



CIENCIAS AGRARIAS Y DE LA PESCA

Germinados de leguminosas temporales, una alternativa para la alimentación animal

ENTIDAD EJECUTORA PRINCIPAL: Instituto de Ciencia Animal (ICA)

Otras entidades participantes: Instituto de Investigación de Ciencias de la Alimentación (CIAL), Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid (UAM); Centro de Histoterapia Placentaria, Cuba

Entidad colaboradora: Centro para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB)

AUTORES PRINCIPALES: María Felicia Díaz Sánchez¹, María Ángeles Martín-Cabrejas², Madeleidy Martínez Pérez¹, Lourdes L. Savón Valdés¹, Yolanda Aguilera², Vanesa Benítez²

Otros autores: Verena Torres Cárdenas¹, Gabriel Coto Valdés³, Acela González Conde¹, Mariela Sarmiento Menéndez¹, Yasmila Hernández Herrera¹

Filiación: ¹Instituto de Ciencia Animal (ICA); ²Instituto de Investigación de Ciencias de la Alimentación (CIAL), Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid (UAM); ³Centro de Histoterapia Placentaria, Cuba.

Colaboradores: Dr. C. Esperanza Mollá, Instituto de Investigación de Ciencias de la Alimentación (CIAL), Universidad Autónoma de Madrid; Dr. C. Rosa M. Esteban, Instituto de Investigación de Ciencias de la Alimentación (CIAL), Universidad Autónoma de Madrid; Lic. Tania Jiménez Calvo, Instituto de Investigación de Ciencias de la Alimentación (CIAL), Universidad Autónoma de Madrid; Lic. Sara Cantera Ruiz de Pellón, Instituto de Investigación de Ciencias de la Alimentación (CIAL), Universidad Autónoma de Madrid; Dr. C. Bárbara González, Centro para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB); Dr. C. Cándida Forte, Centro para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB); Dr. C. Tomás E. Ruiz Vázquez, Instituto de Ciencia Animal; Dr. C. Daiky Valenciaga Gutiérrez, Instituto de Ciencia Animal; Dr. C. José A. Díaz Untoria, Instituto de Ciencia Animal; Ing. Maritza Gutiérrez González, Instituto de Ciencia Animal; Téc. María V. Hernández Piñeiro, Instituto de Ciencia Animal

RESUMEN

Palabras clave

leguminosas; germinados; caracterización química; evaluación nutricional.

El empleo de procesos biológicos, como la germinación, que logren reducir el contenido de factores antinutricionales (FAN) y mejorar el valor nutritivo de los granos de leguminosas de producción nacional puede constituir una opción de producción de alimento animal para los pequeños productores, la agricultura familiar y de traspatio. Los resultados que se presentan en esta propuesta están relacionados con la obtención, caracterización química y evaluación nutricional de germinados de leguminosas temporales como alternativa para la alimentación animal. Para ello se trabajó en la optimización del proceso de germinación en *Vigna unguiculata* (vigna) var. INIFAT 94, *Canavalia ensiformis* (canavalia) var. Blanco, *Lablab purpureus* (dólico) var. Rongai, *Glicine max* (soya) var. IN-CASOY 24 y *Mucuna pruriens* (mucuna) var. Cenizo. Se estudiaron las transformaciones que ocurren durante la germinación en las características físicas, composición química,

perfil de aminoácidos y contenido de (FAN), lo que constituyó un aporte al conocimiento científico. Además, se determinó el efecto bioquímico y fisiológico que ocasiona el consumo de harinas de granos sin germinar y germinados utilizando ratas como modelo experimental y pollos de engorde como especie de interés económico. El proceso de germinación empleado resultó un método efectivo y prometedor para las leguminosas estudiadas al incrementar la calidad nutricional, reducir los factores antinutricionales, aumentar los compuestos fenólicos bioactivos y la actividad antioxidante, lo que demuestra sus potencialidades para la alimentación animal y como posible ingrediente para la formulación de alimentos humanos de alto valor agregado. Los estudios nutricionales de los granos germinados en aves con niveles de inclusión en la ración de 20 % de vigna, 30 % de soya y 10 % de canavalia y mucuna mostraron cambios favorables en la fisiología digestiva e indicadores de salud de los animales, y en el caso específico de canavalia se evidenció mejora en la respuesta inmunitaria. El procedimiento y la secuencia experimental utilizados en este estudio aportan una metodología de selección, obtención, caracterización y evaluación de germinados que puede aplicarse a otras especies y variedades de leguminosas con posibilidades de uso en la alimentación animal. Se generaron 14 publicaciones periódicas, 11 de ellas en revistas de impacto (Grupo I), 31 publicaciones no periódicas (4 capítulos de libros), 24 trabajos en eventos científicos, 3 metodologías, 13 trabajos en foros de ciencia y técnica, con premios a diferentes niveles, 2 premios CITMA provincial y MINAG nacional, así como 4 actividades de formación profesional. Además, se recibieron 13 avalas de prestigiosas instituciones internacionales y 16 nacionales.

En los últimos años Cuba invierte anualmente 257 y 266 millones de dólares estadounidenses en maíz y soya, respectivamente, lo que representa el 95 % del alimento animal que se importa para satisfacer la demanda de la ganadería, con prioridad para el sector avícola y el porcino (AEC, 2017). No obstante, no se cubre toda la demanda de alimento animal y se requiere de producciones nacionales de granos y fuentes alternativas de alimento animal.

Estudios previos indicaron el importante potencial agroeconómico y nutricional de las leguminosas temporales como fuente de alimento y se llegó a obtener tecnologías de producción de granos y forrajes (Díaz *et al.*, 2001). Sin embargo, la presencia de compuestos tóxicos o antinutricionales (FAN) en estas leguminosas afecta la disponibilidad y utilización de los nutrientes, sobre todo en especies monogástricas (Emiola *et al.*, 2007 y Jezierny *et al.*, 2010).

En este contexto, el empleo de procesos biológicos, como la germinación, que logren reducir el contenido de FAN, mejorar el valor nutritivo de los granos y aportar compuestos bioactivos (Quinhone e Ida 2015, Mohsin y Abid 2017 y Quintero *et al.* 2018) puede constituir una opción de producción de alimento animal para los pequeños productores, la agricultura familiar y de traspatio. En consecuencia, se condujeron investigaciones con el objetivo de mejorar, a través de la germinación, el valor nutritivo de leguminosas temporales como alternativa para la alimentación animal en Cuba. Para cumplir el objetivo propuesto se desarrollaron tres etapas de investigación:

- Obtención y caracterización físicoquímica de germinados de leguminosas
- Efecto de la germinación en el contenido de factores antinutricionales y actividad antioxidante de los granos de leguminosas
- Evaluación biológica de granos germinados y sin germinar utilizando ratas como modelo experimental y pollos de ceba como especie de interés económico

Obtención y caracterización físicoquímica de germinados de leguminosas

Se realizaron a través de 21 experimentos los estudios correspondientes a la optimización del proceso de germinación en 5 especies de leguminosas: *Vigna unguiculata* (vigna) var. INIFAT 94, *Canavalia ensiformis* (canavalia) var. Blanco, *Lablab purpureus* (dólico) var. Rongai, *Glicine max* (soya) var. INCAS-OY 24 y *Mucuna pruriens* (mucuna) var. Cenizo. En cada una de las especies se germinaron los granos de leguminosas por un período de 96 a 120 h, en diferentes condiciones de iluminación: intervalos de iluminación de 12 h, iluminación total y oscuridad total.

Los resultados alcanzados constituyen los primeros estudios de obtención y caracterización de germinados de leguminosas temporales bajo las condiciones de Cuba. Se logró una metodología de germinación de sus granos que produce cambios favorables en sus propiedades físicoquímicas, mejora la calidad de los productos resultantes y aumenta su

funcionalidad, lo que la convierte en una opción accesible y económica para pequeños y medianos productores (Díaz *et al.*, 2004, 2007, 2009).

Se demostró que las transformaciones físicas y químicas que se producen durante la germinación dependen tanto de la especie de leguminosa como de las condiciones en que ocurre el proceso germinativo. En todas las especies evaluadas, con el avance del proceso de germinación, se incrementó el peso de los granos germinados, la longitud de la radícula y el porcentaje de germinación, lo que dio lugar a cambios en la composición química resultante de los granos germinados (Díaz *et al.*, 2017).

Composición química

En vigna las tres variantes de germinación incrementaron los contenidos de proteína y fibra con el avance del proceso germinativo. Los resultados más significativos se encontraron en condiciones de oscuridad total donde la proteína bruta (PB) aumentó en un 25 % con respecto a vigna sin germinar, y la proteína verdadera (PV) y la fibra detergente neutra (FDN) en 54 % y 57 %, respectivamente. En dólido la variante de oscuridad total coincidió en presentar las concentraciones superiores con respecto al grano sin germinar de PB (13 %), PV (8 %) y FDN y fibra detergente ácido (FDA) (7 %). En canavalia las tres variantes incrementaron la PB del 10 al 11 % con respecto al control sin germinar, y la variante de iluminación total

superó en un 31 % la PV, mientras que la FDN disminuyó en el 8 %. En mucuna con intervalos de iluminación e iluminación total aumentaron los indicadores proteicos y fibrosos, sobresaliendo esta última variante con valores superiores al control sin germinar en PB (24,7 %), PV (39,12 %) y FDN (32,13 %). En soya se produjeron variaciones en la PB de hasta el 15,8 % de incremento, con relación al control sin germinar, y en celulosa de hasta el 48 % de disminución con relación al control (Díaz *et al.*, 2017).

Mediante la aplicación de análisis de componentes principales se determinaron los indicadores con mayor contribución a la variabilidad durante el proceso de germinación (% MS, desarrollo radicular, Ceniza, FDA, LIG, FDN, CEL y PV), por especies y variantes de germinación estudiadas. La aplicación del modelo estadístico de medición de impacto (Torres *et al.*, 2013) permitió agrupar los 15 nuevos productos o variantes de alimentos obtenidos, a través de los procesos de germinación, en cuatro grupos (Díaz *et al.*, 2017 y 2019) (tabla).

Aminoácidos

Constituyen las primeras determinaciones del contenido de aminoácidos de germinados en estas leguminosas. Se encontró buen balance aminoacídico con concentraciones de aminoácidos esenciales aceptables que variaron en dependencia de la especie y la variante de germinación empleada. En soya se produjeron incrementos importantes de cisteína y

Tabla.

Composición fisicoquímica de los grupos obtenidos por análisis multivariado

Indicadores (%)	Grupo I		Grupo II		Grupo III	Grupo IV	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	Media	D.E.
MS	32,57	4,50	37,21	8,39	47,07	27,73	1,93
Germinación	99,07	0,97	84,66	11,62	54,09	95,09	1,83
Radícula (cm)	5,82	0,64	4,73	1,37	2,59	8,37	2,40
Ceniza	3,76	0,23	4,39	0,63	3,36	6,84	0,09
PB	35,70	0,91	26,89	2,30	29,21	46,57	1,51
PV	28,15	1,86	21,84	2,53	27,48	36,39	1,96
FND	29,31	4,05	27,76	4,93	23,26	23,31	1,82
FAD	13,29	0,42	13,18	2,69	10,41	16,01	0,43
Lignina	2,08	0,49	1,84	1,19	1,87	4,70	0,59
Celulosa	10,98	0,30	11,18	2,48	8,29	8,60	0,77
Ca	0,43	0,11	0,37	0,11	0,42	0,58	0,04
P	0,32	0,07	0,36	0,10	0,34	0,22	0,01
Mg	0,29	0,13	0,38	0,13	0,46	0,39	0,05

Grupo I, canavalia con sus tres variantes de germinación y vigna oscuridad total; Grupo II, dólido con sus tres variantes, mucuna oscuridad total e intervalos de iluminación, vigna iluminación total e intervalos de iluminación; Grupo III, mucuna iluminación total; Grupo IV, soya con sus tres variantes

arginina, en vigna de ácido aspártico, en canavalia de arginina, en dólido de cisteína, valina, metionina, leucina, tirosina, lisina, histidina, fenilalanina y arginina y en mucuna de metionina (Díaz *et al.*, 2013 y 2019).

Fibra dietética

Se informa el contenido de fibra dietética total (FT), soluble (FS) e insoluble (FI) y la proteína unida a estas fracciones en las leguminosas estudiadas, germinadas y sin germinar. Los niveles de FT en los granos sin germinar se encontraron entre 312 g/kg MS (vigna) y 457 g/kg MS (soya). El contenido de FI representa del 93 al 97 % de la FT de los genotipos evaluados (Martín-Cabrejas *et al.*, 2007).

La germinación incrementó la FT del 6 % (mucuna) al 14 % (vigna), excepto en soya que decrece en el 10 % como consecuencia de la disminución en la FI. Se evidenció que un porcentaje significativo de la proteína aún permanece unido a la fibra total, el cual representa entre el 23 y el 43 % de la proteína total y aproximadamente el 90 % se encuentra asociado a la fracción insoluble (Martín-Cabrejas *et al.*, 2007).

Se halló que la germinación con intervalos de iluminación mejora la relación FI/FS e incrementa el contenido de azúcares totales, principalmente en la fracción de FI, debido a la liberación de azúcares celulósicos, y cómo estos cambios en la FT varían las propiedades físicas y químicas. Tras la germinación se mejoró la capacidad de retención de aceite, la capacidad de retención y absorción de agua y la capacidad gelificante, como consecuencia del incremento de la fracción de fibra dietética y del porcentaje de almidón disponible. Sin embargo, las capacidades emulsionante y espumante decrecen debido a la hidrólisis de las proteínas durante la germinación (Benítez *et al.*, 2013).

Carbohidratos solubles

Se contribuyó al conocimiento del contenido de carbohidratos solubles en estas leguminosas germinadas y sin germinar. Los resultados mostraron que los granos sin germinar difieren en la cantidad de azúcares totales desde 38,4 g/kg de MS (dólido) a 63,7 g/kg de MS (mucuna) y en contenido de oligosacáridos derivados de la galactosa (GOS) de 21,7 g/kg de MS (mucuna) a 36,6 g/kg de MS (vigna) (Martín-Cabrejas *et al.*, 2007). El perfil de oligosacáridos varió con la especie en estudio. El proceso de germinación incrementó el total de azúcares solubles del 20 al 61 % y redujo el contenido de GOS del 98 al 63 %. Estos resultados son superiores a las reducciones de GOS obtenidas por remojo, cocción y comparables a los procesos fermentativos o a la adición de enzimas exógenas (Díaz *et al.*, 2019).

Almidón

Se estudió la cantidad de almidón total (AT), disponible (AD) y resistente (AR) en las leguminosas germinadas y sin germinar. El contenido de AT de las leguminosas sin germinar osciló de 264,4 a 463,1 mg/g de MS. El AD representó entre el 81 y el 90 % del AT. Tras la germinación se redujo del 12 al 42 % el contenido de AT. Sin embargo, el contenido de almidón disponible aumentó con respecto a las leguminosas no germinadas, representando entre el 86 y el 95 % del AT. Los resultados obtenidos constituyen un aporte, ya que demostraron las ventajas del proceso de germinación, al mejorar la disponibilidad del almidón, de manera que si se requiere como fuente de energía puede ser una opción para la alimentación animal (Benítez *et al.*, 2013 y Díaz *et al.*, 2017).

Efecto de la germinación en el contenido de factores antinutricionales y actividad antioxidante de los granos de leguminosas

Inhibidores de proteasas

Las leguminosas estudiadas muestran importantes contenidos de inhibidores enzimáticos que varían dependiendo de la especie (Aguilera *et al.*, 2013). Los niveles de inhibidores de tripsina y quimotripsinas en los granos sin germinar oscilaron entre 1,42 y 6,87 mg/g MS y 0,67 a 1,62 mg/g MS, respectivamente. La germinación redujo el contenido de inhibidores de tripsina en dólido (53 %) y canavalia (76 %), mientras en vigna se incrementó en el 61 %. En los inhibidores de quimotripsina, las reducciones fueron significativas en mucuna (58 %) y dólido (36 %).

Lectinas

Se encontró actividad hemaglutinante sin previo tratamiento de las células de la sangre con tripsina, en canavalia (5,1 g de lectinas/kg MS) y la germinación logró reducir los niveles de lectina en el 50 %. El resto de las leguminosas no mostraron actividad hemaglutinante, en este primer ensayo, por ello se trabajó con células de ratas tripsinizadas y se encontró actividad en dólido de 10,2 g de lectinas/kg MS y el proceso de germinación disminuyó los niveles en el 75,5 % (Aguilera *et al.*, 2013).

Ácido fítico

El contenido de inositoles fosfatos totales (IFT) no presentó grandes diferencias entre las especies evaluadas, excepto en canavalia. Vigna, dólido y mucuna poseen las mayores concentraciones de ácido fítico (~8,4 mg/g MS). El inositol

fosfato más abundante fue el IP6 que constituye aproximadamente el 78 % del contenido de IFT y varió del 74 % en mucuna y dólido hasta el 82 % en vigna y canavalia. La germinación redujo del 6 al 18 % el contenido de IFT, siendo más relevante en vigna, y el contenido de IP6 decreció del 18 al 37 % (Aguilera *et al.*, 2013).

Compuestos fenólicos

En los granos sin germinar el contenido de polifenoles totales varió de 0,72 mg/g MS en dólido a 37,36 mg/g MS en mucuna, mientras que el menor valor de catequinas se encontró en canavalia (0,02 mg/g MS) y los mayores en vigna (0,10 mg/g MS). Con relación a las proantocianidinas canavalia, mucuna y dólido presentaron valores similares y vigna alcanzó el mayor contenido (0,50 mg/g MS). El proceso de germinación incrementó los contenidos de polifenoles totales y catequinas en todas las leguminosas, excepto en vigna, y las proantocianidinas solo se incrementaron en canavalia y mucuna.

Capacidad antioxidante

El proceso de germinación modificó la actividad antioxidante dependiendo de la especie, al igual que con el contenido de compuestos fenólicos. Por esta razón se llevó a cabo un análisis de la correlación entre ambos, constituyendo los primeros estudios de este tipo en estas leguminosas (Aguilera *et al.*, 2013). De forma general, las muestras con mayor contenido fenólico presentaron mayor capacidad antioxidante (79,6 de $\mu\text{mol Trolox/g}$ de MS en mucuna) con alto coeficiente de correlación ($r = 0,96$).

Evaluación biológica de granos germinados y sin germinar utilizando ratas como modelo experimental y pollos de ceba como especie de interés económico

Evaluación biológica de granos germinados y sin germinar utilizando la rata como modelo experimental

Se trabajó con vigna y dólido por ser dos especies de composición química diferentes, cuyos productos resultantes del proceso de germinación forman parte de los grupos I y II, que son los más representativos (tabla). Los resultados alcanzados contribuyen al conocimiento de los cambios que se producen en la fisiología digestiva, metabolismo proteico, morfometría y morfología de órganos del tracto digestivo, órganos accesorios, timo y tiroides, así como en la hematología y bioquímica sanguínea de ratas experimentales que consu-

men granos no germinados y germinados de leguminosas temporales. Se aporta una metodología para la evaluación biológica de harina de granos germinados de leguminosas temporales en base a su impacto en el metabolismo proteico y la fisiología digestiva de la rata como modelo animal (Savón *et al.*, 2017).

Evaluación biológica de granos germinados y sin germinar en pollos de ceba

Se trabajó con pollos de ceba por ser una especie de ciclo biológico corto que demanda de alimentos de alto valor nutritivo y permite la obtención de resultados en corto tiempo. Se realizaron diferentes experimentos para determinar el efecto de las harinas de granos sin germinar y germinadas en el valor nutritivo y fisiología digestiva de los animales, cuando se incluye en las dietas un 30 % de soya, 20 % de vigna y 10 % de mucuna y canavalia, en diferentes experimentos, sustituyendo la torta de soya importada de la dieta control. Todas las dietas fueron isoproteicas e isoenergéticas (Martínez *et al.*, 2013 y 2016).

Con soya, la retención fecal aparente del nitrógeno disminuyó en los pollos que consumieron granos de soya sin germinar con respecto al control, que no difirió de los que lo hicieron con el germinado. La retención aparente de la materia orgánica (MO) fue superior en el grupo control y en el que se sustituyó la leguminosa germinada con respecto a la no germinada (64,14 y 65,23 *versus* 60,86 %). Se observó disminución del peso vivo (PV) con la inclusión de las harinas de granos sin germinar en la ración. El tracto gastrointestinal (TGI) completo lleno fue mayor con la inclusión de soya germinada y sin germinar respecto al control y vacío solo, lo ocurrió con la leguminosa sin germinar. El intestino delgado lleno incrementó con la inclusión del grano sin germinar; sin embargo, vacío lo hizo con la soya germinada y cruda con respecto al control. Se observó un aumento del peso relativo del páncreas con la inclusión de granos de soya sin germinar en comparación con el resto de los tratamientos (4,92 *versus* 3,14 y 3,62 g/kg PV).

Con vigna, las retenciones aparente de la MS y la MO no difirieron entre los tres tratamientos. Sin embargo, la retención del nitrógeno en los pollos que consumieron granos de vigna sin germinar fue menor en relación con el resto de los tratamientos, los cuales no difirieron entre sí (47,13 *versus* 56,07 y 57,71 %). No se observaron diferencias entre tratamientos en el peso vivo y en las diferentes secciones llenas del TGI. El peso relativo del intestino delgado vacío, así como su longitud, se incrementaron con la inclusión del grano sin germinar en relación con el resto de los tratamientos. Se observó un

aumento del peso del hígado y el páncreas con la inclusión de granos de vigna sin germinar en comparación con el resto de los tratamientos (29,77 versus 26,60 y 27,06 g/kg PV y 3,23 versus 2,35 y 2,67 g/kg PV, respectivamente).

Con mucuna, a los indicadores morfométricos del TGI se les determinó la correlación de Pearson y luego un análisis multivariado por el método de componentes principales. La producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) totales en el ciego fue menor con la inclusión de harina de granos sin germinar en comparación con el resto de los tratamientos, los que no difirieron entre sí (176,44 versus 208,30 y 211,20 meq/L). No se observaron diferencias en los órganos inmunológicos, en los indicadores sanguíneos y en los principales componentes de las canales y peso vivo (Martínez et al., 2016).

Con canavalia, la retención fecal aparente de la MS no difirió entre tratamientos. Sin embargo, la retención fecal aparente del nitrógeno en los pollos que consumieron harina de granos sin germinar fue menor que para la harina de granos germinados (46,91 versus 69,29 %, respectivamente). El peso relativo del páncreas aumentó en los animales que consumieron la harina de granos sin germinar en relación con el resto de los tratamientos (2,37, 2,38 versus 2,86 g/kg PV). El peso de la bolsa de Fabricio disminuyó con respecto al control en los pollos que consumieron granos de canavalia germinada. El peso del timo fue superior en el grupo control y en el de la leguminosa germinada con respecto al control (4,71 y 3,23 versus 2,48 g/kg PV) (Díaz et al., 2017).

El proceso de germinación empleado resultó un método efectivo y prometedor para las leguminosas estudiadas al incrementar la calidad nutricional, reducir los factores antinutricionales, aumentar los compuestos fenólicos bioactivos y la actividad antioxidante, lo que demuestra sus potencialidades para la alimentación animal y como posible ingrediente para la formulación de alimentos humanos de alto valor agregado.

Los estudios nutricionales de los granos germinados realizados en aves mediante niveles de inclusión en la ración de un 20 % de vigna, 30 % de soya y 10 % de canavalia y mucuna mostraron cambios favorables en la fisiología digestiva e indicadores de salud de los animales, y en el caso específico de canavalia se evidenció una mejora en la respuesta inmunitaria. El procedimiento y la secuencia experimental utilizados en este estudio aportan una metodología de selección, obtención, caracterización y evaluación de germinados que puede aplicarse a otras especies y variedades de leguminosas con posibilidades de uso en la alimentación animal.

Referencias bibliográficas

- AEC 2017. Anuario Estadístico de Cuba. Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). Edición 2017.
- Aguilera Y., M. F. Díaz, T. Jiménez, V. Benítez, T. Herrera, C. Cuadrado, M. Martín-Pedrosa & M. A. Martín-Cabrejas 2013. Changes in Non-nutritional Factors and Antioxidant Activity during germination of nonconventional legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61:8120-25.
- Benítez V., S. Cantera, Y. Aguilera, E. Mollá, R. M. Esteban, M. F. Díaz & M. A. Martín-Cabrejas 2013. Impact of germination on starch, dietary fiber and physicochemical properties in non-conventional legumes. *Food Research International*, 50(1):64-69.
- Díaz M. F., M. A. Martín-Cabrejas, A. González, V. Torres & A. Noda 2007. Biotransformation of *Vigna unguiculata* during the germination process. *Cuban Journal of Agricultural Science* 41(2):161.
- Díaz M. F., V. Torres, A. González, & A. Noda 2004. Biotransformations in the germination of *Vigna unguiculata*. *Cuban Journal of Agricultural Science* 38(1):87.
- Díaz M. F., G. Coto, M.A. Martín-Cabrejas, A. González. M. Sarmiento. V. Torres, A. Noda, Y. Aguilera & V. Benítez 2013. Efecto del proceso de germinación en la composición aminoacídica de leguminosas no convencional para la alimentación porcina. *INFOVET Especial No. 3*:36-40.
- Díaz M. F., M. Á. Martín-Cabrejas, G. Coto, A. González, V. Torres & A. Noda 2009. Germinados de Leguminosa. Una opción para la producción animal en Cuba. *Revista ACPA*, número 2: 54.
- Díaz M. F., M. Á. Martín-Cabrejas, M. Martínez, L. Savón, Y. Aguilera, V. Benítez, V. Torres, G. Coto, A. González, M. Sarmiento and Y. Hernández 2017. A temporary legume sprouts: An alternative for animal Feeding. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(3): 381-390.
- Díaz M.F., C. Padilla, L. Aguirre, E. Lon-Wo, M. Castro & D.M. Cino 2001. Utilización de las leguminosas como alternativa en la alimentación de animales monogástricos. Informe final de proyecto. PNCT N^o 008 "Producción de alimento animal por vías biotecnológicas". Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Díaz M.F., M. Martínez, L.L. Savón, V. Torres & G. Coto. 2019. Obtaining, chemically characterizing and nutritionally evaluating seasonal legume sprouts as feed alternative. Publicado en: Legumes: Nutritional Quality, Processing and Potential Health Benefits. Editado por María Ángeles Martín-Cabrejas. Royal Society of Chemistry. Cambridge CB4 0WF, UK, ISBN: 1788011619, 9781788011617. pp 350.
- Emiola I. A., A. D. Ologhobo & Gous R. M. 2007. Performance and histological responses of internal organs of broiler chickens fed raw, dehulled, and aqueous and dry-heated kidney bean meals. *Poultry Science*, 86: 1 234-1 240.
- Jezierny D., R. Mosenthin & Bauer. E. 2010. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition. *Animal Feed Sci. Technol.*, 157 (10): 111-128.
- Martín-Cabrejas, M. A., M. F. Díaz, Y. Aguilera, V. Benítez, E. Mollá & R. M. Esteban 2007. Influence of germination on the soluble carbohydrates and dietary fibre fractions in non-conventional legumes. *Food Chemistry* 107. 1045-1052.

- Martínez M., M. F. Díaz, Y. Hernández, M. Sarmiento & F. Sierra Dorigny 2016. Harina de granos de mucuna (*Mucuna pruriens*) germinados y sin germinar para pollos de ceba: efecto en indicadores fisiológicos. *CJAS*, 50.3: 443-440.
- Martínez M, M F Díaz, Y. Hernández, M. Sarmiento & F. Sierra 2013. Sustitución de pasta de soya comercial (*Glycine max*) por harina de frijol de soya germinada y sin germinar en dietas de pollos de engorde. *Livestock Research for Rural Development. Volume 25. Article #120*. Retrieved October 11. 2013. from <http://www.lrrd.org/lrrd25/7/mart25120.htm>.
- Mohsin, T. & A. Abid 2017. Effect of germination on enzymatic , functional and bioactive attributes of different Pakistani legume cultivars', *Journal of Food Measurement and Characterization*. Springer US, 11(4), pp. 2076–2086. doi: 10.1007/s11694-017-9591-5.
- Quinhone J. A. & E. I. Ida 2015. Profile of the contents of different forms of soybean isoflavones and the effect of germination time on these compounds and the physical parameters in soybean sprouts. *Food Chemistry* 166: 173-178.
- Quintero, M.F. N.G. Saracho, J. Chávez & J.A. López 2018. Phenolic profiles and their contribution to the antioxidant activity of selected chickpea genotypes from Mexico and ICRISAT collections. *Plant Foods for Human Nutrition* 73(1). DOI: 10.1007/s11130-018-0661-6.
- Savón L., V. Torres & M. F. Díaz 2017. Evaluación Biológica de harinas de granos germinados de leguminosas temporales. Registro CEN-DA con el No:3551-11-2017.
- Torres V., Cobo Cuña R., Sánchez L. & Ruez, N. 2013. Statistical tool for measuring the impact of milk production on the local development of a province in Cuba. *Livestock Research for Rural Development*. V. 25, Number 9, 2013.

AUTOR PARA LA CORRESPONDENCIA

Dr. C. María F. Díaz Sánchez. Carretera Central km 47 ½, CP 32700, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Correo electrónico: mdiaz@ica.co.cu