

Escuela de Nutrición y Dietética. Escuela Politécnica del Chimborazo. Riobamba. Ecuador

SOBRE EL DESARROLLO DE MEZCLAS DE ALIMENTOS ANDINOS AMINOACÍDICAMENTE COMPLETAS DE BAJO COSTO PARA LA ALIMENTACIÓN INFANTIL

Eulalia Santillán Mancero¹.

RESUMEN

Justificación: El uso de proteínas derivadas de alimentos consumidos tradicionalmente en los Andes ecuatorianos pudiera ser una opción para ampliar el acceso de vastos sectores de las comunidades andinas a mezclas alimenticias aminoacídicamente completas (MAC). **Objetivo:** Diseñar MAC a partir de cereales y leguminosas consumidas tradicionalmente en las comunidades andinas, evaluar la calidad biológica de las mismas, y estimar los costos de obtención. **Diseño del estudio:** Experimental. **Métodos:** Se diseñaron 4 x 4 x 9 mezclas CL de proteínas vegetales con 4 cereales (C) como el arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum aestivum*), avena (*Avena sativa*), maíz (*Zea mays*) y 4 legumbres (L), a saber: chocho (*Lupinus mutabilis*), arveja (*Pisum sativum*), lenteja (*Lens culinaris*), y frijol (*Phaseolus vulgaris*). Para cada mezcla CL se prepararon 9 combinaciones con diferentes partes del cereal C = 1, 2, 3, ..., 9 vs. L = 9, 8, 7, ..., 1 partes de la leguminosa. Se preparó una décima mezcla CL 2:1 para documentar la calidad biológica de una mezcla CL "ideal". El contenido de nitrógeno de la mezcla CL obtenida en cada iteración del diseño factorial se determinó mediante el método de Kjeldahl. La calidad aminoacídica de la mezcla CL se estimó de acuerdo con el cómputo aminoacídico. La proteína de referencia para niños con edades entre 2 – 5 años según la FAO/OMS/UNU (1985) se empleó como patrón para el cómputo aminoacídico. Adicionalmente, se calcularon los costos de elaboración de las mezclas CL obtenidas experimentalmente. **Resultados:** La lisina (*Lys*) fue el aminoácido limitante de los cereales estudiados (0.46 – 0.65 de cómputo respecto del patrón de referencia). Por su parte, los aminoácidos azufrados metionina + cisteína (*Met + Cys*) fueron los limitantes de la calidad aminoacídica de las leguminosas (0.69 – 0.86 respecto del patrón). Se obtuvieron 144 mezclas CL. Se consiguió la calidad biológica deseada con 99 de las 144 mezclas elaboradas. El costo de un kilogramo de proteínas de origen animal representa el doble (y hasta el triple) del costo de las proteínas de origen vegetal, y de las mezclas correspondientes. **Conclusiones:** Se pueden emplear mezclas de cereales y legumbres para la alimentación infantil en las proporciones que aseguren la mejor calidad aminoacídica y biológica, con miras a disminuir los elevados índices de desnutrición infantil y de deficiencias nutrimentales especificadas. **Santillán Mancero E. Sobre el desarrollo de mezclas de alimentos andinos aminoacídicamente completas de bajo costo para la alimentación infantil. RCAN Rev Cubana Aliment Nutr 2018;28(2):370-392. RNPS: 2221. ISSN: 1561-2929.**

Palabras claves: Proteínas alimenticias / Mezclas alimentarias / Cereales / Legumbres / Alimentos andinos / Cómputo aminoacídico / Digestibilidad / Absorción / Nitrógeno.

¹ Doctora en Nutrición y Dietética. Magíster en Nutrición Humana. Docente.

Fecha de recibo: 3 de Junio del 2018. Fecha de aceptación: 3 de Agosto del 2018.

Eulalia Santillán Mancero. Escuela de Nutrición y Dietética. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Carretera Panamericana Sur Kilómetro 1½. Riobamba. Provincia del Chimborazo. Ecuador.

Correo electrónico: etsantillanec@yahoo.com.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos vegetales han constituido la base de la alimentación humana desde tiempos ancestrales.¹⁻² Se ha documentado la práctica agrícola de las comunidades prehispánicas en la América latina que sembraban en el mismo cuadro de tierra maíz junto con chochos, frijol y arvejas. Asimismo, el consumo de mezclas de cereales y leguminosas era un signo distintivo del comportamiento alimentario de las poblaciones originarias de la región.

Existe preocupación entre las autoridades sanitarias y gubernamentales de la región por la extensión de la desnutrición infantil en las zonas precarizadas de la América latina, tales como las comunidades rurales y los poblados apartados de los Andes,³⁻⁴ que pudiera expresarse por la talla infantil disminuida para el sexo y la edad y/o el peso insuficiente para la edad y la talla, y la incidencia de los estados deficitarios de yodo, zinc y hierro.⁵ Tales trastornos nutricionales pudieran trazarse hasta la precariedad alimentaria que viven estas comunidades, dada por los ingresos insuficientes de alimentos, en particular, la presencia disminuida de alimentos tenidos como fuentes de proteínas en la dieta regular de las familias de pobres recursos.⁶⁻⁷

Sin embargo, y lamentablemente, estas comunidades no aprovechan el potencial nutricional que podría significar la inclusión en la dieta regular de las mezclas de cereales y leguminosas que durante años han constituido los alimentos distintivos de la agricultura regional.⁸⁻⁹ Por otro lado, durante mucho tiempo se han celebrado las propiedades nutricionales de las proteínas de origen animal, como las aportadas por la leche y los derivados lácteos, y las carnes y los derivados cárnicos.¹⁰ Tales proteínas han sido destacadas como de elevada calidad biológica, en un abierto contraste con las de

origen vegetal, percibidas como nutricionalmente inferiores.

Nadie discute el lugar de las proteínas de origen animal en la dieta humana, y su contribución a la nutrición de individuos y poblaciones con aminoácidos esenciales, minerales (entre ellos el calcio y el hierro), y otros como la carnitina.¹¹ Sin embargo, la inclusión de tales proteínas en la dieta habitual de las comunidades puede implicar cuestiones relativas al costo de las mismas, la disponibilidad y el acceso.¹²⁻¹³ El costo de producción de los alimentos de origen animal es sin dudas elevado. Por otro lado, no existe una infraestructura agropecuaria desarrollada en estas regiones que permita la producción sostenible en el tiempo de tales productos.¹⁴

En vista de lo expuesto anteriormente, se ha rediscutido en este trabajo la utilidad nutricional de las mezclas de alimentos andinos como fuentes de proteínas aminoacídicamente completas. Formulada correctamente, una mezcla de cereales y leguminosas puede aportar la misma cantidad de aminoácidos que un kilogramo de carne de res o de leche (por citar solo 2 ejemplos). La revalorización de la calidad aminoacídica de los alimentos andinos también servirá para superar falsas creencias y prejuicios que limitan actualmente el consumo de los mismos por las poblaciones-diana.¹⁵⁻¹⁸

Ahora bien, los alimentos andinos pueden diferir entre sí en cuanto a la composición aminoacídica. Luego, para obtener una mezcla aminoacídicamente completa (MAC) serán necesarias proporciones diferentes de los alimentos que se incluyan en la mezcla. En virtud de ello, se ha conducido la presente investigación para establecer la mejor MAC construida de cereales y leguminosas de consumo tradicional en las comunidades andinas. La investigación se extendió para estimar el costo de elaboración de dicha MAC, y compararlo con cantidades equivalentes de proteínas de origen animal.

Tabla 1. Diseño general del experimento.

Cereal	Leguminosa	Mezcla 2:1 [‡]	Mezcla de ensayo [¶]								
			1:9	2:8	3:7	4:6	5:5	6:4	7:3	8:2	9:1
Arroz	Arveja	AA	AA1	AA2	AA3	AA4	AA5	AA6	AA7	AA8	AA9
	Chocho	ACH	ACH1	ACH2	ACH3	ACH4	ACH5	ACH6	ACH7	ACH8	ACH9
	Frijol	AF	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9
	Lenteja	AL	AL1	AL2	AL3	AL4	AL5	AL6	AL7	AL8	AL9
Trigo	Arveja	TA	TA1	TA2	TA3	TA4	TA5	TA6	TA7	TA8	TA9
	Chocho	TCH	TCH1	TCH2	TCH3	TCH4	TCH5	TCH6	TCH7	TCH8	TCH9
	Frejol	TF	TF1	TF2	TF3	TF4	TF5	TF6	TF7	TF8	TF9
	Lenteja	TL	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	TL6	TL7	TL8	TL9
Avena	Arveja	AVA	AVA1	AVA2	AVA3	AVA4	AVA5	AVA6	AVA7	AVA8	AVA9
	Chocho	AVCH	AVCH1	AVCH2	AVCH3	AVCH4	AVCH5	AVCH6	AVCH7	AVCH8	AVCH9
	Frejol	AVF	AVF1	AVF2	AVF3	AVF4	AVF5	AVF6	AVF7	AVF8	AVF9
	Lenteja	AVL	AVL1	AVL2	AVL3	AVL4	AVL5	AVL6	AVL7	AVL8	AVL9
Maíz	Arveja	MA	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	MA6	MA7	MA8	MA9
	Chocho	MCH	MCH1	MCH2	MCH3	MCH4	MCH5	MCH6	MCH7	MCH8	MCH9
	Frejol	MF	MF1	MF2	MF3	MF4	MF5	MF6	MF7	MF8	MF9
	Lenteja	ML	ML1	ML2	ML3	ML4	ML5	ML6	ML7	ML8	ML9

[‡] Mezcla recomendada debido a la (percibida) superior calidad aminoacídica.

[¶] Con variaciones según el primer aminoácido limitante, esto es: aquel cuya deficiencia es la mayor para el grupo etario de estudio.

Fuente: Elaboración propia de la autora.

MATERIAL Y MÉTODO

Locación del estudio: Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias. Facultad de Salud Pública. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba, provincia del Chimborazo. República del Ecuador.

Diseño del estudio: Experimental. La investigación se orientó a encontrar la mejor combinación cereal:leguminosa (de acuerdo a la calidad biológica) para 8 alimentos, a saber: *Cereales*: Arroz (*Oryza sativa*), Trigo (*Triticum aestivum*), Avena (*Avena sativa*), Maíz (*Zea mays*); y *Leguminosas*: Chocho (*Lupinus mutabilis*), Arveja (*Pisum sativum*), Lenteja (*Lens culinaris*), Frijol (*Phaseolus vulgaris*); mediante un diseño factorial 4 x 4.

La Tabla 1 muestra las combinaciones preparadas como parte de la presente investigación. Se previeron 16 combinaciones cereales x leguminosas posibles. Adicionalmente, la mezcla alimenticia en cada combinación cereal:leguminosa se preparó según 9 proporciones C:L diferentes, con C = 1, 2, ..., 9 vs. L = 9, 8, ..., 1. Se previeron así 4 x 4 x 9 = 144 combinaciones.

El diseño factorial se expandió para incluir 16 combinaciones cereales x leguminosas preparadas en una proporción C:L 2:1 (esto es: 2 partes de cereales por cada parte de leguminosas). Esta proporción ha sido tenida históricamente como óptima aminoacídicamente.¹⁹

Procedimientos de la investigación

Adquisición de los alimentos: Los alimentos fueron adquiridos en el mercado local como harinas molidas. Aquellos que no estuvieron disponibles, fueron adquiridos en forma de granos, y se molieron en el laboratorio para obtener las correspondientes harinas. Las mezclas cereales:leguminosas se prepararon según el esquema factorial expuesto en la Tabla 1 después de pesar las cantidades correspondientes de los ingredientes y mezclarlos hasta la homogeneidad.

Determinación del contenido de nitrógeno alimenticio: El contenido de nitrógeno de los diferentes ingredientes, y las mezclas resultantes, se determinó mediante el método de Kjeldahl en el laboratorio de pertenencia de la autora.²⁰⁻²¹ Brevemente, la

muestra se digirió con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores para transformar el nitrógeno presente en la misma (en su mayor parte orgánico) en sulfato amónico (nitrógeno amoniacal). Completado el tiempo de digestión, la muestra se alcalinizó mediante la adición de hidróxido de sodio concentrado. El nitrógeno obtenido se destiló en forma de amoníaco dentro de una corriente de vapor de agua. El amoníaco desprendido se recuperó en presencia de un exceso de ácido para formar sulfato de amonio. Finalmente, el exceso de ácido se valoró mediante la adición de álcali para obtener la cantidad de nitrógeno presente en la muestra.

Tabla 2. Factores de conversión empleados en la determinación del contenido de proteínas de los ingredientes de las mezclas, y de las mezclas finales.

Alimento	Factor de conversión
Huevo entero	6.25
Trigo entero	5.83
Arroz y harina de arroz	5.95
Avena	5.83
Maíz	6.25
Frijoles	6.25
Arveja	6.25
Chocho	6.25
Lenteja	6.25

Fuente: Referencia [23].

Determinación del contenido de proteínas: El contenido determinado de nitrógeno en la muestra de ensayo se convirtió en contenido de proteína después de multiplicación por los factores definidos por la FAO/OMS/UNU.

La Tabla 2 muestra tales factores de conversión. Adicionalmente, el contenido de proteínas se determinó mediante la reacción del biuret en el laboratorio de pertenencia de la autora.²²

Determinación del contenido de aminoácidos esenciales: El contenido de lisina, metionina + cistina, treonina, triptófano e histidina tanto en los ingredientes de las mezclas como en las mezclas resultantes se determinó según el contenido de nitrógeno de la muestra de ensayo:

$$\begin{aligned} \text{Contenido de aminoácidos} &= \\ &= \frac{\text{miligramos de aminoácidos por cada gramo de nitrógeno}}{\text{Contenido total de aminoácidos en 100 gramos del alimento}} \times 100 \end{aligned}$$

[1]

Igualmente, el contenido de aminoácidos del alimento (ingrediente vs. mezcla final) se expresó como miligramos de aminoácidos por cada gramo de proteínas.

Determinación del puntaje aminoacídico: El puntaje aminoacídico de tanto los ingredientes como las mezclas finales de cereales:leguminosas se determinó por contrastación con el patrón de referencia.²⁴

El puntaje aminoacídico de la muestra de ensayo se obtuvo como el promedio aritmético de las cantidades de aminoácidos presentes en la muestra de ensayo después de corrección para las existentes en contenidos similares de nitrógeno de la proteína de referencia:

$$\begin{aligned} \text{Puntaje aminoacídico} &= \\ &= \frac{\text{mg de AA en 1 g de N de la muestra de ensayo}}{\text{mg de AA en 1 g de N de la proteína de referencia}} \end{aligned}$$

[2]

Para cada muestra de ensayo se definió también el primer aminoácido limitante como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Valor biológico} &= \\ &= \frac{\text{mg del aminoácido esencial más escaso en la muestra de ensayo}}{\text{mg del aminoácido esencial en la proteína de referencia}} \times 100 \end{aligned}$$

[3]

Evaluación económica de las mezclas de proteínas: Se estimó el costo de producción de un kilogramo de tanto de los ingredientes empleados en la obtención de las mezclas alimenticias, como de las mezclas finales. Para ello, se tuvieron en cuenta el precio de adquisición de un kilogramo del alimento en el mercado, y las cantidades de proteínas presentes en un kilogramo del alimento (sea éste el ingrediente o la mezcla final).

Para la obtención del costo de producción de un kilogramo de proteínas de los ingredientes alimenticios consumidos se empleó la matriz de cálculo siguiente:

Costo de 1 kilogramo del alimento	
Precio de adquisición de un kilogramo del alimento en el mercado	(1)
Contenido de proteínas en 100 gramos del alimento	
• Fuente: FAO (1970, 1072, 1981) [¶]	(2)
• Fuente: Tabla de composición de alimentos ecuatorianos Instituto de Nutrición. Quito: 1965	(3)
• Fuente: Presente investigación Valores estimados localmente a partir del contenido de nitrógeno total	(4)
Contenido de proteínas en 1 kilogramo del alimento:	
Proteína contenida en 100 gramos del alimento x 10	(5)
Costo de 1 gramo de proteínas = Fila 1 / Fila 5	(6)
Costo de 1 kilogramo de proteínas = Fila 6 x 100	(7)

[¶] Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/005/ac854t/ac854t00.htm>

Para la obtención del costo de producción de un kilogramo de proteínas de la mezcla alimentaria se definió la mejor mezcla como aquella proporción cereales:leguminosas con el puntaje aminoacídico superior. Así:

Mejor mezcla: Proporción cereales:leguminosas con el mejor puntaje aminoacídico	
	(1)
Costo de un gramo de proteína aportada por el cereal:	
Proporción empleada de cereal x Costo de 1 gramo de proteínas	(2a)
Costo de un gramo de proteína aportada por la leguminosa:	
Proporción empleada de leguminosa x Costo de 1 gramo de proteínas	(2b)
Costos totales de 1 gramo de proteínas: Fila 2a + Fila 2b	
	(3)
Costo de un kilogramo de proteínas:	
Costo total de 1 gramo de proteínas x 1000	(4)

Procesamiento de los datos y análisis estadístico-matemático de los resultados:

Los datos obtenidos en cada instancia del diseño experimental de la presente investigación se vaciaron en un contenedor digital construido con EXCEL para OFFICE de WINDOWS (Microsoft, Redmon, Virginia, Estados Unidos).

Las diferencias entre los puntajes aminoacídicos de las mezclas obtenidas respecto de la mezcla de referencia 2:1 se examinaron mediante un test de homogeneidad basado en la distribución ji-cuadrado. El estadígrafo χ^2 obtenido se corrigió según Yates.²⁵

Las diferencias entre las distintas mezclas respecto del contenido de proteínas se estimaron mediante un análisis de varianza con ordenación unilateral (ADEVA),²⁶ según la ecuación [4]:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \epsilon_{ij} \quad [4]$$

En la ecuación [4]: Y_{ijk} : Valor estimado del contenido de proteínas; μ : Contenido promedio de proteínas en la muestra; T_i : Contenido de proteínas del patrón de referencia (según la FAO/OMS/UNU o la "Tabla de Composición de Alimentos

Ecuatorianos y de Alimentos”); y ϵ_{ij} : Error experimental; respectivamente.

La Tabla 3 recoge el esquema ADEVA empleado en la evaluación de las diferencias entre las mezclas respecto del contenido de proteínas totales. En caso de diferencias significativas, se recurrió a la prueba de rangos múltiples de Duncan para aislar la influencia de los factores y las interacciones.²⁷

En todo momento se empleó un nivel del 5% para denotar los hallazgos encontrados como significativos.²⁸

alimentos objeto de investigación. 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

Tabla 3. Esquema seguido en el Análisis de Varianza con ordenación unilateral para la obtención del contenido de proteínas totales de la mezcla alimenticia. Para más detalles: Consulte la presente Sección.

Referencia	Código	Número de determinaciones
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	FAO	1
Tabla de Composición de Alimentos Ecuatorianos	TCAE	1
<i>Cereales investigados</i>		
• Arroz	CAR	3
• Trigo	CTR	3
• Avena	CAV	3
• Maíz	CMA	3
<i>Leguminosas investigadas</i>		
• Arveja	LAR	3
• Chocho	LCH	3
• Frijol	LFR	3
• Lentejas	LLE	3

Fuente: Elaboración propia de la autora.

RESULTADOS

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

La Tabla 4 muestra el contenido total de nitrógeno resultante de las muestras investigadas mediante la técnica de Kjeldahl se multiplicó por los factores correspondientes enunciados más arriba²² para obtener el contenido de proteínas de los

95% construido para el promedio de las determinaciones hechas para cada alimento. A continuación, 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,²⁹ como en las provistas por la FAO.³⁰

Tabla 4. 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
	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>), entero	2.06	5.83
	Avena (<i>Avena sativa</i>), entera	2.22	5.83
	Maíz (<i>Zea mays</i>), entera	1.49	6.25
Leguminosas	Arveja (<i>Pisum sativum</i>)	3.66	6.25
	Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	5.01	6.25
	Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	3.49	6.25
	Lenteja (<i>Lens culinaris</i>)	3.80	6.25

[¶] 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 [23].

La Tabla 5 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.³¹⁻³²

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.

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). En virtud de lo anteriormente dicho, 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,²³ 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 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.³¹⁻³²

La Tabla 6 muestra los valores esperados de aminoácidos (como mg/g de nitrógeno) en los alimentos investigados. Los cereales se destacan por los valores

Tabla 5. 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)

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.³³ De este patrón aminoacídico de referencia se han estudiado

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.

con otros alimentos a fin de mejorar la calidad aminoacídica.

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

Tabla 6. 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].

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

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.

Tabla 7. 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 7 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 8. 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

La Tabla 8 reporta los cómputos 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 al 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 satisfacer los requerimientos propios de una proteína como de buena calidad biológica.

La Tabla 9 reporta el cómputo 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 cómputos 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 cómputo aminoacídico de la proporción *Arroz + Frijol* (65:35) no fue diferente de la mezcla 2:1. Se ha de señalar que el cómputo 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 cómputo 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 cómputos 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.

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 10 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 todas las mezclas.

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.

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).

Tabla 9. 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)

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.

Tabla 10. 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.

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.

Jelliffe *et al.* (1956),³⁴ Squibb *et al.* (1956),³⁵ y Scrimshaw *et al.* (1956)³⁶ 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).

Tabla 11. 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”.

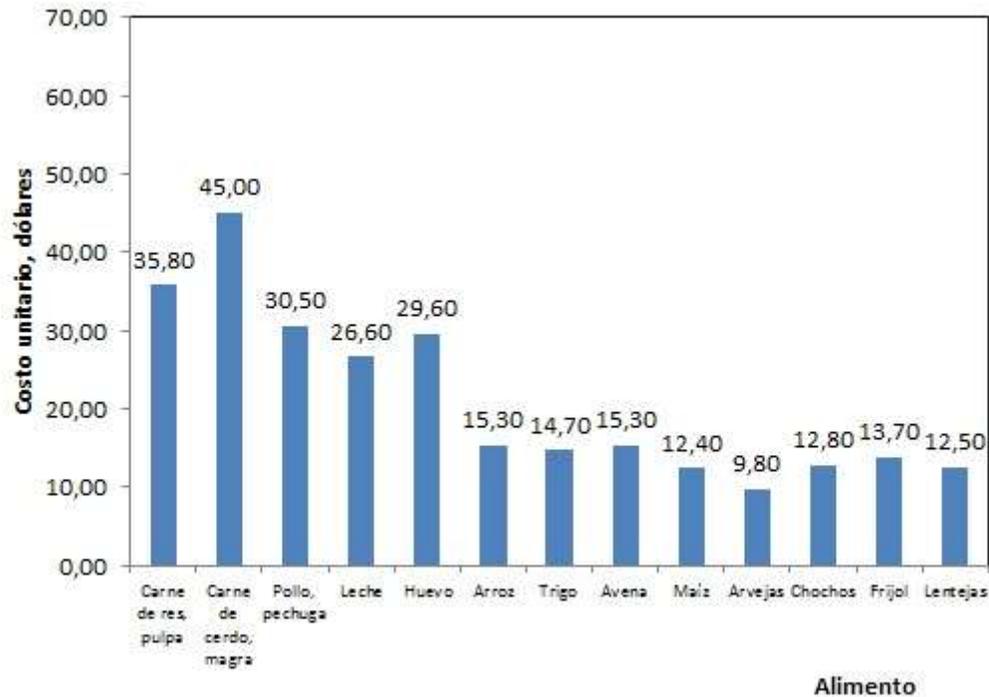
Las mezclas alimentarias propuestas en la presente investigación permiten, por un lado, lograr proteínas nutricionalmente completas (semejantes en su calidad a las de origen animal) mediante la complementación de cereales y leguminosas con un alto cómputo aminoacídico; mientras que, por el otro lado, 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).

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 12 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).

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



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.

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.

Tabla 12. 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 ^ϕ
		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.

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

DISCUSIÓN

Las proteínas constituyen los pilares fundamentales de la vida, y son necesarias para el crecimiento, la reparación y el mantenimiento de todas las estructuras de la economía. Cada célula que compone el cuerpo humano contiene proteínas, y de esta manera, pasan a formar parte importante de la piel y las mucosas, los músculos, los órganos y glándulas. Las proteínas también se encuentran en la mayoría de líquidos corporales, donde cumplen funciones desde la preservación del medio interno hasta el mantenimiento de la presión coloidosmótica del plasma.

La alimentación diaria debe proveer una mezcla equilibrada de aminoácidos que haga posible el recambio constante de las estructuras celulares y tisulares, y con ello, que las funciones corporales se desarrollen

eficientemente. Luego, la calidad aminoacídica de la dieta de individuos y colectividades es primordial para el aseguramiento de la salud a largo plazo. Sin embargo, en muchos países que todavía transitan la vía hacia el desarrollo (como el Ecuador), las proteínas de “buena” calidad biológica, como serían las de origen animal, no están disponibles para las familias pobres, lo que las coloca en riesgo de desnutrición y/o estados carenciales especificados.³⁷⁻³⁸

Por otra parte, preocupa a muchos que el consumo de aquellos alimentos de origen animal que son considerados indispensables como parte de una alimentación correcta resulte en la aparición y ulterior expansión de enfermedades crónicas no transmisibles como la Diabetes tipo 2, la hipertensión arterial (HTA), las dislipidemias, y las hiperuricemias.³⁹⁻⁴⁰ Todas estas razones (y

otras de carácter económico) han hecho que se aprecie el consumo de las proteínas de origen vegetal como parte de estrategias orientadas a la promoción de un ambiente anti-oxidante y anti-inflamatorio.⁴¹ Además, y como se ha abundado en este ensayo, una combinación adecuada de proteínas de origen vegetal y animal permite alcanzar una calidad biológica semejante (o mejor incluso) que la aportada solamente del consumo de proteínas de origen animal.

La complementación de los cereales y las legumbres ha sido utilizada desde tiempos ancestrales en los cultivos andinos que caracterizaban la alimentación de las poblaciones que se asentaron en estas regiones. Tanto los cereales como las legumbres tienen aminoácidos limitantes que pudieran marginar el aporte nutricional. Si bien los cereales tienen como aminoácido limitante a la lisina, contienen amplias cantidades de aminoácidos azufrados metionina y cistina. En cambio, las legumbres, aunque poseen poca cantidad de metionina y cistina, son ricas en lisina. La combinación de estas dos clases de alimentos consigue aminorar las deficiencias aminoacídicas, y las cantidades deficitarias de proteínas de los primeros son compensadas con las cantidades elevadas de los segundos (y viceversa). De esta manera, se consigue una proteína de buena calidad biológica. Así, la utilización de mezclas alimentarias a base de cereales y legumbres en las proporciones adecuadas permite disponer de todos los aminoácidos en todo momento para que el cuerpo pueda utilizarlos eficientemente en diferentes funciones orgánicas.

La proporción 2:1 de cereales y leguminosas ha sido utilizada tradicionalmente para la complementación alimenticia. Sin embargo, cada cereal | leguminosa tiene su propio valor nutricional, como este estudio ha demostrado. Luego, es muy probable que, para obtener una proteína

de buena calidad biológica, las proporciones sean muy diferentes de la pauta 2:1. De hecho, en este estudio se obtuvieron mezclas aminoacídicamente completas con proporciones cereales:leguminosas de hasta 1:9, como serían los casos de las mezclas Trigo:Chocho, Avena:Chocho, y Maíz:Arveja. Otras investigaciones también han reportado una gran variabilidad de las proporciones de cereales y legumbres para la definición de una proteína de “buena” calidad biológica.⁴²⁻⁴⁶

La presente investigación se extendió a la estimación del costo de obtención de las mezclas aminoacídicas construidas. Se ha encontrado (como era de esperarse) una notable diferencia entre el costo de obtención de las proteínas de origen animal y el de las mezclas vegetales. Así, el costo de obtención de un kilogramo de una mezcla vegetal especificada pudiera ser la mitad (e incluso la tercera parte) del mismo peso de las proteínas de origen animal. El hallazgo anterior permite afirmar entonces que una alimentación saludable se puede alcanzar con proteínas vegetales de buena calidad biológica y a bajo costo, y por consiguiente, debería encontrar aplicación inmediata en la alimentación infantil para así contribuir a la disminución de la desnutrición y las deficiencias nutricionales que se han vuelto (inmerecidamente) emblemáticas de estas regiones.

CONCLUSIONES

El contenido promedio de proteínas de los 4 cereales investigados estuvo entre los 7.4 – 12.9 g/100 g del alimento. Por su parte, el contenido promedio de proteínas en las leguminosas investigadas estuvo entre los 21.8 – 31.3 g/100 g del alimento. No existieron diferencias en el contenido de proteínas de los alimentos investigados respecto de los valores de referencia reportados por la FAO; pero cuando se

empleó la “Tabla de composición química de los alimentos ecuatorianos”, se observaron diferencias en el contenido de proteínas del arroz, el maíz, y el chocho. Coincidiendo con hallazgos previos, la lisina fue el aminoácido limitante de los cereales estudiados. Mientras, los aminoácidos azufrados metionina + cistina fueron los aminoácidos limitantes de las leguminosas. El cómputo aminoacídico de las mezclas cereales:leguminosas recomendadas como ideales en la literatura (2 porciones de cereales + 1 porción de leguminosa) dista mucho del 100% para que la mezcla sea considerada una proteína de buena calidad. La lisina fue el aminoácido limitante de las mezclas cereales:leguminosas 2:1. Las proporciones de cereales y leguminosas con las que se obtuvieron las mejores mezclas alimenticias difirieron en su cómputo aminoacídico con las mezclas “ideales” 2:1. Se obtuvo un mejor cómputo aminoacídico con una mayor presencia del cereal. En algunas mezclas alimenticias el mejor cómputo aminoacídico se obtuvo con una mayor proporción de la leguminosa. El costo de un kilogramo de proteínas de origen animal representa el doble y hasta el triple del costo de un kilogramo de las de origen vegetal. El costo de 1 kilogramo de proteína en las mejores mezclas alimentarias está alrededor de 13 – 14 dólares, lo que contrasta notablemente con el costo de 1 kilogramo de proteína de origen animal (que se encuentra entre los 26 – 45 dólares).

SUMMARY

Rationale: Nutritional quality of food proteins is enhanced by means of admixtures of several sources. Nutrient, chemical and amino acid composition of cereals and legumes consumed as part of the diet of communities living in the ecuadorian Andes is known. Biological quality of protein admixtures obtained through combinations of different proportions of cereals and legumes is of interest. **Objective:** To design,

define and assess the biological quality, and the costs of elaboration, of different admixtures of proteins obtained from cereals and legumes traditionally consumed in the Ecuadorian Andes.

Study design: Experimental. **Methods:** Admixtures of vegetable proteins were obtained through the combination of variable proportions of cereals (C) such as rice (*Oryza sativa*), wheat (*Triticum aestivum*), oat (*Avena sativa*), and maize (*Zea mays*) with legumes (L) chocho (*Lupinus mutabilis*), peas (*Pisum sativum*), lentils (*Lens culinaris*), and beans (*Phaseolus vulgaris*) following a 4 x 4 factorial design. For each CL factor 9 proportions with differing parts of the cereal $C = 1, 2, 3, \dots, 9$ vs. $L = 9, 8, 7, \dots, 1$ parts of the corresponding legume. A tenth 2:1 CL admixture was prepared in order to document the biological quality of an “ideal” cereal:legume admixture. Nitrogen content of the cereal:legume admixture obtained in each iteration of the factorial design was determined with the Kjeldahl method. Amino acid quality of the cereal:legume admixture was estimated by means of the amino acid scoring. The FAO/WHO/UNU (1985) reference protein for children with ages between 2 – 5 years was used as standard in the calculation of the amino acid scoring. In addition, costs of elaboration of the experimentally obtained cereal:legume admixtures were calculated. **Results:** Lysine (Lys) was the limiting amino acid of the studied cereals (0.46 – 0.65 score regarding the reference standard). On the other hand, sulfur-containing amino acids methionine + cysteine (Met + Cys) were limiting the amino acid quality of legumes (0.69 – 0.86 scoring regarding the standard). One-hundred-forty-four cereal:legume admixtures were obtained. Desired biological quality was achieved with 99 out of the 144 admixtures. Cost of a kilogram of proteins of animal sources represents double (and even triple) the cost of proteins from vegetable sources, and of the corresponding admixtures. **Conclusions:** Admixtures of cereals and legumes can be used for infant feeding in proportions securing the best amino acid and biological quality, with the purpose of reducing the high rates of infant malnutrition and other specified nutrient deficiencies. **Santillán Mancero E.** On the development of low-cost, aminoacid-complete, food admixtures from Andean food

staples for child feeding. RCAN Rev Cubana Aliment Nutr 2018;28(2):370-392. RNPS: 2221. ISSN: 1561-2929.

Subject headings: Food proteins / Food mixtures / Cereals / Legumes / Andean foods / Aminoacid scoring / Digestibility / Absorption / Nitrogen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dawson de Teruggi G. Los alimentos vegetales que América dio al mundo. Serie Técnica y Didáctica. Buenos Aires: 1960. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/45939>. Fecha de última visita: 14 de Enero del 2018.
2. Ferrer ME, Clausen AM. Variabilidad genética en los recursos vegetales de importancia para la agricultura del Cono Sur. En: Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. Documento número IICA-PROCISUR F30-24. Programa Cooperativo PROCISUR para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur. IICA Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Montevideo [Uruguay]: 2001. Disponible en: <http://webiica.iica.ac.cr/bibliotecas/repiica/B0630E/B0630E.PDF#page=42>. Fecha de última visita: 18 de Enero del 2018.
3. Villacreses S, Gallegos Espinosa S, Chico P, Santillán E. Estado alimentario y nutricional de las comunidades originarias y campesinas de la región central del Ecuador. RCAN Rev Cubana Aliment Nutr 2017;27(1 Supl):S1-S165.
4. Martínez R. Hambre y desigualdad en los países andinos: La desnutrición y la vulnerabilidad alimentaria en Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Foro del Hambre de los Países de la Región Andina. CEPAL Comisión Económica para la América Latina. Santiago de Chile: 2004. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/2004-foro_hambre_presentacion_rmartinez.pdf. Fecha de última visita: 19 de Enero del 2018.
5. Paciorek CJ, Stevens GA, Finucane MM, Ezzati M; for the Nutrition Impact Model Study Group. Children's height and weight in rural and urban populations in low-income and middle-income countries: A systematic analysis of population-representative data. The Lancet Global Health 2013;1(5):e300-e309.
6. Larrea C, Freire W. Social inequality and child malnutrition in four Andean countries. Rev Panamer Salud Pública 2002;11:356-64.
7. Larrea C, Kawachi I. Does economic inequality affect child malnutrition? The case of Ecuador. Soc Sci Med 2005; 60:165-78.
8. Scurrah M. Agrobiodiversidad y nutrición: ¿Por qué las comunidades alto andinas reconocidas por su agrobiodiversidad son localidades con altas tasas de desnutrición crónica? En: Agrobiodiversidad, seguridad alimentaria y nutrición: Ensayos sobre la realidad peruana. Lima [Perú] 2016. pp 69. Disponible en: http://www.academia.edu/download/39043843/agrobiodiversidad_seguridad_alimentaria_y_nutricional.pdf#page=70. Fecha de última visita: 19 de Enero del 2018.
9. Johns T, Smith IF, Eyzaguirre PB. Agrobiodiversity, nutrition, and health. En: Understanding the links between agriculture and health [Editores: Hawkes C, Ruel MT]. International Food Policy Research Institute. Washington DC: 2006. pp 12. Disponible en: [https://ideas.repec.org/p/fpr/2020br/13\(12\).html](https://ideas.repec.org/p/fpr/2020br/13(12).html). Fecha de última visita: 20 de Enero del 2018.

10. Smil V. Nitrogen and food production: Proteins for human diets. *AMBIO J Human Environm* 2002;31:126-31.
11. Bradford GE. Contributions of animal agriculture to meeting global human food demand. *Livestock Product Sci* 1999;59: 95-112.
12. Walker P, Rhubart-Berg P, McKenzie S, Kelling K, Lawrence RS. Public health implications of meat production and consumption. *Public Health Nutr* 2005; 8:348-56.
13. McMichael AJ, Bambrick HJ. Meat consumption trends and health: Casting a wider risk assessment net. *Public Health Nutr* 2005;8:341-3.
14. Tapia ME. Visión general y características del agroecosistema andino. En: El agroecosistema andino: Problemas, limitaciones, perspectivas. [Editores: Rincón R, Hernán L]. *Anales del Taller Internacional sobre el Agroecosistema Andino*. Lima [Perú]: 1992. Pp 51-61. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=GREYLIT.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=006415>. Fecha de última visita: 20 de Enero del 2018
15. Ayala G. Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana. En: Raíces andinas: Contribuciones al conocimiento ya la capacitación. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). Lima [Perú]: 2004. pp 101-112. Disponible en: http://quinua.pe/wp-content/uploads/2013/08/07_Aporte_cultivos_andinos_nutric_human.pdf. Fecha de última visita: 20 de Enero del 2018.
16. Morón C. Importancia de los cultivos andinos en la seguridad alimentaria y nutrición. En: Memorias de la Reunión Técnica y Taller de Formulación de Proyecto Regional sobre Producción y Nutrición Humana en Base a Cultivos Andinos. FAO. Centro Internacional de la Papa. Universidad Nacional del Altiplano. Universidad Nacional de San Agustín. Lima [Perú]: 1999. pp 31-53.
17. Hernández M, La Veja A, Sotelo A. Determinación de la digestibilidad proteínica *in vitro* e *in vivo* en cereales y leguminosas crudos y cocidos. *ALAN Arch Latinoam Nutr* 1984;24:515-22.
18. Morales MOBGN, Mendoza CR, de Gante MAV, Ramírez LFR. Importancia y perspectivas del maíz, trigo, arroz y frijol en México. *Agroindustria Comercio Mercados* 2010:291.
19. Bressani R. Protein complementation of foods. En: *Nutritional evaluation of food processing*. Springer. Dordrecht: 1988. pp 627-657.
20. Kjeldahl J. Neue methode zur bestimmung des stickstoffs in organischen körpern [New method for the determination of nitrogen in organic substances] *Zeitschrift Analytische Chemie* 1883;22(1):366-83.
21. Gibson RB. The determination of nitrogen by the Kjeldahl method. *J Am Chem Soc* 1904;26:105-10.
22. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol Chem* 1951;193:265-75.
23. FAO/WHO. Energy and protein requirements: Report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. WHO Technical Report Series number 522. Geneva: 1973.
24. Schaafsma G. The protein digestibility-corrected amino acid score. *J Nutr* 2000;130(7 Suppl): S1865-S1867.
25. Campbell I. Chi-squared and Fisher-Irwin tests of two-by-two tables with small sample recommendations. *Stat Med* 2007;26:3661-75.
26. Kass RE, Eden UT, Brown EN. Analysis of variance. En: *Analysis of Neural Data*. Springer. New York: 2014. pp. 361-389.

27. Duncan DB. A significance test for differences between ranked treatments in an analysis of variance. *Var J Sci* 1951;2: 171-89.
28. Santana Porbén S, Martínez Canalejo H. Manual de Procedimientos Bioestadísticos. Segunda Edición. EAE Editorial Académica Española. ISBN-13: 9783659059629. ISBN-10: 3659059625. Madrid: 2012.
29. 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.
30. 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.
31. Snyderman SE, Prose PH, Holt LE. Histidine, an essential amino acid for the infant. *J Dis Child* 1959;98:459-60.
32. Stifel FB, Herman RH. Is histidine an essential amino acid in man? *Am J Clin Nutr* 1972;25:182-5.
33. 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.
34. Jelliffe DB, 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.
35. Squibb RL, 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.
36. Scrimshaw NS, Bressani R, Behar M, Wilson D, Arroyave G. A low-cost protein rich vegetable mixture for human consumption. *Fed Proc* 1960;19:320-5.
37. Calero León CJ. Seguridad alimentaria en el Ecuador desde un enfoque de acceso a alimentos. Tesis de terminación de Maestría. FLACSO Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Quito [Ecuador]: 2010. Disponible en: <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/52065.pdf>. Fecha de última visita: 30 de Marzo del 2018.
38. Bravo D, Alvarado R, Flores B. Determinantes de la seguridad alimentaria en los hogares rurales del Ecuador. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de las Américas. Quito [Ecuador]: 2015. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5379>. Fecha de última visita: 30 de Marzo del 2018.
39. Micha R, Michas G, Mozaffarian D. Unprocessed red and processed meats and risk of coronary artery disease and type 2 diabetes- An updated review of the evidence. *Cur Atheros Rep* 2012;14: 515-24.
40. Abete I, Romaguera D, Vieira AR, de Munain AL, Norat T. Association between total, processed, red and white meat consumption and all-cause, CVD and IHD mortality: A meta-analysis of cohort studies. *Brit J Nutr* 2014;112: 762-75.
41. Hamer M, Chida Y. Intake of fruit, vegetables, and antioxidants and risk of type 2 diabetes: Systematic review and meta-analysis. *J Hypertension* 2007;25: 2361-9.

42. Hurtado ML, Escobar B, Estévez AM. Mezclas legumbre/cereal por fritura profunda de maíz amarillo y de tres cultivares de frejol para consumo "snack". ALAN Arch Latinoam Nutr 2001;51:303-8.
43. Cadena C, Yanez S. Elaboración de un *snack* extruido expandido a base de chocho y maíz. Universidad San Francisco de Quito. Quito: 2010. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/960/1/98205.pdf>. Fecha de última visita: 5 de Abril del 2018.
44. Daza Silva DC. Ensayo experimental para la obtención de mezclas alimenticias a partir del frijol de palo (*Cajanus cajan L.*) y maíz amarillo (*Zea mays L.*) y estudios de su aplicación. Lima: 1984. Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/174>. Fecha de última visita: 8 de Abril del 2018.
45. Wang SH, Fernandes MS, Ascheri JLR, Costa SAJ, Oliveira MF, Nascimento RE. Harina extruida de *grits* de maíz-soya (80:20) para formulación de crema de espinaca. Alimentaria 2002;336:101-6.
46. Gutiérrez Dorado R, Cárdenas Valenzuela OG, Alarcón Valdez C, Garzón Tiznado JA, Milán Carrillo J, Armienta Aldana E, Reyes Moreno C. Alimento para niños preparado con harinas de maíz de calidad proteínica y garbanzo extruidos. Interciencia 2008;33:868-74.