

# INVESTIGACION EN FACULTADES DE INGENIERIA DEL NOA



# XIV

JORNADAS DE  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA  
DE FACULTADES  
DE INGENIERÍA  
DEL NOA

S. M. DE TUCUMÁN  
5 y 6 DE SEPTIEMBRE 2019



Revista N° 5. Año 2019.  
ISSN: 1853-6662





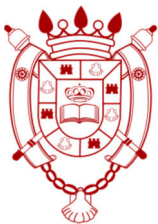
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN  
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología  
Av. Independencia 1800, (4000) Tucumán

## Revista: Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA Número 5.

Trabajos sometidos a referato

<http://codinoa.facet.unt.edu.ar/index.php/revista-numero-5/>

ISSN: 1853-6662



# **Autoridades**

## **Decano**

Dr. Ing. Miguel Ángel Cabrera

## **Vicedecano**

Mg. Ing. Eduardo Martel

## **Secretario Académico**

Dr. Ing. Nicolás Nieva

## **Secretario de Gestión y Extensión**

Ing. Carlos Ernesto Grande

## **Secretario de Asuntos Administrativos**

Ing. Carlos Andrés Ivan

## **Secretario de Bienestar Estudiantil**

Sr. Fabián Ayarde

## **Directora del Departamento de Posgrado**

Dra. Ing. Sonia Mariel Vrech

## **Director del Departamento de Ciencia y Técnica**

Dr. Ing. Eduardo Roberto Manzano

## **Directora General Académica**

Ing. Silvia Susana Herrera

## **Director General Administrativo**

Sr. Alejandro Pérez Filgueira

## **Editor**

Manzano, Eduardo Roberto

## **Comité organizador**

### **Departamento de Ciencia y Técnica de la FACET**

Albarracín, Leonardo

Araujo, Paula

Formigli, Carlos

Herrera, Myriam

Manfredi, Paola

Manzano, Eduardo

Mele, Fernando

Palazzi, Silvia

Roig, María Eugenia

Santillán, Javier

Torres, Esteban

Villafuerte, Manuel

### **Colaboradores**

Arancibia, Victoria

De Nobrega, Marcelo

Díaz, Fanny

### **Diseño web**

Juan Pepe FACET-UNT

Federico Soria UNSE

### **Compaginación**

Marcelo De Nobrega DLLyV-UNT – ILAV CONICET

## Comité Científico Evaluador

Aceñolaza, Pablo	UNER FCA - CONICET
Adriana, Niz	UNCA
Albarracin, Patricia Maria	UNT
Albarracin, Leonardo	UNT
Alonso, María Silvia	UNJu
Alvarez, Alejandro Raúl	UNT
Anaya, Hugo Daniel	UNT
Araujo, Paula Z.	UNT
Arias, Mirta Magdalena	UNT
Assaf, Leonardo	UNT
Ayrault, Gilles	UNSE
Barnes, Norma	UNT
Barraza, José	UNT
Bellomo, Facundo Javier	UNSa
Benac, María José	UNSE
Bravo, Alvaro Javier	UNT
Cabana, Roxana Del Carmen	UNJu
Cabello, Alberto José	UNT
Cabrera, Miguel A.	UNT
Cañas, Martha Susana	UNCA
Cesca, Mario Rodolfo	UNT
Cheeín de Auat, Nori Esther	UNSE
Coronel, Eve Liz	UNSE
David, Renee Noelia	UNSE
Degano, Claudia	UNSE
Farfan, Fernando Daniel	UNT
Ferrao, Hilda Noemí	UNT
Ferrari, Ricardo René	UNT
Ferreya, Arturo Lorenzo	UNCa
Formigli Rodriguez, Carlos M.	UNT
Galiano, José Eduardo	UNSE
Galizzi, Fernando Angel	UNSE
Galván, Lucrecia Del Carmen	UNSE
Ganim, María de Las Mercedes	UNT

Georgieff, Sergio M.	UNT-CONICET
Giannini, María Isabel	UNT
Giunta, Sandra Adriana	UNJu
Godoy, Carlos Eduardo	UNSE
Gómez, Sofía Gabriela	UNCA
González, Mariela	UNT
Herrera, Myriam Cristina	UNT
Herrera, Carlos Gabriel	UNCA
Ibañez, Lucía Marina	UNT-Fundación Miguel Lillo
Ingaramo, Alejandra Patricia	UNT
Irahola Ferreira, Jaime Alfonzo	UNJu
Ise, Juan Eduardo	UNT
Issolio, Luis	UNT-CONICET
Jacinto, Abel Carlos	UNT
Lopez, Gloria del Valle	UNCA
Luccioni, Griselda Maria	UNT
Madregal, Sergio Omar	UNJu
Mainardi Grellet, Lidia Victoria	UNT
Manfredi, Adriana Paola	UNT
Martel, José Eduardo	UNT
Mele, Fernando Daniel	UNT-CONICET
Meloni, Diego Ariel	UNSE
Mishima, Horacio Tacashi	UNSE
Molina, María Graciela	UNT
Nieto, María Marcela	UNSE
Nieva, Enrique Nicolás	UNT
O'Donell, Beatriz Maria	UNT
Ochoa, Maria Del Carmen	FAyA-UNSE
Olivera, Juan Manuel	UNT
Ortiz, Erlinda Del Valle	UNCA
Palazzi, Silvia	UNT
Panico, Adriana Fatima	UNT
Pasté José Francisco	UNSE
Paz Zanini, Verónica Irene	UNSE
Perez, Carlos Alejandro	UTN-FRR
Pérez, Gustavo Ariel	UNT

Perotti, Nora I.	UNT
Pollora, Genaro Cesar	UNT
Roig, María Eugenia	UNT
Santapaola, Julia Eleonora	UNJu
Santillán, Javier Enrique	UNT
Sarmiento, Miguel	UNSE
Scandaliaris, Jorge	UNT
Schiava, Ricardo	UNSE
Rigali, Silvina Luján	UNSE
Tiedemann, Jose Luis	UNSE y UNSa
Torres, Andrea Carolina	UNT-CONICET
Torres Auad, Lía Fabiana	UNT
Valdeon, Daniel Horacio	UNT
Vilches, Fatima Edith	UNCA
Villafuerte, Manuel José	UNT
Vituro, Carmen Inés	UNJu
Zossi, Marta María	UNT-CONICET



# Prologo

Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA es una revista generada a partir de los trabajos completos presentados en las Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. Las Jornadas se gestan por iniciativa del Consorcio de Decanos de Ingeniería del Noroeste Argentino (CODINOA) formado por las Facultades de Ingeniería de las Universidades Nacionales de Catamarca, Jujuy, Salta, Santiago del Estero y Tucumán. Desde el año 2005 y en forma ininterrumpida, estas Jornadas de carácter multidisciplinario, han tenido lugar permitiendo la convergencia de áreas del conocimiento relacionadas con ingeniería, ciencias exactas y tecnología, en un mismo foro académico regional de profesionales, docentes, investigadores, estudiantes de grado y postgrado.

En 2019 se realizaron las **XIV Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA** el 5 y 6 de Septiembre en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán de la ciudad de San Miguel de Tucumán.

Los resúmenes de los trabajos enviados a las Jornadas pasaron por un proceso de evaluación y selección de 183 pares evaluadores especializados en cada una de las áreas temáticas. Como resultado fue editado un libro de resúmenes con registro ISBN 978-987-754-203-5. El mismo puede ser descargado del portal del evento <http://codinoa.facet.unt.edu.ar/index.php/libro-de-resumenes/>.

Con posterioridad los autores fueron invitados a presentar sus trabajos completos en la Revista Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA los cuales pasaron nuevamente por un proceso de doble referato. Para la Revista Número 5 fueron aprobados 52 trabajos completos y participaron 90 evaluadores de distintas especialidades. La revista puede ser descargada del portal <http://codinoa.facet.unt.edu.ar/index.php/revista-numero-5/>.

Los integrantes del Departamento de Ciencia y Técnica y las Autoridades de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNT agradecemos a los autores de trabajos de la presente revista, a los Miembros del Comité Evaluador por su ardua y desinteresada tarea, a los colegas de Ciencia y Técnica del CODINOA y a todos aquellos que colaboraron directa e indirectamente en esta realización.

Dr. Ing. Eduardo R. Manzano  
**Director de Ciencia y Técnica de la  
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología  
Universidad Nacional de Tucumán**

## Indice

Un problema de cuádricas: Propuesta de resolución con apoyo del Geogebra.....	10
Desarrollo del conocimiento procedimental en lecto-comprensión en inglés a través de los cuestionarios y foros de Moodle .....	16
Comprensión del concepto de derivada de una función en un punto en alumnos de primer año de Ingeniería.....	22
La competencia resolución de problemas:una experiencia en primer año de Ingeniería .....	29
Evaluación de la calidad proteica de harinas de legumbres con software MixProtLUNA. Aplicación en panes reducidos en sodio.....	38
Género académico y comprensión lectora en inglés en la FACET .....	45
Taller para docentes del área matemática con el uso de TIC orientado a la formación por competencias: una experiencia.....	53
El enfoque por competencias y la evaluación en el laboratorio de física.....	62
Proceso de obtención de fertilizante potásico a partir de vinaza .....	71
Evaluación de componentes bioactivos de paltas en la región NOA .....	79
Rendimiento y calidad de distintas soluciones para la reconstrucción de modelos tridimensionales .....	85
Rendimiento comparativo de un secador solar contrastando el uso de chimenea con extractor eólico y extractor tipo H.....	89
Diagnóstico del concepto de factorización de polinomios en alumnos ingresantes a la carrera de Licenciatura en Geología .....	96
Modelación numérica de pavimentos de asfaltos.....	102
San Pedro de Colalao: la vinculación de la ciudad con sus ríos.....	110
Aportes del Proyecto Nexos 1 para la articulación educativa en matemática entre el nivel medio y el universitario en Tucumán.....	118
Refuerzo de estructuras de hormigón con hormigón de altas prestaciones reforzado con fibras (HAPRF) .....	123
Ajuste osmótico en plántulas de <i>Coursetia hassleri</i> en respuesta a estrés salino .....	131
Análisis de las ideas y procesos químicos aportados por Stanislao Cannizzaro para el desarrollo de la ciencia química.....	136
El estudio de los minerales en la Historia de la Química: Georgius Agricola .....	142
Coeficiente de performance de un secadero solar directo de circulación natural .....	149
Modelación numérica de la falla del hormigón reforzado con fibras de acero (HRFA) .....	156
Evaluación del Riesgo Auditivo en Salas de Atención Odontológica .....	164
Actividad antirradicalaria de <i>Flaveria bidentis</i> (L) Kuntze y su relación con el contenido polifenólico .....	171

Rendimiento comparativo de una columna de carbonatación cuando la refrigeración se hace en uno o dos platos adyacentes .....	176
Análisis de encogimiento de rodajas de zanahoria durante procesos de secado aplicando visión artificial .....	183
Utilización del rastrojo de algodón para la confección de tableros de partículas.....	189
Detección y monitoreo de zonas anegadas por medio de imágenes de VANT utilizando Redes Neuronales Artificiales.....	194
Ingreso y competencias en lectoescritura científica, acciones de articulación.....	200
Diseño de acciones para el uso de reinforcement learning en la obtención de precodificadores híbridos para massive MIMO.....	206
Calidad del recurso hídrico del departamento Santa Rosa explotado para consumo humano, Catamarca, Argentina.....	213
Parámetros de producción de dos instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red en el valle central de Catamarca.....	220
La integración de contenidos mediante el aprendizaje basado en tareas en la clase de Lectocomprensión en Inglés en la FACET .....	226
Inhibición de lipoxigenasa por compuestos fenólicos naturales y sintéticos. Métodos gráficos y modelos de regresión.....	231
Reducción de Cr(VI) de efluentes contaminados a Cr(III) catalizada por microorganismos electrogénicos/electrotróficos.....	239
Interdisciplinariedad de Cátedras en el Área Básica .....	247
Enseñanza centrada en el estudiante: una experiencia en el área de Ingeniería Clínica .....	253
Respuesta a una perturbación escalón en la composición de las corrientes de entrada de una columna de absorción de amoníaco .....	263
Contribuyendo a los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 mediante el alumbrado público eficiente.....	268
Parámetros fisicoquímicos durante compostaje de residuos frutihortícolas (Banco de Alimentos) y madurez del compost.....	277
Respuestas fisiológicas de <i>Pterogine nitens Tul</i> al herbicida glifosato.....	285
Enfoque multidisciplinar para la investigación en el campo disciplinar Interacción Persona Computador.....	290
Interacción de lazos de control de composición en la destilación PSD de la mezcla acetonitrilo-agua .....	299
Aplicación de métodos geofísicos para la determinación del espesor de los depósitos aluviales en la quebrada del río Pomán .....	305
Rendimientos de colectores Heat Pipes de placa plana combinados en serie y en paralelo, para el calentamiento de aire.....	312
Implementación de entornos virtuales de aprendizaje en escuelas experimentales de la UNT: desafíos y logros.....	319

Eficiencia de <i>Eisenia foetida</i> como bioacumulador de Fe, Cu, Zn y Se .....	329
Los cuestionarios de Moodle como herramienta en el proceso de aprendizaje de alumnos de Análisis Matemático I .....	335
Procedimiento para la reconstrucción 3D basado en fotografías .....	343
Síntesis y detección de la señal de recepción de un radar OTH.....	351
Análisis de las competencias matemáticas de los alumnos ingresantes de la FAyA- UNSE....	360
Talleres de Capacitación: La FI-UNSa y la formación por competencias .....	366

# Evaluación de la calidad proteica de harinas de legumbres con software MixProtLUNA. Aplicación en panes reducidos en sodio

Bassett, Natalia<sup>1</sup>; Espejo, Luis<sup>1</sup>; Rossi, Analía<sup>1</sup> y Sammán, Norma.<sup>1</sup>

(1) Instituto Superior de Investigaciones Biológicas (INSIBIO), CONICET- Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, Universidad Nacional de Tucumán. [natybassett@gmail.com](mailto:natybassett@gmail.com)

**RESUMEN:** Las legumbres tienen alto valor nutricional y se producen en Argentina, sin embargo su consumo interno es muy bajo. Son fuente rica de proteínas y aminoácidos indispensables (aai) y complementan bien con los de cereales. La calidad proteica puede cuantificarse en función de cantidad y perfil de sus aai, combinado con digestibilidad ileal verdadera de aai mediante la "puntuación de aminoácidos indispensables digestibles" (DIAAS). El objetivo del trabajo fue determinar la calidad proteica de harinas de diferentes legumbres, y sus mezclas con cereales. Se actualizó la herramienta informática MixProtLUNA.1-2013, que permite el cálculo del DIAAS. El contenido proteico de diferentes variedades de porotos encontrados varió entre 17 y 24,5 % y los DIAAS estuvieron entre 36 hasta 65%. Las harinas de leguminosas pueden mejorar los valores de DIAAS mediante mezclas con otras harinas complementarias. Los panes artesanales elaborados con mezclas de harinas de trigo y porotos mejoraron el valor DIAAS individual. Una porción de productos elaborados con estas mezclas cubriría alto porcentaje del requerimiento proteico para niños pequeños. La estimación del valor nutricional de mezclas de proteínas alimentarias se facilita utilizando el software MixProtLUNA.1-2013, que es una herramienta útil de fácil manejo.

**ABSTRACT:** Legumes have high nutritional value and are produced in Argentina; however their internal consumption is very low. They are a rich source of proteins and indispensable amino acids (iaa) that complement well with those of cereals. The protein quality can be quantified according to the quantity and profile of its iaa, combined with true ileal amino acid digestibility through the "digestible indispensable amino acid score" (DIAAS). The work objective was to determine the protein quality of different legume flours, and their mixtures with cereals. The software tool MixProtLUNA.1-2013 was updated, which allows DIAAS calculation. The protein content of different varieties of beans found varied between 17 and 24.5% and the DIAAS were between 36 and 65%. Legume flours can improve DIAAS values by mixing with other complementary flours. Elaborate handmade breads with mixtures of wheat flour and beans improved the value of individual DIAAS. A portion of products made with these mixtures would cover a high percentage of the protein requirement for young children. The estimation of the nutritional value of food protein mixtures is facilitated using the MixProtLUNA.1-2013 software, which is a useful tool that is easy to use.

Palabras claves: legumbres - calidad proteica - DIAAS

Keywords: legumes- protein quality - DIAAS

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Legumbres: definición, importancia y beneficios de su consumo.

Las legumbres secas pertenecen a la familia vegetal Fabáceas o Leguminosas y son las semillas deshidratadas comestibles que producen de una a doce granas de diferente tamaño, forma y color dentro de una vaina, para uso alimentario

humano o forraje animal. Para ser consideradas legumbres secas o pulses deben tener menos de 13% del tenor de humedad. Pese al alto valor nutricional que tienen las legumbres, Argentina registra uno de los niveles de consumo más bajos del mundo, ubicándose en torno a los 250 g/habitante/año; siendo prácticamente imperceptible en la mesa de los argentinos el consumo de las mismas. De ese volumen, aproximadamente el 50% corresponde a lentejas,

el 22% a porotos, el 18% a arvejas y el 10% a garbanzos, según lo informan Britos (2012), O'Connor (2016) y De Bernardi (2018). Dentro de los porotos, el que más se consume es Alubia, aproximadamente 5 mil toneladas. Los porotos de color son importantes, especialmente el negro, en las zonas limítrofes con Brasil. El poroto representa uno de los principales productos primarios del Noroeste Argentino. Su destino es mayoritariamente la exportación. El consumo de legumbres secas tiene más arraigo en las poblaciones del interior del país, respecto de Capital Federal y Gran Buenos Aires (Accoroni (2012); Rosenkjaer (2016)). Sin embargo, en estudios previos realizados en la población del NOA reportados por Bassett (2013), se observa que existe escaso o nulo consumo de estas.

Las legumbres son alimentos saludables con muchos beneficios, que pueden consumirse frescas, secas y en harinas (garbanzo, soja, entre otras). Su ingesta, puede incluirse en cualquier época del año. La FAO (2016) declaró el 10 de febrero día mundial de las legumbres y considera como deliciosos aliados para lograr la seguridad alimentaria, reducir la malnutrición a nivel mundial. Las legumbres son ricas en fibra, bajas en grasas por lo que mejora la salud digestiva, reduce riesgos de enfermedades cardiovasculares y en general enfermedades crónicas no transmisibles. Su alto contenido en hierro previene la anemia ferropénica en mujeres y niños. Tienen bajo contenido de sodio y son ricas en potasio, contribuyendo al buen funcionamiento del corazón, las funciones digestivas y musculares. Son alimentos de índice glucémico bajo, que ayudan a estabilizar el azúcar en sangre y los niveles de insulina, convirtiéndose en alimentos adecuados para las personas con diabetes. También, son consideradas una opción ideal para las personas celiacas por no contener gluten en su estado natural. Son buenas fuentes de vitaminas, como el folato, que reduce considerablemente el riesgo de anomalías congénitas del tubo neural (ATN), como espina bífida en recién nacidos.

La calidad nutritiva de una proteína (o de una mezcla de ellas) se define como su capacidad para cubrir los requerimientos de los individuos, y depende fundamentalmente de la composición de aminoácidos indispensables (aai) y de su biodisponibilidad. Actualmente la FAO (2013) recomienda el uso de la *“puntuación de aminoácidos indispensables digestibles”*

(DIAAS), para reemplazar a la puntuación corregida por digestibilidad (PDCAAS) (FAO, 1991). El cálculo del DIAAS utiliza la digestibilidad ileal de la proteína o del aminoácido que refleja mejor la cantidad de aminoácidos absorbidos. Para fines reglamentarios se recomienda el patrón de los niños pequeños (6 meses hasta 3 años) que representan los requerimientos más exigentes de los diferentes grupos etarios. En la práctica nutricional no se dispone de información recopilada y actualizada respecto a los valores de DIAAS de los alimentos regionales y sobre todo considerando la biodiversidad de los mismos.

Las legumbres son una fuente excelente de proteínas de origen vegetal. Un aporte dietético adecuado de proteína en cantidad y calidad es esencial para mantener la integridad y la función celular y para lograr un buen estado de salud. A través de la combinación adecuada de dos o más proteínas se logra mejorar la calidad proteica de un alimento para alcanzar un valor nutricional acorde al patrón respectivo de aai para el grupo etario seleccionado. Este proceso, mediante el cual se elimina o disminuye el déficit de aai de una proteína, se denomina "complementación proteica". Un ejemplo de esto es la combinación de proteína de cereales y legumbres, con la cual se mejorará el valor biológico de cada una de ellas como lo reportan López y Suárez (2002). Estas características hacen que el enriquecimiento legumbres o sus harinas con distintos granos andinos como quínoa y otros cereales sea una oportunidad de crear alimentos novedosos, y con elevada calidad nutricional y organoléptica como lo informan Cutullé (2012) y Mir (2018) Además de complementar contenidos nutricionales, estas mezclas ofrecen condiciones de asimilación y digestión importantes para la salud y nutrición. Si estas mezclas se consumen en cantidades suficientes, cubrirán las necesidades de energía y de proteína, pudiendo ser utilizadas en la alimentación de poblaciones de bajos recursos, así como en personas con riesgo nutricionales (Cerezal Mezquita (2007); Jacobsen (2013)).

Para facilitar la evaluación de la calidad proteica de combinación de alimentos se actualizó el software MixProtLUNA.1-2013 desarrollado por Bassett y col. (2015) el cual es una herramienta de fácil manejo y que resulta útil para precisar el cálculo del DIAAS y para seleccionar mezclas de alimentos que aumenten la calidad nutricional respecto de que sus componen. Este programa

también permitiría precisar el cálculo de mezclas proteicas destinadas a situaciones biológicas especiales como embarazo, lactancia, preescolares, escolares entre otras.

Por todo lo anteriormente mencionado el objetivo del presente estudio fue determinar la calidad proteica de harinas de diferentes legumbres, y sus mezclas con cereales empleando el software MixProtLUNA.1-2013.

## 2 MATERIALES Y METODOS

### 2.1 Software MixProtLUNA.1-2013

Se actualizó el programa informático MixProtLUNA.1-2013 la cual permite el cálculo del DIAAS y cuya base de datos fue elaborada a partir de recopilación bibliográfica de composición de aai de legumbres de diferentes orígenes.

### 2.2 Determinación de la calidad de la proteína mediante DIAAS

El cálculo del DIAAS de las diferentes muestras se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{DIAAS \%} = 100 \times \left( \frac{\text{mg de aai digestible en 1 g de proteína}}{\text{mg del mismo aai en 1 g de proteína de referencia}} \right)$$

El valor se calcula para cada aai en la dieta y el valor más bajo es designado como el DIAAS.

La digestibilidad ileal de la proteína o del aminoácido se utilizó para el cálculo de DIAAS.

Si no se disponía de este dato se utilizó la digestibilidad fecal de la proteína cruda, que para algunos valores de digestibilidad fueron determinados "in vivo" por ensayos con ratas blancas y otros se tomaron de bibliografía.

Se empleó como referencia el patrón de puntuación de aai recomendado por la FAO (2013) para niños con edades comprendidas entre los 0,5 hasta 3 años.

Se trabajó con 20 harinas de legumbres de distintos orígenes cuya composición fue recopilada de Bases de Datos Internacionales. Por ejemplo se consultó la Tabla de composición de alimentos de Estados Unidos (USDA (2019)).

## 3 RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se puede se muestran los DIAAS de las diferentes leguminosas evaluados.

Se puede observar que existen diferencias significativas en los valores obtenidos lo cual implica una diferencia en la composición de sus aai a pesar de ser la misma legumbre pero de otra procedencia.

El contenido proteico varió entre 19,6 y 47,1%, si bien en todas están presentes los aai sus contenidos son valores estadísticamente diferentes entre algunas de ellas. Los DIAAS que se encontraron fueron desde 35 A 92 %.

Tabla 1. Puntuación de aminoácidos indispensables digestibles en diferentes legumbres (DIAAS).

ALIMENTO VARIEDAD/ORIGEN/TIP O	Proteína (g/100g)	DIAAS %
Haba/ Frijol/Bean ( <i>Vicia Faba</i> )	28,00	35
Poroto Negro/Black Bean var. Paramos ( <i>Phaseolus Vulgaris</i> )	22,80	37
Poroto Cauqui//Cowpeas ( <i>Vigna Sinensis</i> )	24,20	38
Poroto Negro/Black Bean var. Tecpan ( <i>Phaseolus Vulgaris</i> )	21,40	39
Poroto Rojo/Red Bean ( <i>Phaseolus Vulgaris</i> )	22,20	42
Poroto/Frijol/Rice Bean ( <i>Phaseolus Vulgaris</i> )	20,70	43
Arvejas Verdes Partidas/Split Green Peas ( <i>Pisum Sativum</i> )	26,20	47
Porotos Negros/Black Bean ( <i>Phaseolus Vulgaris</i> ) (Canada)	23,95	49
Lenteja Rojas/Red Lentils ( <i>Lens Culinaris</i> )	29,51	50
Porotos Rojos/Red Kidney Beans ( <i>P. Vulgaris</i> ) (Canada)	23,90	51
Lenteja ( <i>Lens Culinaris</i> )	20,80	56

Harina de Porotos blancos ( <i>Phaseolus Vulgaris</i> )	19,60	57
Lenteja Verde Enteras/Whole Green Lentils ( <i>Lens Culinaris</i> )	26,27	58
Porotos Pintos/Pinto Beans ( <i>Phaseolus Vulgaris</i> )	22,68	60
Porotos Blancos/Navy Beans ( <i>Phaseolus Vulgaris</i> ) (Canada)	24,50	65
Garbanzos/Chickpeas ( <i>Cicer Arietinum</i> ) (Canada)	21,90	68
Garbanzo ( <i>Cicer Arietinum L</i> ) Crudo (USDA)	23,60	71
Arvejas Amarillas/Slip Yellow Peas ( <i>Pisum Sativum</i> )	25,26	73
Soja Harina/Soy Flour ( <i>Glycine Max</i> ) (Arg)	38,00	89
Soja Harina/Soy Flour ( <i>Glycine Max</i> ) (USDA)	47,01	92

La Tabla 2 muestra a modo de ejemplo, combinaciones de proteína de harina de trigo con proteína de leguminosas en porcentaje 70/30.

Tabla 2. Combinación de 30/70 de proteínas de leguminosas con cereal. D: DIAAS= Puntuación de aminoácidos indispensables digeribles. AALim: aminoácido limitante. Lys: lisina; SAA: aminoácidos azufrados (Metionina + cisteína).

ALIMENTO VARIEDAD/ORIGEN/TIPO	TRIGO (D:47; AALim: Lys) DIAAS %
Bean/Haba/Frijol ( <i>Vicia Faba</i> ) (D: 35; AALim: SAA)	69
Poroto Negro/Black Bean var. Paramos ( <i>P. Vulgaris</i> ) (D: 37; AALim: SAA)	71
Poroto/Frijol/Cowpeas ( <i>Vigna Sinensis</i> ) (D: 38; AALim: SAA)	72
Poroto Negro/Black Bean var. Tecpan ( <i>P. Vulgaris</i> ) (D: 39; AALim: SAA)	74
Poroto Rojo/Frijol/Red Bean ( <i>P. Vulgaris</i> ) (D: 42; AALim: SAA)	75
Poroto/Rice Bean ( <i>Phaseolus Vulgaris</i> ) (D: 43; AALim: SAA)	75
Arvejas Verdes Partidas/Split Green Peas ( <i>Pisum Sativum</i> ) (D: 47; AALim:	85

SAA)	
Porotos Negros/Black Bean (Canada) ( <i>P. Vulgaris</i> ) (D: 47; AALim: SAA)	66
Lenteja Rojas/Red Lentils ( <i>Lens Culinaris</i> ) (D: 50; AALim: SAA)	81
Porotos Rojos/Red Kidney Beans ( <i>P. Vulgaris</i> ) (Canada) (D: 51; AALim: SAA)	66
Lenteja/Lentils ( <i>Lens Culinaris</i> ) (D: 56; AALim: SAA)	70
Harina Porotos blancos/White Beans Flour ( <i>P. Vulgaris L.</i> ) (D: 57; AALim: SAA)	59
Lenteja Verde Enteras/Whole Green Lentils ( <i>Lens Culinaris</i> ) (D: 58; AALim: SAA)	82
Porotos Pintos/Pinto Beans ( <i>Phaseolus Vulgaris</i> ) (D: 60; AALim: SAA)	68
Porotos Blancos/Navy Beans (Canada) ( <i>P. Vulgaris</i> ) (D: 65; AALim: SAA)	69
Garbanzos/Chickpeas ( <i>Cicer Arietinum L.</i> ) Crudo (Canada) (D: 68; AALim: SAA)	72
Garbanzos/Chickpeas ( <i>Cicer Arietinum L.</i> ) Crudo (D: 71; AALim: SAA)	75
Arvejas Amarillas/Slip Yellow Peas ( <i>Pisum Sativum</i> ) (D: 73; AALim: SAA)	75
Soja Harina/Soy Flour ( <i>Glycine Max</i> ) (Arg) (D: 89; AALim: SAA)	83
Soja Harina/Soy Flour ( <i>Glycine Max</i> ) (USDA) (D: 101; AALim: SAA)	77

Dos o más proteínas deficientes en aai pueden ser combinadas de forma tal que la deficiencia de uno o más aminoácidos esenciales pueda ser compensada por los de otra proteína. Cuando existe complementación, la mezcla de las proteínas complementarias proporcionan los aminoácidos esenciales con una mayor adecuación respecto de las necesidades del individuo que las consume, logrando un balance equilibrado de aminoácidos lo que permite que se usen más eficientemente. Se puede observar que la mayoría de los valores de DIAAS aumentan para las mezclas, lo cual significa que existe una buena complementación de sus aminoácidos indispensables en la proporción utilizada. En cambio se puede observar que para el caso de las proteínas de soja no existe una buena complementación en la proporción estudiada. El



aminoácido limitante es el aminoácido que está deficiente y es el que determina la eficiencia de la utilización de la proteína. En general se observa que los cereales tienen bajo contenido de lisina (LYS) mientras que las leguminosas tienen bajo contenido de aminoácidos azufrados (SAA). Cuando se realizó mezclas de harinas de trigo o quínoa con garbanzos y porotos, cuyas puntuaciones individuales eran de 35 a 73% se encontró que los valores de DIAAS aumentaron (59 a 85%). Esto hace posible su complementación para lo cual se requiere el cálculo de las proporciones adecuadas de proteínas de cada componente de la mezcla.

Las mezclas de leguminosas con cereales pueden mejorar los valores de DIAAS, dependiendo de las proporciones y variedades usadas. Las legumbres se consumen en todo el planeta, empleándose en guisos, harinas, purés, guarniciones, aperitivos o postres. Son una fuente rica de proteínas y aminoácidos esenciales que sirve de complemento perfecto a los cereales. Sin embargo, muchas de estas semillas deben procesarse antes de ser incorporadas en la dieta humana. Varios informes entre los que figura los de van Boekel (2010) indican que los métodos de procesamiento como la cocción húmeda, la fermentación, la germinación y el malteado mejoran la digestibilidad y biodisponibilidad de los nutrientes y la palatabilidad, el aroma la textura y el sabor. Las legumbres se consumen de muchas maneras y en muchos tipos de comida según la cultura de cada país. En algunas regiones asiáticas, los garbanzos hervidos, los frijoles mungo y las habas de Lima son un alimento común para el desayuno o como tentempié. Se pueden añadir las legumbres a sopas, ensaladas y salsas para pasta. En algunas partes de Italia, los frijoles hervidos y el atún constituyen un segundo plato habitual. Desde los seis meses de edad, las legumbres hervidas pueden agregarse a alimentos preparados para niños de corta edad, volviéndolos sabrosos y nutritivos. La Tabla 3 muestra las puntuaciones de los aai en algunas leguminosas sometidas a diferentes métodos de cocción.

Tabla 3. Puntuación de aminoácidos indispensables digeribles (DIAAS) en alimentos sometidos a diversos procesamientos para realizar mezclas y aplicar en recetas.

ALIMENTO VARIEDAD/ORIGEN/TIPO	DIAAS %
Bean/Haba/Frijol ( <i>Vicia Faba</i> ) Cocidas	55
Bean/Haba/Frijol ( <i>Vicia Faba</i> ) Extruidas	52
Bean/Haba/Frijol ( <i>Vicia Faba</i> ) Horneadas	62
Garbanzos/Chickpeas ( <i>Cicer Arietinum</i> L.) Hervido	70
Garbanzos/Chickpeas ( <i>Cicer Arietinum</i> L.) Autoclavado	75
Garbanzos/Chickpeas ( <i>Cicer Arietinum</i> L.) Microonda	71
Porotos Blancos/Navy Beans (Canada) ( <i>P. Vulgaris</i> ) Extruido	54
Porotos Blancos/Navy Beans (Canada) ( <i>P. Vulgaris</i> ) Horneado	49
Porotos Blancos/Navy Beans (Canada) ( <i>P. Vulgaris</i> ) Cocidos	54
Harina de Lenteja/Lentil Flours ( <i>Lens Culinaris</i> ) Cocida	53
Lenteja/Lentils Flour ( <i>Lens Culinaris</i> ) Horno	50

En general se observa que cuando las legumbres están extruidas tienen mejor puntuación respecto a la harina de la semilla cruda o a la cual se le aplicó algún método de cocción. Algunas excepciones son los porotos blancos Navy extruidos que obtuvieron menor puntuación DIAAS. También presentaron un valor de DIAAS bajo las harinas de lentejas cocidas (54%), horneadas (49%) respecto al valor de DIAAS de estas harinas de lentejas (56%) sin cocción. Mientras que las harinas de habas independientemente del método de cocción o procesamiento aplicado aumentaron su DIAAS. Estos resultados indican que es necesaria una buena selección de la variedad, origen y procesamiento para que la combinación de los alimentos sea eficiente en su aprovechamiento de las proteínas. Contar con toda esta información, brinda la posibilidad de seleccionar el mejor procedimiento para procesar las legumbres para de esta manera preservar y/o mejorar la calidad de su proteína. Las legumbres pueden generar distintos desafíos a la hora de plantear nuevos alimentos o pautas de nutrición. La formulación de mezclas de cereales y leguminosas permite obtener un mejoramiento del balance amino ácido

y se traduce en un valor superior en la calidad de la proteína comparado con la de cada uno por separado. Si estas mezclas se consumen en cantidades suficientes, cubrirán las necesidades de energía y de proteína, pudiendo ser utilizadas en la alimentación de poblaciones de bajos recursos, así como en personas con riesgo nutricionales. Por lo tanto, se realizaron formulaciones con mezclas de harinas de trigo y diferentes proporciones de harinas de legumbres. Se determinó la mezcla óptima mediante el empleo del software. Se elaboraron panes artesanales con las mezclas de harina de trigo y harina de porotos optima con la que se obtuvo una masa panificable y que le aporte valor nutricional a los mismos. Mediante el agregado de sales calcio se logró una reducción del contenido de sodio. El contenido de proteínas de los panes comunes sin legumbres fue de 9% mientras que el contenido proteico de los panes con agregados de legumbres varió de 11 al 14%, dependiendo del tipo de poroto utilizado. En Tabla 4 muestra los DIAAS obtenidos en panes artesanales reducidos en sodio elaborados con mezclas de harinas de legumbres y de trigo comercial en proporción óptima.

Tabla 4. Combinación de 20/80 de proteínas de leguminosas con harina de trigo comercial. D: DIAAS = Puntuación de aminoácidos indispensables digeribles. AALim: aminoácido limitante. Lys: lisina; SAA: aminoácidos azufrados (Metionina + cisteína).

ALIMENTO VARIEDAD/ORIGEN/TIPO	TRIGO (D:47; AALim: Lys) DIAAS %
Poroto Pinto/Pinto Beans ( <i>P. Vulgaris</i> ) (Proteína: 22,68; D: 60; AALim: SAA)	61
Poroto Blanco/White Beans ( <i>P. Vulgaris</i> ) (Proteína: 27,29; D: 65; AALim: SAA)	66
Poroto Negro/Black Beans ( <i>P. Vulgaris</i> ) (Proteína: 29,81; D: 47; AALim: SAA)	61

#### 4 CONCLUSIONES

La importancia de este trabajo radica en mostrar que la biodiversidad de las leguminosas influye en su valor nutricional y debe ser cuidadosamente considerada en la selección de variedades para la

complementación con otras harinas. De igual manera, es necesaria una buena selección del origen y procesamiento de las variedades de legumbres para que la combinación de las mismas sea eficiente en su aprovechamiento de proteínas. El estudio de las mezclas se facilita utilizando el software MixProtLUNA.1-2013, el cual es una herramienta útil de fácil manejo.

#### 5 REFERENCIAS

- Accoroni, C. Informe: Cadena de legumbres 2012. <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cadena-de-las-legumbres.pdf> City: Boletín infoINTA Santa Fe Sur.07.10.2019
- Bassett, M.N., M.A. Giménez, D. Romaguera and N. Sammán, Nutritional status and food intake of populations from high altitude regions of the Northwest of Argentina. Arch Latinoam Nutr, 63(2), 114-24.2013.
- Bassett, M.N., L.M. Espejo and N.C. Sammán, Estudio de la calidad de diferentes mezclas de harinas proteicas aplicando el software MixProtLUNA. *Investigaciones y avances en nutrición y salud: trabajos completos del V CICYTAC 2014*. Bustos et al., Editores. Córdoba; Argentina, 2015.
- Britos, S. et al., *Hacia una alimentación saludable en la mesa de los argentinos*, Orientación Grafica Editora, Buenos Aires: Argentina. 2012.
- Cerezal Mezquita, P., A. Carrasco Verdejo, K. Pinto Tapia, N. Romero Palacios and R. Arcos Zavala, Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años: Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *Interciencia*, 32(12), 857-864, 2007.
- Cutullé, B., V. Berruti, F. Campagna, M.B. Colombaroni, M.S. Robidarte, A. Wiedemann, and M. Vázquez, Desarrollo y evaluación sensorial de galletitas de jengibre con sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz y lenteja (Gallentinas), *Diaeta*, 30(138), 25-31, 2012.
- De Bernardi, L.A., Legumbres Argentinas (Análisis FODA). Ministerio de Agroindustrias. [https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss\\_mercados\\_agropecuarios/areas/regionales/\\_archivos/000030\\_Informes/000040\\_Legumbres/00008\\_FODA%20de%20Legumbres%202017-18.pdf](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/regionales/_archivos/000030_Informes/000040_Legumbres/00008_FODA%20de%20Legumbres%202017-18.pdf). 3.10.2019.

- FAO, *Dietary Protein Quality Evaluation in Human Nutrition Report of an FAO Expert Consultation; Food and Nutrition Paper No. 92*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia, 2013.
- FAO, Legumbres: Semillas nutritivas para un futuro sostenible 2016. Food and Agriculture Organization.  
<http://www.fao.org/documents/card/es/c/2255c9fc-a643-42e4-b116-3b190ebb3f92/03.10.2019>
- FAO, *Protein quality evaluation: report of a joint FAO/WHO Expert Consultation*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1991.
- Jacobsen, S.E., M Sørensen, S.M. Pedersen and M. Weiner, Feeding the world: genetically modified crops versus agricultural biodiversity. *Agronomy for sustainable development*, 33(4), 651-662, 2013.
- López, L. B. and M.M. Suárez, *Fundamentos de nutrición normal*. El Ateneo, 2002.
- Mir, N.A., C.S. Riar and S. Singh, Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review, *Trends in food science & technology*, 75, 170-180, 2018.
- O'Connor, E. Informes de cadenas de Valor. Legumbres 2016. Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas.  
[https://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/SSPE\\_Cadenas\\_de\\_valor\\_Legumbres.pdf](https://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/SSPE_Cadenas_de_valor_Legumbres.pdf)  
4.10.2019.
- Pagano, A.E., Whole grains and the gluten-free diet, *Practical Gastroenterology*, 30(10), 66, 2006.
- Rosenkjaer, M. Importancia para la Argentina y el mundo, 2016. INTA: Santa Fe; Argentina.  
<http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-jornada-legumbres.2016-ano-internacional-legumbres.importancia-para-argentina-y-el-mundo.rosenkjaer.pdf>. 03.10.2019
- van Boekel, M., V. Fogliano, N. Pellegrini, C. Stanton, G. Scholz, S. Lalljie, ... and G. Eisenbrand, A review on the beneficial aspects of food processing, *Molecular Nutrition & Food Research*, 54(9), 1215-1247, 2010.
- U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. FoodData Central, 2019.  
<https://fdc.nal.usda.gov>. 3.10.2019.

## 6 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue subsidiado por CONICET y SECTER, Universidad Nacional de Jujuy (Argentina), y el Proyecto Ia ValSe-Food-CYTED (Ref. 119RT0567).