unidas entre sí mediante un puente disulfuro.

Tabla 1. Contenido de nitrógeno y proteínas en las muestras investigadas de los alimentos andinos. Para más detalles: Consulte el texto del presente ensayo.

Alimento	Nitrógeno g/100 g [¶]	Factor de conversión [¥]	Proteínas g/100 g	
Cereales	Arroz (<i>Oryza sativa</i>), pulido	1.25	5.95	7.44
	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>), entero	2.06	5.83	11.99
	Avena (<i>Avena sativa</i>), entera	2.22	5.83	12.92
	Maíz (<i>Zea mays</i>), entera	1.49	6.25	9.31
Leguminosas	Arveja (<i>Pisum sativum</i>)	3.66	6.25	22.88
	Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	5.01	6.25	31.33
	Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	3.49	6.25	21.83
	Lenteja (<i>Lens culinaris</i>)	3.80	6.25	23.73

[¶] Contenido promedio de tres muestras del alimento. El contenido de nitrógeno se determinó localmente mediante el método de Kjeldahl.

[¥] Los factores fueron obtenidos de: Referencia [1].

El aminoácido que tenga el contenido menor de tales aminoácidos (en cantidades limitantes) es el que determinaría la calidad de la proteína, y su cómputo aminoacídico. Con ello se reafirma que las cantidades de proteínas tisulares | funcionales que el organismo puede sintetizar con las proteínas que ingiere están determinadas realmente por las cantidades ingeridas del aminoácido esencial más escaso (o lo que es lo mismo: el aminoácido esencial más crítico).

Dado lo anterior, se pueden tener dos alimentos de bajo valor proteico que se complementan entre sí en cuanto a su composición aminoacídica para conformar una buena mezcla de proteínas cuando se consumen simultáneamente.

Dado que el aprovechamiento de las proteínas ocurre en poco tiempo después de su ingestión, y el organismo no es capaz de almacenarlos para recombinarlos más tarde, se requiere que los aminoácidos estén disponibles en cada comida, o al menos a lo largo del día.

La calidad nutricional de una proteína, esto es: la cantidad que se requiere para cubrir las necesidades de aminoácidos esenciales (después de comparación con otra que sea fácil de digerir y que proporcione aminoácidos en las cantidades requeridas) dependerá entonces de la composición de aminoácidos y la facilidad con que se digiera.

Hace algunos años la FAO,¹ a través de su Comité de Nutrición, describió los requerimientos de proteínas alimenticias en términos de un patrón de referencia de aminoácidos. Esta proteína de referencia sería “aquella que produce un gramo de tejido por gramo de proteína consumida, o sea, con un valor biológico de 100”.

En la reunión consultiva conjunta de expertos de la FAO/OMS/UNU celebrada en el año 1985 se precisó, además, el patrón recomendado de aminoácidos para los niños con edades entre 2 – 5 años.⁶ De este patrón aminoacídico de referencia se han estudiado en este trabajo solo cinco de ellos, en razón de que la lisina, los azufrados (metionina + cistina), la treonina y el triptófano son los cuatro aminoácidos esenciales que se comportan como limitantes de la calidad de la dieta humana. Adicionalmente, la histidina es esencial en la dieta infantil.⁴⁻⁵

Tabla 2. Comparabilidad de los estimados del contenido de proteínas de los alimentos ensayados. Los estimados presentados se comparan con los provistos en tablas locales y globales de composición de alimentos. Valores señalados con letras diferentes: $p \leq 0.01$ (test de homogeneidad de las varianzas según Duncan).

Alimentos	Contenido de proteínas (g/100 g)				Interpretación
	Estimado del contenido de nitrógeno	Estimado mediante la reacción de Biuret	FAO Ref.: [3]	Ecuador Ref.: [2]	
Cereales					
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	7.44 ^a	7.15 ± 0.56 [7.8]	7.5 ^a	6.5 ^b	101.71 ($p = 0.01$)
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	11.99 ^a	12.40 ± 0.53 [4.3]	12.2 ^a	13.0 ^a	12.07 ($p > 0.05$)
Avena (<i>Avena sativa</i>)	12.92 ^a	12.67 ± 0.50 [3.9]	13 ^a	12.1 ^a	6.77 ($p > 0.05$)
Maíz (<i>Zea mays</i>)	9.31 ^a	8.84 ± 0.99 [11.2]	9.5 ^a	7.7 ^b	263.46 ($p = 0.01$)
Leguminosas					
Arveja (<i>Pisum sativum</i>)	22.88 ^a	22.89 ± 0.40 [1.7]	22.5 ^a	23.3 ^a	1.96 ($p > 0.05$)
Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	31.33 ^a	34.58 ± 5.74 [16.6]	31.2 ^a	41.2 ^b	165.34 ($p = 0.01$)
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	21.83 ^a	21.64 ± 0.57 [2.6]	22.1 ^a	21 ^a	37.17 ($p > 0.05$)
Lenteja (<i>Lens culinaris</i>)	23.73 ^a	23.28 ± 1.22 [5.2]	24.2 ^a	21.9 ^a	1.34 ($p > 0.05$)

La Tabla 3 muestra los valores esperados de aminoácidos (como mg/g de nitrógeno) en los alimentos investigados. Los cereales se destacan por los valores disminuidos de lisina. Por su parte, las leguminosas tienen a la metionina y la cistina como los aminoácidos deficitarios.

Los resultados obtenidos en esta primera etapa de la investigación permitieron aplicar la complementación alimentaria mediante las mezclas de cereales y leguminosas: el aminoácido deficitario en los cereales sería complementado por los presentes en altos contenidos en las leguminosas, y viceversa. El producto final sería una proteína de calidad aminoacídica semejante a las de origen animal.

Sobre el diseño de mezclas alimentarias aminoacídicamente completas a base de alimentos andinos

El cómputo aminoacídico (CA) es la relación del aminoácido limitante que se encuentra en menor proporción en una proteína de ensayo respecto del mismo aminoácido tal y como se encuentra en la proteína de referencia, y expresada tanto como fracción como porcentaje. Los alimentos de origen vegetal, las leguminosas y los cereales entre ellos, constituyen la fuente primaria de las proteínas de la dieta diaria. Sin embargo, los cereales y las leguminosas poseen en su composición química aminoácidos limitantes que reducen la efectividad de la utilización dietética de las mismas, y ello obliga a la complementación con otros alimentos a fin de mejorar la calidad aminoacídica.

Tabla 3. Valores esperados de aminoácidos (mg/g de nitrógeno) en los alimentos investigados.

Alimentos	Aminoácido (mg/g de nitrógeno)						
	Lisina	Metionina	Cistina	Metionina + Cistina	Treonina	Triptófano	Histidina
Cereales							
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	237	145	67	212	244	78	156
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	179	94	159	253	183	68	143
Avena (<i>Avena sativa</i>)	232	105	167	272	207	79	131
Leguminosas							
Maíz (<i>Zea mays</i>)	167	120	97	217	225	44	170
Arveja (<i>Pisum sativum</i>)	470	57	70	127	254	56	143
Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	331	47	87	134	228	63	163
Frejol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	450	66	53	119	248	63	177
Lenteja (<i>Lens culinaris</i>)	449	50	57	107	248	60	171

Fuente: Referencia [3].

Lo anterior puede lograrse de dos formas diferentes. La primera de ellas, si a un alimento de origen vegetal se le agregan pequeñas cantidades de proteína animal. La segunda, si los alimentos vegetales se combinan entre sí, dado que, por un lado, las leguminosas son pobres en aminoácidos azufrados (metionina + cistina) mientras que los cereales (como el trigo, el arroz y el maíz) son pobres en lisina (el maíz también es pobre en triptófano). Juntos, y en las proporciones correctas, la mezcla de cereales y leguminosas permite obtener proteínas de alta calidad aminoacídica, semejante a las de origen animal.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el aprovechamiento metabólico de las proteínas ocurre poco tiempo después de su ingestión, y que el organismo no es capaz de almacenar los aminoácidos ingeridos que son absorbidos para recombinarlos más tarde. Se requiere entonces que los aminoácidos estén disponibles en cada comida o, al menos, a lo largo del día.

La Tabla 4 muestra el cómputo aminoacídico de los cereales y leguminosas investigados. La lisina fue el aminoácido limitante de los cereales. El cómputo aminoacídico promedio para la lisina en los cereales osciló entre 0.46 – 0.65. Por su parte, los aminoácidos azufrados fueron limitantes para las leguminosas. El cómputo aminoacídico promedio para los aminoácidos azufrados en las leguminosas quedó entre 0.69 – 0.86. Individualmente, los cómputos aminoacídicos hechos permitieron deducir que la calidad biológica de las proteínas contenidas en estos alimentos está muy lejos del valor unitario propuesto (consistente con la calidad ideal). Luego, la mezcla de alimentos en virtud del principio de la complementariedad aminoacídica se justifica para el logro de una proteína de alta calidad biológica.

Para que ocurra la síntesis adecuada de una proteína especificada en el organismo deben estar presentes, de forma simultánea y en las proporciones adecuadas, todos y cada uno de los aminoácidos vehiculados en la dieta que integrarán su composición. Si faltara uno de ellos, o si las cantidades de aunque sea uno de ellos son muy bajas, la síntesis proteica no se completará correctamente, o no se sintetizarán las suficientes cantidades de la proteína en cuestión, y se producirá por consiguiente el desperdicio de los aminoácidos absorbidos. Esto es importante llegada la hora del consumo de los alimentos, ya que se debe tener en cuenta que el aporte dietéticos de los aminoácidos, y consecuentemente de las proteínas, debe realizarse durante la

misma comida, pero no en comidas diferentes. Es por ello que la complementación correcta y oportuna es importante para el beneficio proteico.

Tabla 4. Cómputo aminoacídico de los alimentos investigados. Se resaltan en color amarillo los aminoácidos limitantes en los alimentos examinados.

Alimentos	Cómputo aminoacídico				
	Lisina	Metionina + Cistina	Treonina	Triptófano	Histidina
Cereales					
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	0.65	1.36	1.15	1.13	1.31
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	0.49	1.62	0.86	0.99	1.20
Avena (<i>Avena sativa</i>)	0.64	1.74	0.97	1.14	1.10
Maíz (<i>Zea mays</i>)	0.46	1.39	1.06	0.64	1.43
Leguminosas					
Arveja (<i>Pisum sativum</i>)	1.29	0.81	1.19	0.81	1.20
Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	0.91	0.86	1.07	0.91	1.37
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	1.24	0.76	1.16	0.91	1.49
Lenteja (<i>Lens culinaris</i>)	1.24	0.69	1.16	0.87	1.44

La Tabla 5 reporta los cálculos aminoacídicos de las mezclas 2:1 de cereales y leguminosas que se recomiendan como ideales por expertos y profesionales de la Alimentación y la Nutrición después de la complementación proteica. La lisina fue el aminoácido limitante de la mezcla en 11 (13.7%) de las 80 posibles instancias. En orden descendente le siguió el triptófano (5.0%) y los aminoácidos azufrados (1.3%). El comportamiento observado indica que una mezcla cereal:leguminosa 2:1 está todavía muy lejos de satisfacer los requerimientos propios de una proteína como de buena calidad biológica.

La Tabla 6 reporta el cálculo aminoacídico de las mezclas de cereales y leguminosas preparadas con proporciones diferentes de la ideal (2:1). Utilizando el arroz como cereal, los aminoácidos limitantes difirieron según la leguminosa empleada: *Arveja*: Triptófano; *Chocho*: Lisina; *Frijol*: Lisina; y *Lenteja*: Metionina + Cistina. Se obtuvieron mejores cálculos aminoacídicos con una proporción superior del arroz dentro de la mezcla: *Arroz + Arveja (3:1)*: 0.97 ($\Delta = +0.03$); y *Arroz + Lenteja (7:3)*: 0.98 ($\Delta = +0.01$). El cálculo aminoacídico de la proporción *Arroz + Frijol (65:35)* no fue diferente de la mezcla 2:1. Se ha de señalar que el cálculo aminoacídico de la mezcla arroz:chocho fue superior con una mayor proporción de la leguminosa: *Arroz + Chocho (2:8)*: 0.90 ($\Delta = +0.08$).

El comportamiento del cálculo aminoacídico fue similar para las otras dos mezclas cereales:leguminosas cuando se incrementó la presencia del cereal (excepción hecha también del chocho). Así, cuando el cereal usado fue el trigo, los cálculos fueron como sigue: *Trigo +*

Arveja (6:4): 0.89 ($\Delta = +0.02$); *Trigo + Chocho (1:9)*: 0.89 ($\Delta = +0.17$); *Trigo + Frijol (5:5)*: 0.89 ($\Delta = +0.17$); y *Trigo + Lenteja (5:5)*: 0.91 ($\Delta = +0.06$); respectivamente. Por su parte, con la avena como cereal, el cómputo aminoacídico de las mezclas respectivas fue como sigue: *Avena + Arveja (6:4)*: 0.97 ($\Delta = +0.04$); *Avena + Chocho (1:9)*: 0.90 ($\Delta = +0.12$); *Avena + Frijol (5:5)*: 1.00 ($\Delta = +0.10$); y *Avena + Lenteja (5:5)*: 0.97 ($\Delta = +0.06$); respectivamente.

Tabla 5. Cómputo aminoacídico de las mezclas 2:1 de cereales + leguminosas tenidas como ideales después de complementación proteica. De acuerdo con la prescripción seguida, la mezcla contenía un 67% del cereal y un 33% de la leguminosa. Se resaltan en color amarillo los aminoácidos limitantes.

Cereal	Leguminosa	Cómputo aminoacídico				
		Lisina	Metionina + Cistina	Treonina	Triptófano	Histidina
Arroz	Arveja	1.03	1.04	1.17	0.94	1.25
	Chocho	0.82	1.03	1.10	0.99	1.35
	Frijol	0.99	1.01	1.16	1.00	1.41
	Lenteja	1.00	0.96	1.16	0.97	1.39
Trigo	Arveja	0.87	1.24	1.01	0.90	1.20
	Chocho	0.72	1.21	0.97	0.95	1.29
	Frijol	0.83	1.23	1.00	0.95	1.33
	Lenteja	0.85	1.18	1.00	0.93	1.31
Avena	Arveja	0.93	1.33	1.07	1.00	1.15
	Chocho	0.78	1.28	1.02	1.02	1.24
	Frijol	0.90	1.31	1.06	1.04	1.27
	Lenteja	0.91	1.26	1.06	1.02	1.25
Maíz	Arveja	0.92	1.08	1.13	0.73	1.30
	Chocho	0.74	1.06	1.07	0.81	1.39
	Frijol	0.88	1.05	1.11	0.79	1.46
	Lenteja	0.89	1.00	1.12	0.77	1.43

El uso del maíz como cereal resultó en un comportamiento distinto del cómputo aminoacídico, cuando los mejores cómputos se obtuvieron con una mayor presencia de la leguminosa, contradiciendo así lo anotado previamente por expertos. Así: *Maíz + Arveja (1:9)*: 0.80 ($\Delta = +0.07$); *Maíz + Chocho (1:9)*: 0.88 ($\Delta = +0.13$); *Maíz + Frijol (3:7)*: 0.86 ($\Delta = +0.07$); y *Maíz + Lenteja (4:6)*: 0.82 ($\Delta = +0.05$); respectivamente.

Los resultados anteriormente expuestos justifican la búsqueda de la mejor mezcla cereal:leguminosa que permita alcanzar el valor unitario para los aminoácidos esenciales deseados. La Tabla 7 compara las mezclas cereales:leguminosas con las que se obtuvieron los mejores cómputos aminoacídicos para los aminoácidos limitantes lisina y metionina + cistina con las formuladas según la relación ideal 2:1. El cómputo aminoacídico de las proporciones de cereales y leguminosas en muchas de las mezclas ensayadas difirió notablemente del conseguido con la mezcla 2:1. Esto es, de las 16 mezclas investigadas, en 11 de ellas se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) y altamente significativas ($p \leq 0.01$) respecto de la presencia del aminoácido limitante, lo que permite deducir que la recomendación de complementar 2

porciones de cereales con una porción de leguminosas (emitida a nivel de experto) no suele ser cierta para todos las mezclas.

Tabla 6. Contenidos de aminoácidos limitantes y cómputo aminoacídico de las mejores mezclas alimenticias cereales + leguminosas. En cada casilla se ofrecen el contenido alcanzado del aminoácido con la mezcla elaborada, y (entre paréntesis) el correspondiente cómputo aminoacídico de la mezcla. Las metas fueron (como mg del aminoácido/g nitrógeno de la muestra): *Lisina*: 363; *Metionina + Cistina*: 156; *Treonina*: 213; *Triptófano*: 69; *Histidina*: 119. El aminoácido limitante en cada mezcla se resalta en color verde.

Cereal	Leguminosa	Proporción Cereal: Leguminosa	Contenido del aminoácido, mg/g nitrógeno (Cómputo aminoacídico)				
			Lisina	Metionina + Cistina	Treonina	Triptófano	Histidina
Arroz	Arveja	75:25	352.08 (0.97)	170.02 (1.09)	248.94 (1.17)	67.13 (0.97)	149.58 (1.26)
	Chocho	20:80	325.48 (0.90)	138.58 (0.89)	228.94 (1.07)	63.88 (0.93)	162.59 (1.37)
	Frijol	65:35	364.94 (1.01)	156.14 (1.00)	246.40 (1.16)	68.99 (1.00)	230.91 (1.42)
	Lenteja	70:30	356.88 (0.98)	152.63 (0.98)	246.26 (1.16)	67.82 (0.98)	164.48 (1.38)
Trigo	Arveja	60:40	336.92 (0.93)	184.62 (1.18)	221.53 (1.04)	61.49 (0.89)	143.00 (1.20)
	Chocho	10:90	324.37 (0.89)	135.96 (0.89)	229.09 (1.06)	63.22 (0.92)	162.13 (1.36)
	Frijol	50:50	349.57 (0.96)	168.66 (1.08)	223.91 (1.05)	64.85 (0.94)	164.40 (1.39)
	Lenteja	50:50	354.14 (0.98)	158.30 (1.01)	225.16 (1.06)	62.81 (0.91)	161.16 (1.35)
Avena	Arveja	60:40	356.73 (0.98)	196.01 (1.26)	231.63 (1.09)	66.95 (0.97)	137.29 (1.15)
	Chocho	10:90	326.36 (0.90)	140.46 (0.90)	227.02 (1.07)	63.75 (0.92)	161.50 (1.36)
	Frijol	50:50	365.38 (1.01)	178.39 (1.14)	232.08 1.09	69.21 (1.00)	159.14 1.34
	Lenteja	50:50	369.02 (1.02)	167.81 (1.08)	232.89 (1.09)	67.00 (0.97)	156.26 (1.31)
Maíz	Arveja	10:90	456.89 (1.26)	130.89 (0.84)	252.75 (1.19)	55.48 (0.80)	144.17 (1.21)
	Chocho	10:90	325.76 (0.90)	136.65 (0.88)	227.90 (1.07)	62.39 (0.90)	163.22 (1.37)
	Frijol	30:70	406.27 (1.12)	134.14 (0.86)	244.45 (1.15)	60.06 (0.87)	156.45 (1.48)
	Lenteja	40:60	390.53 (1.08)	129.81 (0.83)	243.23 (1.14)	56.68 (0.82)	170.79 (1.44)

Las comprobaciones hechas permiten aceptar la hipótesis planteada en esta investigación que refiere que: “Las proporciones de cereales y leguminosas de alimentos andinos para integrar una proteína de buena calidad biológica son diferentes en cada complementación alimentaria, lo

que es consecuencia del diferente contenido aminoacídico de cada alimento, y por lo tanto, la recomendación de una proporción 2:1 no procede para todas las mezclas alimentarias”.

La necesidad de buscar la mejor complementación aminoacídica se basa en que el rendimiento de las reacciones de síntesis proteicas en el organismo depende del aminoácido que esté presente en menor cantidad (reconocido entonces como el aminoácido limitante), ya que el mayor aprovechamiento fisiológico se rige por la “Ley del Mínimo”. Esto es: si la oferta de aminoácidos es limitada (o baja), la síntesis de proteínas también lo será.

Tabla 7. Comparabilidad del cómputo aminoacídico de las mejores mezclas cereales:leguminosas respecto de la proporción 2:1 (Cereales: 2 porciones + Leguminosas: 1 porción) definida como ideal.

Mezcla	Proporción ideal (2:1)		Mejor proporción			χ^2 calculado
	Cereal (%)	Leguminosa (%)	Cereal (%)	Leguminosa (%)	Razón C:L	
Arroz-Arveja	67	33	75	25	3:1	3.029
Arroz-Chocho	67	33	20	80	1:4	99.198 [¶]
Arroz-Frijol	67	33	65	35	1.9:1	0.161
Arroz-Lenteja	67	33	70	30	2.3:1	0.464
Trigo-Arveja	67	33	60	40	1.5:1	2.120
Trigo-Chocho	67	33	10	90	1:9	146.082 [¶]
Trigo-Frijol	67	33	50	50	1:1	12.821 [¶]
Trigo-Lenteja	67	33	50	50	1:1	12.821 [¶]
Avena-Arveja	67	33	60	40	1.5:1	2.120
Avena-Chocho	67	33	10	90	1:9	146.082 [¶]
Avena-Frijol	67	33	50	50	1:1	12.821 [¶]
Avena-Lenteja	67	33	50	50	1:1	12.821 [¶]
Maíz-Arveja	67	33	10	90	1:9	146.082 [¶]
Maíz-Chocho	67	33	10	90	1:9	146,082 [¶]
Maíz-Frijol	67	33	30	70	1:2.3	61.360 [¶]
Maíz-Lenteja	67	33	40	60	1:1.5	32.568 [¶]

Valores críticos empleados: χ^2 (p = 0.05) = 3.841. χ^2 (p = 0.01) = 6.635.

Los aminoácidos no utilizados en la síntesis de proteínas corporales entrarían a formar parte del *pool* aminoacídico para la síntesis de aminoácidos no esenciales. En la misma cuerda, tales aminoácidos, en unión de los denominados “glucogénicos” (como la alanina, arginina, asparagina, ácido aspártico, ácido glutámico, cisteína, fenilalanina, glicina, glutamina, isoleucina, metionina, prolina, serina, tirosina, treonina, triptófano y valina) se pueden convertir en glucosa vía gluconeogénesis hepática. Por su parte, los aminoácidos cetogénicos (como la leucina y la lisina) pueden convertirse en ácidos grasos o, si no, cetoácidos (como el acetyl-CoA y el acetoacetyl-CoA). Se ha de destacar que la fenilalanina, la isoleucina, la tirosina, la treonina y el triptófano se convierten tanto en glucosa como en ácidos grasos. Igual, si los aminoácidos de origen dietético no son utilizados metabólicamente, son degradados hasta formar un esqueleto hidrocarbonado y amoníaco. Éste último será excretado finalmente en forma de urea a través de la orina.

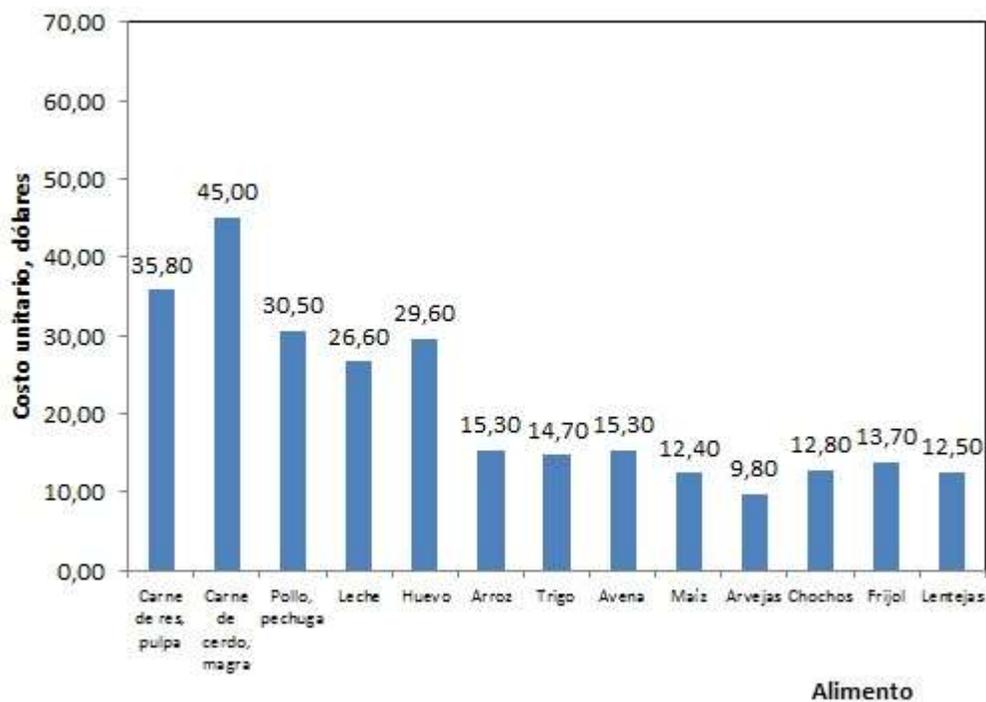
La desviación de los aminoácidos dietéticos de rutas que no sean sintéticas conlleva a que las proteínas no cumplan su papel fisiológico como promotores de estructura y/o función, y con ello, su participación en varias y numerosas funciones biológicas tales como la actividad como

enzimas, la secreción de hormonas digestivas y proteínas plasmáticas, el transporte de sustancias, y el sostén de la respuesta inmune. En tal virtud, se debe propender a utilizar la mayor proporción del contenido proteico vehiculado con la dieta a fin de que las proteínas cumplan su función biológica y sean bien utilizadas.

Sobre el costo económico de elaboración de las mejores mezclas alimentarias

Las deficiencias nutricionales son la resultante de varios factores que afectan el crecimiento y el desarrollo del ser humano. Entre ellos están los de orden socioeconómico, como el alto precio de las proteínas de origen animal. Lo anterior puede conllevar a que la adquisición de alimentos en las comunidades en desarrollo dependa particularmente del poder adquisitivo de las personas y las familias.

Figura 1. Costo comparativo de un kilogramo de proteínas según el origen. Los costos se expresan en dólares norteamericanos.



Jelliffe *et al.* (1956),⁷ Squibb *et al.* (1956),⁸ y Scrimshaw *et al.* (1956)⁹ manifestaron que el desarrollo de combinaciones de proteínas vegetales de bajo costo, localmente asequibles, y de fácil digestibilidad para la alimentación infantil, le permitirían a grandes segmentos de la población con bajos recursos económicos el acceso a, y el consumo de, mezclas alimentarias aminoacídicamente completas, lo que se trasladaría a una nutrición infantil satisfactoria. La

introducción de combinaciones de proteínas vegetales en la dieta de estas regiones abriría así nuevas oportunidades alimentarias cuando el acceso a las proteínas de origen animal es precario (cuando no inexistente).

Las mezclas alimentarias propuestas en la presente investigación permiten, por un lado, lograr proteínas nutricionalmente completas (semejantes en su calidad a las de origen animal) mediante la complementación de cereales y leguminosas con un alto cómputo aminoacídico; mientras que, por el otro lado, facilitan el acceso a la gran mayoría de la población de bajos recursos económicos dado el bajo costo de las mezclas vegetales (respecto de las proteínas de origen animal).

Tabla 8. Costo de un kilogramo de proteína de alimentos de origen animal y de los cereales y leguminosas investigadas. Los números colocados en el encabezamiento indican el procedimiento de cálculo reportado en la sección “Métodos empleados en la presente investigación” de este suplemento. Los costos se expresan en dólares norteamericanos.

Alimento	Costo unitario, [¶] kilogramo	Contenido de proteínas (g/100 g)			Contenido de proteínas (g/kg)	Costo de un gramo de proteínas	Costo de un kilogramo de proteínas ^ϕ
		FAO [‡]	Ecuador [¥]	Presente investigación			
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
Carne de res, pulpa	7.58	17.7	21.2	---	212	0.036	35.755
Carne de cerdo, pura	8.45	11.9	18.8	---	188	0.045	44.955
Carne de pollo, pechuga	5.38	20.0	17.6	---	176	0.031	30.545
Leche	0.83	3.5	3.1	---	31	0.027	26.613
Huevos	3.56	12.4	12	---	120	0.030	29.639
Arroz	1.14	---	---	7.44	74	0.015	15.323
Trigo	1.76	---	---	11.99	120	0.015	14.679
Avena	1.98	---	---	12.92	129	0.015	15.325
Maíz	1.15	---	---	9.31	93	0.012	12.352
Arvejas	2.24	---	---	22.88	229	0.010	9.790
Chochos	4.00	---	---	31.33	313	0.013	12.767
Frijoles	3.00	---	---	21.83	218	0.014	13.743
Lentejas	2.96	---	---	23.73	237	0.012	12.474

[¶] Costos promedio del alimento en mercados y supermercados.

[‡] Fuente: Referencia [3].

[¥] Fuente: Referencia [2].

^ϕ Los costos se expresan en base al contenido de proteínas reportado en la “Tabla de composición química de alimentos ecuatorianos”.

La Figura 1 expone el costo comparativo de un kilogramo de proteínas según el origen (animal vs. vegetal). El costo de un kilogramo de proteínas de origen animal puede representar el doble (y hasta el triple) del de las de origen vegetal. No obstante, la asociación estadística entre el costo de un kilogramo de un alimento tenido como fuente de proteínas y el costo de un kilogramo de proteínas es solo moderada ($r = 0.49$; $r^2 = 0.24$). Este hallazgo pudiera significar que el costo de los alimentos no es una función estricta del contenido de proteínas de los mismos, y que una gran parte del costo de adquisición de un alimento especificado reflejaría otros determinantes, los de orden cultural entre ellos.

Finalmente, la Tabla 9 muestra el costo de las mejores mezclas alimentarias obtenidas a la conclusión de esta investigación, esto es: aquellas con el mejor cómputo aminoacídico. La Tabla refleja el bajo costo de las mezclas cereales:leguminosas con un cómputo aminoacídico similar a las de proteínas de buena calidad (y donde se incluyen las proteína de origen animal). El costo de un kilogramo de proteínas aportadas por las mezclas preparadas oscila entre 13.00 – 15.00 dólares, lo que contrasta notablemente con el costo de un kilogramo de proteína de origen animal, que se ha estimado entre 26.00 – 45.00 dólares.

Cuando se relaciona el costo de la proporción del aporte del cereal en la mezcla alimenticia con el costo de elaboración de un kilogramo de proteínas, se obtuvo un coeficiente de correlación $r = 0.65$ ($r^2 = 42.33\%$). En cambio, el coeficiente de correlación del aporte de la leguminosa a la mezcla y el costo de elaboración de la mezcla fue de -0.53 ($r^2 = 27.81\%$). Estos hallazgos significan que el costo de la mezcla está dado en gran medida por el costo del cereal antes que el de la leguminosa. Las mezclas de cereales complementadas con la leguminosa chocho representaron las de menor costo: el costo de elaboración del kilogramo de la mezcla osciló entre los 13.0 – 13.3 dólares.

Tabla 9. Costos de elaboración de un kilogramo de proteínas con las mejores mezclas alimentarias. Los números colocados en el encabezamiento indican el procedimiento de cálculo reportado en la sección “Métodos empleados en la presente investigación” de este suplemento. Los costos se expresan en dólares norteamericanos.

Cereal	Leguminosa	Mejor mezcla		Costo de un gramo de proteínas [‡]		Costo total de un gramo de proteínas	Costo de un kilogramo de proteínas [‡]
		Cereal, %	Leguminosa, %	Cereal	Leguminosa		
		[1]		[2a]	[2b]	[3] = [2a] + [2b]	[4] = [3]*1000
Arroz	Arveja	75	25	0.0115	0.0024	0.014	13.94
	Chocho	20	80	0.0031	0.0102	0.013	13.28
	Frijol	65	35	0.0100	0.0048	0.015	14.77
	Lenteja	70	30	0.0107	0.0037	0.014	14.47
Trigo	Arveja	60	40	0.0092	0.0039	0.013	13.11
	Chocho	10	90	0.0015	0.0115	0.013	13.02
	Frijol	50	50	0.0077	0.0069	0.015	14.53
	Lenteja	50	50	0.0077	0.0062	0.014	13.90
Avena	Arveja	60	40	0.0092	0.0059	0.015	15.07
	Chocho	10	90	0.0015	0.0115	0.013	13.02
	Frijol	50	50	0.0077	0.0069	0.015	14.53
	Lenteja	50	50	0.0077	0.0062	0.014	13.90
Maíz	Arveja	10	90	0.0012	0.0125	0.014	13.78
	Chocho	10	90	0.0012	0.0120	0.013	13.19
	Frejol	30	70	0.0037	0.0103	0.014	14.04
	Lenteja	40	60	0.0049	0.0087	0.014	13.62

[‡] Costos promedio del alimento en mercados y supermercados.

[‡] Los costos se expresan en base al contenido de proteínas reportado en la “Tabla de composición química de alimentos ecuatorianos”.

De todo lo anterior se puede concluir que la complementación alimentaria correcta de cereales y leguminosas puede tener beneficios tanto nutricionales como económicos. En nuestro medio, y a la fecha actual, el costo promedio de un kilogramo de proteínas de productos animales es de 33.5 ± 7.23 dólares. Por el contrario, el costo promedio de las mejores mezclas alimentarias

cereales:leguminosas fue de 13.88 ± 0.66 dólares. Así, se puede obtener una alimentación saludable a costos bajos mediante el consumo de mezclas aminoacídicamente correctas de cereales y leguminosas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FAO/WHO. Energy and protein requirements: Report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. WHO Technical Report Series number 522. Geneva: 1973.
2. Tabla de composición química de los alimentos ecuatorianos. Ministerio de Previsión Social y Sanidad. Instituto Nacional de Nutrición. Quito: 1965. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/22515896/Tabla-de-Composicion-de-Alimentos>. Fecha de última visita: 30 de Marzo de 2018.
3. FAO. Amino acid content of foods and biological data on proteins. FAO. Food Policy and Food Science Service. Nutrition Division. Nutritional studies number 24. FAO. Roma: 1970. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/ac854t/ac854t00.htm>. Fecha de última visita: 30 de Marzo de 2018.
4. Snyderman SE, Prose PH, Holt LE. Histidine, an essential amino acid for the infant. *J Dis Child* 1959; 98:459-60.
5. Stifel FB, Herman RH. Is histidine an essential amino acid in man? *Am J Clin Nutr* 1972; 25:182-5.
6. FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. WHO Technical Report Series number 724. WHO. Geneva: 1985.
7. Jelliffe, D.B., Arroyave G., Aguirre F., Aguirre A., Scrimshaw S. The aminoacid composition of certain tropical pulses and cereals. *J Trop Med Hyg* 1956;59:216-7.
8. Squibb, R.L., Wyld M., Scrimshaw S., Bressani R. All vegetable protein mixtures for human feeding. I Use of rats and baby chicks for evaluating corn-based vegetable mixtures. *J Nutrition* 1959;69:343-50.
9. Scrimshaw N. S., Bressani R., Behar M., Wilson D. y Arroyave G. A low-cost protein rich vegetable mixture for human consumption. *Fed Proc* 1960;19:320-5.