



Review [Revisión]

APORTACIONES DE LA FMVZ-UADY AL CONOCIMIENTO SOBRE LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS, AVES Y CONEJOS CON RECURSOS TRÓPICOS †

[CONTRIBUTIONS OF THE FMVZ-UADY TO THE KNOWLEDGE ON FEEDING PIGS, POULTRY AND RABBITS WITH TROPICAL RESOURCES]

L. Sarmiento-Franco, R. Santos-Ricalde*, C.A. Sandoval-Castro and J.F.J. Torres-Acosta

*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Merida-Xmatkuil. Km 15.5. Mérida. Yucatán, México. E-mails: luis.sarmiento@correo.uady.mx; *rsantos@correo.uady.mx; carlos.sandoval@correo.uady.mx; tacosta@correo.uady.mx*
*Corresponding author

SUMMARY

Background. In the Yucatan peninsula there are a large number of floristic resources that can be used in the feeding of monogastric in either intensive or alternative systems that also seek for animal welfare. **Objective.** To review the information that has been published in scientific journals about the research on monogastric feeding systems in the FMVZ-UADY. **Methodology.** A compilation was made of the published works on feeding systems of pigs, poultry and rabbits. Publications in scientific journals were considered, where researchers and students of the FMVZ-UADY participated. **Main findings.** Forty scientific articles were reviewed, of which 10 were about pigs, 26 about poultry and 4 about rabbits. **Implications.** The information that has been published in recent years has contributed to the knowledge about tropical floristic resources with nutritional potential for monogastric animals, which facilitate their incorporation into poultry, pig and rabbit production systems. **Conclusions.** The floristic resources available in the region have limitations for their use in monogastric animals due to their fiber content and anti-nutritional factors, however, in the FMVZ-UADY processes, treatments and feed management have been developed that allow their use at acceptable and safe levels, without affecting the productive behavior of the animals.

Keywords: Tropical floristic resources; nutrition; poultry; pigs; rabbits.

RESUMEN

Antecedentes. En la península de Yucatán existe una gran cantidad de recursos florísticos que pueden ser utilizados en la alimentación de monogástricos tanto en sistemas intensivos como en alternativos, que procuren además el bienestar animal. **Objetivo.** Revisar la información científica publicada, acerca de los sistemas de alimentación de monogástricos en la FMVZ-UADY. **Metodología.** Se hizo una recopilación de las publicaciones sobre sistemas de alimentación de cerdos, aves y conejos. Se consideraron publicaciones en revistas científicas, de trabajos donde participaron investigadores y estudiantes de la FMVZ-UADY. **Hallazgos principales.** Se revisaron 40 de artículos científicos, de los cuales 10 fueron sobre cerdos, 26 sobre aves y 4 sobre conejos. **Implicaciones.** La información que se ha publicado en los últimos años ha contribuido al conocimiento sobre el uso de los recursos florísticos tropicales con potencial alimenticio para los animales monogástricos, lo cual facilita su incorporación en los sistemas de producción de aves, cerdos y conejos. **Conclusiones.** Los recursos florísticos disponibles en la región tiene limitantes para su uso en animales monogástricos, debido a su contenido de fibra y factores antinutricionales, sin embargo, en la FMVZ-UADY se han desarrollado procesos, tratamientos y manejos alimenticios que permiten utilizarlos en niveles aceptables y seguros sin afectar el comportamiento productivo de los animales.

Palabras claves: Recursos florísticos tropicales; nutrición; aves; cerdos; conejos,

INTRODUCCIÓN

La investigación en el tema de nutrición y alimentación de monogástricos en la FMVZ-UADY inició a finales

de la década de los 80, sin embargo, en los últimos 10 años, las publicaciones científicas se incrementaron, quizá debido a la mayor experiencia y madurez del equipo de investigadores.

† Submitted February 15, 2021 – Accepted March 1, 2021. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.
ISSN: 1870-0462.

El principal paradigma sobre el cual se han desarrollado las líneas de investigación sobre nutrición y alimentación de monogástricos en la FMVZ-UADY es la “dependencia del extranjero de los insumos que se utilizan en la alimentación de los animales monogástricos y la búsqueda de recursos alternativos disponibles localmente para disminuir esa dependencia”. Dado que del 70 a 80% del costo de producción de carne y huevo corresponde al alimento, al no ser autosuficientes en los insumos para alimentar a los animales, se afecta la sustentabilidad de los sistemas de producción, siendo los más vulnerables aquellos que poseen los pequeños productores.

El trabajo de investigación que se ha realizado en la FMVZ-UADY sobre alimentación de monogástricos ha estado centrado principalmente en el estudio y evaluación de los recursos florísticos disponibles para la alimentación de dichos animales. Destacan los trabajos realizados para caracterizar nutricionalmente forrajes y semillas de leguminosas en cerdos, aves y conejos.

Además de las estrategias de alimentación basadas en los insumos locales, se han estudiado sistemas de producción no convencionales para facilitar el uso de dichos insumos, por ejemplo, en sistemas de producción con acceso al exterior y/o pastoreo en cerdos y aves. También se ha estudiado el uso de los recursos alimenticios disponibles en razas monogástricas locales como los cerdos pelones y las aves criollas; y en gallinas de doble propósito o pollos de lento crecimiento.

Se hizo una revisión de literatura sobre los avances científicos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Yucatán (FMVZ-UADY) sobre las líneas de investigación relacionadas con la nutrición de cerdos, aves y conejos; se realizó en respuesta a la convocatoria de la institución para conmemorar los 50 años de la fundación de la FMVZ-UADY. Cabe mencionar que la cita más antigua revisada tiene 25 años, sin embargo, hay que destacar que existe información aún más antigua igualmente valiosa, que no fue considerada pues no fue publicada en su momento como artículos científicos, aunque está disponible en memorias de congresos y tesis de licenciatura y posgrado. Es importante mencionar en esta publicación a los que iniciaron con la investigación sobre nutrición de monogástricos. Un gran reconocimiento a la labor del Dr Roberto Belmar Casso (Q.E.P.D.), el cual realizó los primeros trabajos de investigación con aves y cerdos; maestro de numerosas generaciones de estudiantes de MVZ incluyendo a los autores del presente trabajo.

El objetivo de la presente revisión fue revisar la información científica publicada, acerca de los

sistemas de alimentación de monogástricos en la FMVZ-UADY, para mostrar los avances más significativos que se han logrado en los últimos años.

Utilización de forrajes en la alimentación de cerdos

En el trópico existe una gran variedad de gramíneas y leguminosas forrajeras, dichas plantas son fuentes potenciales de proteína y energía. Por lo tanto, los primeros trabajos de investigación sobre nutrición de cerdos que se realizaron en la FMVZ-UADY, fueron sobre la utilización de forrajes tropicales en sus dietas. Estos primeros trabajos estuvieron orientados a investigar el valor nutritivo de los forrajes. Por ejemplo, Santos-Ricalde y Abreu-Sierra (1995) reportaron que la inclusión de Ramón (*Brosimum alicastrum*) o Huaxin (*Leucaena leucocephala*) en la dieta de cerdos en crecimiento disminuyó la digestibilidad conforme se incrementó el nivel de forraje en la dieta, y que los coeficientes de digestibilidad de la materia seca y de la proteína estuvieron cercanos al 40% para ambos forrajes (43.2 y 33.1% y 39.9 y 34.9 %, respectivamente, para el ramón y el huaxin). Los valores obtenidos de energía digestible (ED) para el Ramón y Huaxin fueron muy bajos (1.6 y 1.5 Mcal de ED/kg), menos de la mitad de la ED del maíz. La disminución del consumo de la dieta conforme se incrementa el nivel de forraje en cerdos en crecimiento fue señalada por Abarca *et al.* (1995), quienes observaron una reducción del 72% en el consumo de alimento, con 36% de inclusión de *Cynodon nlemfuensis* (CN) en la dieta; esto fue atribuido al efecto de llenado del tracto digestivo que produce la fibra de los forrajes.

La reducción del consumo de alimento conforme se incrementa el nivel de forraje en la dieta y de la digestibilidad, tienen como resultado un menor comportamiento productivo de los cerdos; al respecto, se reportó una reducción del 33% de la ganancia diaria de peso y del 23% del consumo de energía en cerdos en crecimiento, cuando se incluyeron niveles superiores al 15% de heno de CN en la dieta (Chamorro *et al.*, 1995).

Los resultados de Chamorro *et al.* (1995) indicaron que el cerdo en crecimiento tiene una baja capacidad de aprovechar el forraje en sus dietas, por lo que en trabajos posteriores se plateó la utilización de los forrajes en marranas destinadas al pie de cría, las cuales son alimentadas restringidamente durante la gestación. En estos trabajos se encontró que el consumo de forraje fresco de CN se incrementó conforme se restringió el consumo de alimento y que el consumo de materia seca del forraje fue de alrededor del 10% del consumo de alimento (180 g/día). La ED del CN fue más baja que el reportado para el Ramón y el Huaxin (1.3 Mcal de ED/kg) y la retención de nitrógeno se redujo un 18% cuando se incluyó el CN

en la dieta (Santos-Ricalde y Lean, 2006). El consumo de materia seca de CN representó apenas el 4% del requerimiento de energía digestible por día, de una marrana gestante (Santos-Ricalde y Lean, 2006). Sin embargo, aunque el aporte energético del forraje al requerimiento de las marranas gestantes fue muy bajo, se puntualizó que el uso de forraje en la dieta puede contribuir a reducir el estrés por hambre de estos animales, pues generalmente sus requerimientos nutricionales se cubren proporcionándoles una dieta concentrada, que representa el 33 % de su capacidad de consumo de materia seca, por lo que la mayor parte del tiempo estos animales están hambrientos.

En sistemas extensivos o de crianza con acceso a potreros, donde las marranas están libres y pueden consumir forraje directamente durante el pastoreo, se encontró que las marranas regulan su tiempo de pastoreo y las distancias que caminan, en función del nivel de restricción alimenticio al que son sometidas, ajustándose por supuesto también a la temperatura ambiente, de tal manera que estas actividades las realizan durante las horas más frescas el día (temprano en la mañana o en la tarde, antes del anochecer) (Santos-Ricalde y Lean, 2000). En la medida que la restricción aumenta, también aumenta el tiempo de pastoreo y el ejercicio que hacen al caminar (Santos-Ricalde y Lean, 2002). El consumo de forraje puede tener un efecto benéfico al reducir problemas asociados a constipación, que son muy comunes conforme avanza la gestación, y el ejercicio realizado en estos sistemas de producción fortalece los huesos y los músculos, reduciendo los partos distócicos; el forraje también puede ser fuente de minerales para las marranas y sus camadas (Góngora-Manzanero *et al.*, 2004).

También se evaluaron algunos tratamientos para aumentar la digestibilidad y el aprovechamiento de los nutrimentos de los forrajes, en especial de la proteína cruda. Los resultados fueron muy alentadores cuando se evaluaron tratamientos químicos, que pueden romper las paredes celulares de la fibra y liberar proteína cruda principalmente. Por ejemplo, la inclusión de 200 g/kg de materia seca de forraje de Huaxin, tratado con 30 g de ácido acético o hidróxido de sodio por kg de materia seca, incrementó en más del doble la retención de nitrógeno en cerdos en crecimiento, con respecto a la dieta con Huaxin sin tratar (11.2 y 4.6 g de N/día, respectivamente) (Echeverría *et al.*, 2002).

Finalmente, también se han hecho esfuerzos para estandarizar técnicas de laboratorio para predecir la digestibilidad de insumos tropicales empleando recursos como páncreas porcinos obtenidos directamente del rastro lo cual contribuye a reducir la dependencia de insumos comerciales de laboratorio (Capetillo-Leal *et al.*, 2001).

Evaluación del comportamiento productivo del cerdo pelón

Los cerdos criollos actuales de México se originaron de los primeros cerdos que llegaron a América, procedentes de España a finales del siglo XV y principios del XVI. Se encuentran cerdos criollos pelones (CCP) a lo largo de la costa del pacífico y del golfo de México. En la península de Yucatán los CCP se crían en sistemas tradicionales de producción familiar en las comunidades mayas. Estos cerdos son criados en el traspatio y son alimentados con los recursos forrajeros locales disponibles en el monte y con productos y subproductos de la agricultura; sin embargo, la población de estos cerdos ha disminuido drásticamente en los últimos años. Al respecto Santos-Ricalde *et al.* (2004) encontraron que en la comunidad de Sudzal, ubicada aproximadamente a 75 km de Mérida, el 84 % de los cerdos criados por las familias eran criollos, mientras que en la comunidad de San José Tzal, que está más cercana a Mérida (22 km), no se encontró ningún cerdo criollo, el 100% de los cerdos criados en el traspatio eran de línea comercial. Pese a lo anterior, no se han hecho muchos esfuerzos para estudiar al cerdo pelón y conocer su potencial productivo y utilidad zootécnica.

Los CCP tienden a incrementar el rendimiento de carne conforme se incrementa el peso de los animales, sin embargo, también se incrementa el rendimiento de grasa. En un estudio realizado por Santos-Ricalde *et al.* (2011) con CCP sacrificados a intervalos de 5 kg de peso vivo desde los 25 hasta los 45 kg de peso vivo, encontraron que el peso de la canal se incrementó de 20.0 + 1.70 kg a 36.6 + 1.81 kg, respectivamente, con un rendimiento de canal constante de alrededor del 78% del peso vivo, pero, la grasa dorsal en el punto P2 aumentó linealmente conforme aumentó el peso vivo de los cerdos, con un incremento de casi el doble de los 25 kg de peso vivo (10.1 + 1.89 mm) a los 45 kg de peso vivo (18.1 + 1.46 mm). También, encontraron en este trabajo que mientras el rendimiento de grasa en la canal tiene un comportamiento lineal en los CCP de los 25 a lo 45 kg de peso vivo, el rendimiento de carne tiene un comportamiento cuadrático. Se observó que el mayor rendimiento de pierna y espaldilla en proporción al peso vivo se obtuvo entre los 35 y 40 kg de peso vivo. Esta es una diferencia muy marcada con los cerdos comerciales, quienes alcanzan la máxima tasa de crecimiento de piernas y espaldillas hasta cerca de los 90 kg de peso vivo. Los resultados de Santos-Ricalde *et al.* (2011) sugirieron que los CCP deben sacrificarse a menor peso que los cerdos comerciales para obtener la mayor proporción de carne en relación con la grasa corporal.

En un trabajo posterior realizado por Rodríguez-González *et al.* (2016) se evaluó la posibilidad de incrementar a 70 kg el peso vivo al sacrificio de los

CCP, pero sin incrementar la grasa en la canal, para lo cual, se propuso restringir el consumo de alimento, pero con acceso a forraje fresco para reducir el estrés por hambre. Se evaluaron tres niveles de alimentación: Bajo, 2 veces el requerimiento de energía para mantenimiento; Medio, 3 veces y Alto, 4 veces. Se encontró que la restricción de alimento redujo la ganancia diaria de peso (0.300, 0.438 y 0.501 kg, respectivamente), sin embargo, se mejoró significativamente el rendimiento de carne (25.0, 22.8 y 22.0 kg de cortes primarios, respectivamente) y se redujo drásticamente el rendimiento total de grasa en la canal (18.9, 22.8 y 24.5 kg de grasa total, respectivamente). Tal y como lo reportaron Santos-Ricalde y Lean (2006), en el trabajo de Rodríguez-González *et al.* (2016) también se incrementó el consumo de forraje, conforme aumento el nivel de restricción de alimento (0.092, 0.121 y 0.307 kg de MS/día para el nivel Alto, Medio y Bajo, respectivamente).

Los cerdos no cuentan con glándulas sudoríparas y dependen de mecanismos físicos (jadeo y conducción) para disipar el calor metabólico, lo cual contribuye al estrés calórico en aquellos criados en regiones tropicales. A los CCP se les atribuye una mayor capacidad de adaptación a las temperaturas cálidas tropicales, en comparación con los cerdos comerciales, una posible explicación está relacionada con lo reportado por Santos-Ricalde *et al.* (2011) y Rodríguez-González *et al.* (2016) quienes encontraron que los CCP tienen tasas de crecimiento más lentas y depositan más tejido adiposo y menos tejido muscular, en comparación a los cerdos comerciales; como se sabe el incremento del metabolismo proteico asociado a las altas tasas de crecimiento de tejido muscular genera más calor metabólico que la síntesis de tejido adiposo, por lo que, los CCP generan menos calor metabólico y por lo tanto tienen menos calor que disipar en comparación con los cerdos comerciales.

A los CCP también se les atribuyen características de rusticidad que les permiten adaptarse a sistemas poco tecnificados de producción y a dietas de baja calidad. Se observó, por ejemplo, que los CCP tienen consumos más altos de dietas fibrosas que los cerdos comerciales (1.52 vs 1.20 kg de alimento/día) (Trejo-Lizama, 2005). Una adaptación que ayuda a los CCP a consumir más cantidad de dietas voluminosas es la hipertrofia del estómago, reflejado en el aumento de la curvatura mayor del estómago cuando consumen forrajes (Rodríguez-González *et al.*, 2016). Otra característica interesante, es que pueden consumir mayor cantidad de dietas que contienen ingredientes con factores antinutricionales que los cerdos comerciales. En dietas con frijol *Mucuna (Stizolobium deeringianum)* los CCP consumieron más que los comerciales (2.29 vs 1.37 kg de alimento/día, respectivamente) (Trejo-Lizama, 2005). También, los

CCP tienen requerimientos nutricionales más bajos y se adaptan a dietas pobres en aminoácidos esenciales. Al respecto, Trejo-Lizama (2005) encontró que los CCP consumieron más de una dieta basada solo en maíz, pobre en lisina y triptofano, en comparación con los cerdos comerciales (2.33 vs 1.57 kg de maíz/día, respectivamente). En términos generales la adaptación de los CCP a dietas voluminosas, deficientes en aminoácidos esenciales y con ingredientes con metabolitos secundarios, los hace ideales para la producción en sistemas poco tecnificados, donde se dispone de pocos recursos económicos para su alimentación.

Evaluación de insumos locales para la alimentación de conejos

La cunicultura es una actividad zootécnica muy importante para la producción de proteína de origen animal para consumo humano, debido a que es una especie muy prolífica y de muy alto rendimiento de carne por unidad de tiempo. Es una especie que mantiene interés productivo en las comunidades rurales del estado de Yucatan (Cruz-Bacab *et al.*, 2016a). Los conejos, aunque son monogástricos, tienen un intestino grueso y un ciego muy desarrollado, con una población bacteriana que les permite aprovechar y digerir la fibra de los forrajes por procesos de fermentación anaerobia. Adicionalmente, los conejos pueden obtener aminoácidos y vitaminas a través de la cecotofia. Por lo tanto, se debe incluir forrajes en su dieta para aprovechar su capacidad de digerir la fibra y para evitar trastornos digestivos. Como se mencionó anteriormente, en el trópico existe una gran variedad de forrajes y leguminosas que pueden ser utilizados en la alimentación de los conejos. En la FMVZ-UADY se han evaluado principalmente forrajes de árboles y arbustos entre los que se encuentran el Ramón (*Brosimum alicastrum*) y el Huaxin (*Leucaena leucocephala*), sobre la Moringa (*Moringa oleífera*), la Verdolaga (*Portulaca oleracea*) y el Pixoy (*Guazuma ulmifolia*).

Martínez-Yáñez *et al.* (2010) evaluaron el comportamiento productivo de conejos en crecimiento alimentados con Ramón (*Brosimum alicastrum*) o Cayena (*Hibiscus rosa-sinensis*). Encontraron que la Cayena tuvo una mayor digestibilidad de la materia seca que el ramón (74.6% vs 54.7%), de proteína cruda (78.1% vs 61.4%), de fibra detergente neutra (65.2% vs 45.5%) y de energía bruta (72.9% vs 54.3%). Sin embargo, esta diferencia en digestibilidad a favor de la Cayena no se vio reflejada en el comportamiento productivo de conejos en crecimiento, alimentados con estos forrajes. Las ganancias de peso en los conejos alimentados con Cayena y Ramón (29.6 vs 30 g/día) y la conversión alimenticia fueron similares (2.7 vs 2.8). El valor de energía neta (NE_{mp}) del Ramón en conejos ha sido estimado en 0.769 Mcal/kg MS con eficiencias

de utilización de EM de (0.55 y 0.50 para k_m y k_p respectivamente la cual es inferior a la de una dieta convencional (0.60 y 0.55 para k_m y k_p respectivamente) (Cruz-Bacab *et al.*, 2016b). Esto indica que el empleo de Ramón es posible con la premisa de vigilar la correcta formulación de la dieta.

En otro estudio se observó que la utilización de hasta un 40 % de Huaxin o moringa mejora la digestibilidad de la fibra cruda de la dieta y que la moringa tiene mejores coeficientes de digestibilidad de la materia seca, proteína, fibra cruda y energía bruta que el Huaxin (Safwat *et al.*, 2015). Por su parte Cruz-Bacab *et al.* (2015) encontró que se emplear *P. oleracea* has en un 30% de la dieta sin afectar el comportamiento productivo, ni el perfil de ácidos grasos de la canal.

Los estudios realizados indican que la utilización de forrajes tropicales en la dieta de los conejos, pueden reducir los costos de alimentación. Safwat *et al.* (2014) reportaron que utilizando 30% de Moringa (*Moringa oleifera*) en la dieta de los conejos se pueden obtener ganancias de peso similares a las de aquellos alimentados con dietas comerciales (31.6 vs 30.7 g/día), con una mayor eficiencia económica. Resultados similares fueron obtenidos por Santos-Ricalde *et al.* (2017a) cuando alimentaron conejos en crecimiento con diferentes niveles de Moringa y Huaxin. Los resultados que obtuvieron indican que, aunque no hay diferencias en la ganancia diaria de peso entre los tratamientos evaluados, la eficiencia económica es mejor cuando se incluye alrededor del 40% de Moringa o Huaxin en la dieta de los conejos.

Insumos regionales para la producción de aves

Dentro de los insumos vegetales con potencial para alimentar aves en el trópico, se encuentran los forrajes y los granos, algunos de estos son semillas de leguminosas, y muchas de ellas son altas en almidón, proteína o ambos, aunque también poseen diversos metabolitos secundarios que limitan su utilización, particularmente para las aves, al ser susceptibles a dichos compuestos químicos. La *Canavalia ensiformis* L. DC fue uno de los primeros recursos evaluados (Belmar y Morris, 1994a, 1994b). Sin embargo, debido al procesamiento requerido para su detoxificación (Belmar *et al.*, 1999), así como los bajos niveles de consumo, su empleo generalizado y empleo en la alimentación aves no ha sido posible.

Por otro lado, la *Vigna unguiculata* o x'pelon como se conoce regionalmente, es una leguminosa ampliamente conocida y utilizada en la alimentación humana y de interés en la alimentación de monogástricos. Al respecto, Sarmiento-Franco *et al.* (2011) determinaron la composición química y el valor de energía metabolizable para pollos de engorda, de seis variedades de frijol *V. unguiculata*, seleccionadas

en Cuba. Encontraron que el contenido de proteína cruda de las seis variedades osciló entre 232 y 249 g/kg; no se encontró efecto significativo de la cocción sobre el valor de energía metabolizable verdadera, cuyo valor estuvo en el rango de 2549 y 3103 kcal/kg (Error estándar 125 kcal), concluyendo que dicho frijol, además de poseer un importante valor de proteína, los valores de energía metabolizable verdadera lo hacen un insumo tropical con mucho potencial para alimentar aves.

De la misma manera, la evaluación de otras semillas de leguminosas como Mucuna (*Mucuna pruriens*) en dietas para pollos de engorda ha sido de interés por su alto contenido de proteína. Los resultados fueron poco satisfactorios cuando se incluyeron 28% de las semillas crudas en las dietas, sin embargo, el aprovechamiento mejoró cuando las semillas se hirvieron en agua (Trejo *et al.*, 2004). En otro trabajo, Sarmiento-Franco *et al.* (2019) evaluaron semillas de Mucuna en dietas para pollos de engorda, y encontraron que es posible incluir hasta 25% de las semillas, previamente remojadas en una solución con hidróxido de sodio sin afectar su comportamiento productivo de las aves. El metabolito secundario L-Dopa, que normalmente contiene la semilla cruda, se redujo en 71% cuando se remojaron en la solución con hidróxidos de sodio, en comparación con las semillas remojadas en una solución ácida (53%) o en agua (41%).

En otros trabajos se evaluó el uso de hojas de arbustos tropicales en dietas para pollos y gallinas de postura. La limitante principal para el uso de los forrajes en las aves es su contenido de fibra, que puede afectar negativamente la digestibilidad del nitrógeno y de los aminoácidos de la dieta, tal y como se observó cuando se incluyó 25% de Chaya (*Cnidocolus aconitifolius*) en dietas para pollos, sin embargo, a niveles de 15% en la dieta no se afectó la digestibilidad y el comportamiento productivo de los pollos (Sarmiento-Franco *et al.*, 2002; Sarmiento-Franco *et al.*, 2003). En gallinas de postura se encontró que la inclusión Huaxin o Moringa en la dieta (0, 5, 10 y 15%) afectó negativamente los indicadores productivos de las gallinas, aunque la calidad del huevo no se afectó (Abouelezz *et al.*, 2011). Sin embargo, en otro trabajo se observó que la inclusión de hojas frescas de Moringa como suplemento dietético para gallinas de postura, y con restricción de alimento balanceado, la producción de huevo aumentó significativamente por el consumo del forraje, mejorando también la eficiencia de conversión de alimento, la pigmentación de la yema; y se redujo la cantidad de huevo picado (Abouelezz *et al.*, 2012b).

Siempre en gallinas de postura, Evaris *et al.* (2015) utilizaron 10 y 20% de harina de Verdolaga (*Portulaca oleracea*) en la dieta y encontraron que la inclusión de

20% aumentó significativamente el contenido de los ácidos linolénico y docosahexanóico en el huevo. También aumentó el consumo de alimento, la producción de huevo, la masa de huevo y la conversión alimenticia.

En una revisión de literatura realizada por Abouelezz *et al.* (2012c), recalcaron la importancia que los recursos forrajeros tropicales pueden tener en la alimentación de las aves. Destacando la importancia del consumo de forrajes para mejorar el bienestar animal, la salud intestinal y la sostenibilidad de los sistemas de producción animal. Recursos forrajeros como el Huaxin y la Moringa son mencionados por su contenido de proteína cruda y el perfil de aminoácidos, y las posibilidades de su utilización como harinas de hojas, en el alimento de aves.

Sistemas de alimentación, alojamiento, bienestar animal y calidad de los productos de aves

El manejo de la alimentación es tan importante como la nutrición de los animales, particularmente en aquellos de rápido crecimiento, como pollo de engorda y pavos. Santos-Ricalde *et al.* (2017b) alimentaron pavos comerciales con dietas altas (AP, 16 a 28%) y bajas (BP, 16 a 26%) en proteína cruda y encontraron que las AP promovieron mayor peso vivo, particularmente en los machos, aunque las lesiones de patas también fueron más frecuentes con el régimen AP y en machos, asimismo, dichas lesiones tuvieron una relación positiva con mayor edad.

Por otro lado, Vázquez-González *et al.* (2008) alimentaron gallinas ligeras de postura alojadas en grupos de 2, 3 o 4 aves por jaula de 40 x 40 cm y con diferentes regímenes de aminoácidos esenciales (70, 90 y 110 % del requerimiento). Reportaron que la densidad de alojamiento solamente afectó el consumo de alimento y que, con la alimentación de las gallinas, al 90% de sus requerimientos de aminoácidos esenciales, se puede reducir la contaminación ambiental por N, sin afectar la producción de huevo.

El bienestar animal, particularmente en el pollo de engorda comercial, que es un animal genéticamente mejorado para rápido crecimiento, producido bajo hacinamiento y condiciones de estrés, ha sido estudiado con énfasis, en los últimos años. Sánchez-Casanova *et al.* (2019) estudiaron la conducta de pollos de engorda con y sin acceso a un área en exterior, con alta y baja densidad de alojamiento en el interior. Se encontró que la actividad realizada en el exterior fue un indicador de bienestar, aunque la ganancia de peso se redujo debido probablemente a la actividad física realizada por los animales. El acceso al exterior redujo la relación heterófilos/linfocitos, como un indicador de menor estrés en las aves. El acceso a exterior como estrategia para reducir estrés y mejora de bienestar,

debe ser considerado en la producción avícola, ya que seguramente redundará también en mejor calidad de carne, para el consumidor.

La mejora en la calidad de productos avícolas puede llevarse a cabo también mediante el uso de ingredientes en la dieta con características particulares. Tal es el caso del Aceite Crudo de Palma (*Elaeis guineensis*), que con su alto contenido de ácidos grasos insaturados y alfa-tocoferoles, contribuye a mejorar los productos de aves, cuando éstas lo consumen en la dieta. Santos-Ricalde *et al.* (2019) alimentaron gallinas ligeras con 3% de aceite de palma o de soya, en dietas convencionales. Los resultados demostraron que el uso de aceite de palma mejoró los pesos de huevo y albúmina, en comparación con aceite de soya. La altura de la albúmina y el color de la yema en huevos de gallinas alimentadas con aceite de palma fue mejor, aun hasta 12 días de almacenamiento. Lo anterior demuestra las posibilidades de utilización del citado insumo tropical, ya que además de ser una fuente valiosa de energía, también es fuente de antioxidantes naturales que contribuyen a la mejora de la calidad del huevo.

La utilización de machos de crecimiento lento para producir carne, como es el caso de las estirpes de huevo, constituye un potencial dada su rusticidad y poco consumo de alimento, sin embargo, para la industria avícola son un problema, debido a su baja eficiencia productiva, por lo que generalmente los desecha. Lo anterior constituye un problema ético y de bienestar animal, por lo que la búsqueda de insumos para alimentar dichos animales es muy importante, así como el conocimiento de sus requerimientos nutricionales. Baas-Osorio *et al.* (2019) estimaron los requerimientos de energía metabolizable (EM) y de proteína cruda (PC) de pollos machos Rhode Island de 17 a 119 días de edad. Los mejores resultados, en cuanto a ganancia de peso, se obtuvieron cuando se utilizaron 2900 kcal EM/kg DM, para las tres fases de alimentación (17–56, 57–91, 92–119 días de edad). Las mejores aproximaciones del requerimiento de PC en la dieta para la primera, segunda y tercera fase de alimentación fueron 21.3%, 19.2% y 17.1%, respectivamente. Faustin-Evaris *et al.* (2019), en una revisión de literatura, postularon que los pollos machos de estirpes de lento crecimiento (como aquellas de pollas de reemplazo para gallinas de postura), son una buena fuente de proteína animal y el acceso al exterior para dichas aves es idóneo para el bienestar y la salud de los animales. El acceso a exterior favorece la deposición de ácidos grasos poliinsaturados y menos saturados en la carne de las aves y ayuda a que tengan un esqueleto más resistente, ya que el metabolismo y deposición de calcio se ven favorecidos. Nuevamente, los autores confirman que el sistema de producción con acceso al exterior para las aves, beneficia a los

animales, al consumidor de la carne producida y también al medio ambiente.

El sistema de producción de aves con acceso al exterior tiene múltiples beneficios, además de aportar ingredientes alimenticios a los animales como forrajes, semillas, insectos y piedras como fuente de calcio. Martínez-Pérez *et al.* (2017), en una revisión de literatura, enfatizan la importancia del sistema de producción con acceso a exterior para las aves, destacando que el uso de pastos y forrajes tienen efectos positivos para el sistema, para la conducta y bienestar animal y para los productos avícolas como carne y huevo, al ser de mejor calidad. Sin embargo, dichos beneficios, aunque han sido hipotetizados en la literatura, no han sido suficientemente estudiados, particularmente en el trópico, donde el potencial de dicho sistema es mayor. Abouelezz *et al.* (2012a), estudiaron el efecto del mencionado sistema sobre la producción de huevo en gallinas Rhode Island; y reportaron un mayor porcentaje de postura en gallinas con acceso a exterior en comparación con aquellas alojadas únicamente en interior del gallinero (86.9 vs 78.5 %), además de encontrar mejor coloración de la yema y mayor proporción del albumen en los huevos de gallinas con acceso a exterior. El área exterior en general fue usada por un 43.1 % de las gallinas, proveyendo diversos ingredientes a las aves, mencionados previamente. Abouelezz *et al.* (2014), estudiaron el uso del espacio en exterior por gallinas Rhode Island, entre 8:00 am y 5:00 pm; las aves utilizaron en un 73.0, 24.0 y 2.1% respectivamente, las áreas del potrero más próxima, media y más lejana al gallinero. Las actividades que realizaron las aves en forma más frecuente en el potrero fueron forrajear, explorar, acicalarse y descansar, y reportaron que las gallinas utilizaron en forma eficiente el área de pastoreo y demostraron conductas propias de la especie. Al respecto, en otro trabajo se encontró que el sistema de alojamiento de las gallinas con acceso al exterior benefició la calidad del huevo y que la productividad de las aves fue comparable con el sistema de alojamiento en jaula (Varguez-Montero *et al.*, 2012).

Los sistemas de producción en regiones tropicales, que permiten a las aves el acceso al exterior, éstas acceden al consumo de forrajes y a realizar ejercicio, lo cual mejora el bienestar de los animales que ya se han adaptado a dichas condiciones climáticas. Sarmiento-Franco y Sánchez-Casanova (2019), describieron las ventajas del sistema en con acceso a exterior para las aves como una alternativa que mejora el bienestar. También, el hecho de proporcionar acceso voluntario a las aves al exterior beneficia la salud del animal, al disminuir el estrés y mantener un sistema inmunológico más sano; consecuentemente, la carne o huevo que produzca es más inocuo, con un beneficio directo a la salud pública. Sin embargo, dicho sistema

tiene desventajas, como la posibilidad de que las aves contraigan enfermedades infecciosas acarreadas por animales silvestres o la amenaza constante de los depredadores, durante el tiempo que los animales están en exterior (Sánchez-Casanova *et al.*, 2020).

El uso de enzimas como aditivo en dietas para aves es una tecnología que puede resultar rentable para el productor. Santos-Ricalde *et al.* (2013) evaluaron la inclusión de amilasa, xylanasa y proteasa, mezcladas, en dietas para aves de postura, con diferentes concentraciones de proteína cruda, lisina y aminoácidos azufrados. Los resultados indicaron que la adición de enzimas o los niveles de proteína no afectaron la calidad del huevo producido. Sin embargo, la adición de las enzimas mejoró la conversión alimenticia, al reducir el consumo de alimento, particularmente en dietas altas en proteína cruda.

Respecto a la alimentación en pavos de engorda, y considerando la contaminación al ambiente por el N de la excreta animal, Peñaranda-Ali *et al.* (2010), estudiaron el desempeño productivo de pavos en crecimiento con restricción de proteína cruda en la dieta y niveles crecientes de lisina en la misma. Sin embargo, los resultados indicaron que las partes comercializables de la canal de las aves (pechuga, pierna, muslo y alas) incrementaron su peso conforme los niveles de lisina aumentaron en la dieta (90, 110 y 130 % de los requerimientos), aunque fue necesario proporcionar a las aves el 100% de los requerimientos de proteína cruda.

Aspectos sociales de la producción de aves en el medio rural

La producción de aves en el medio rural, a nivel de traspatio, es una actividad productiva que contribuye a la economía y a la provisión de proteína animal en la familia. La cría de gallinas es practicada por cerca del 90% de las familias en las comunidades rurales en Yucatán, seguida por la cría de pavos (cerca del 60% de las familias) (Santos-Ricalde *et al.*, 2004).

Debido a la importancia que tiene la avicultura de traspatio en las comunidades rurales de Yucatán, Elkashef *et al.* (2016) realizaron entrevistas a mujeres de comunidades rurales que criaban aves en el traspatio familiar. El 76% de las respondientes tenían de medio a bajo nivel de destrezas en el manejo de las aves y solamente el 24% tuvieron un nivel alto. La escasez de recursos económicos, altos costos de insumos para las aves, varios problemas de salud y falta de disponibilidad de programas de entrenamiento y asesoría fueron los principales problemas que mencionaron las entrevistadas. Salah-Elkashef *et al.* (2017), encontraron que las mujeres de comunidades rurales adquirieron información sobre el manejo de las aves, de la familia, de los amigos/vecinos, por propia

experiencia personal y de los proveedores de alimento. Sin embargo, las mujeres preferían como fuentes más confiables a los agentes de extensión, capacitadores y la misma familia, así como los métodos de demostración, los veterinarios y los amigos. Los temas sobre los que más información recibieron eran alimentos y alimentación, sistemas de alojamiento, control de enfermedades, mercadotecnia y reproducción. Los resultados demostraron que había escasa disponibilidad de los agentes de extensión y que y el costo de los servicios veterinarios fueron los aspectos más limitantes.

CONCLUSIÓN

La FMVZ-UADY ha contribuido significativamente desde su fundación con la generación de conocimiento científico acerca del valor nutricional de los recursos florísticos disponibles para la alimentación de conejos, aves y cerdos de líneas genéticas comerciales; y de líneas de aves de crecimiento lento y cerdos pelones. Se han desarrollado procesos, tratamientos y manejos alimenticios que permiten utilizarlos en niveles seguros y rentables, sin afectar el comportamiento productivo de los animales. También, se han evaluado sistemas de producción alternativos y desarrollado tecnologías que pueden ser usadas en la producción de cerdos, conejos y aves en el trópico; contribuyendo a mejorar el bienestar animal, abaratar costos y hacer de la producción de animales monogástricos, sistemas de producción más amigables con el ambiente y más sustentables.

Agradecimientos

Un gran reconocimiento a la labor del Dr Roberto Belmar Casso (Q.E.P.D.), el cual realizó los primeros trabajos de investigación con aves y cerdos; y quien fue maestro de numerosas generaciones de la licenciatura en MVZ, así como de estudiantes de posgrado y de todos los firmantes del presente artículo.

Financiamiento. No existió financiamiento para la elaboración de la presente revisión.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés.

Cumplimiento de estándares de ética. No aplica.

Disponibilidad de datos. Todos los trabajos revisados se encuentran citados en el presente trabajo. No existen datos adicionales.

REFERENCIAS

- Abarca, W., Santos, R., Sarmiento, L. 1995. Efecto de la edad del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en la digestibilidad y el consumo de dietas para cerdos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 29(3): 343-349.
- Abou-Elezz, F.M.K., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R., Solorio-Sanchez, J.F. 2012b. The nutritional effect of *Moringa oleifera* fresh leaves as feed supplement on Rhode Island Red hen egg production and quality. *Tropical Animal Health and Production*. 44(5):1035–1040. doi: 10.1007/s11250-011-0037-5.
- Abou-Elezz, F.M.K., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R., Solorio-Sánchez, F. 2011. Nutritional effects of dietary inclusion of *Leucaena leucocephala* and *Moringa oleifera* leaf meal on Rhode Island Red hens' performance. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45(2):163-169. <http://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/137>
- Abouelezz, F.M.K., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R., Segura-Correa, J.C. 2014. Use of the outdoor range and activities of Rhode Island Red hens grazing on natural vegetation in the tropics. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 16(7): 1555-1563. <https://jast.modares.ac.ir/article-23-7260-en.pdf>
- Abouelezz, F.M.K., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R., Solorio-Sánchez, F. 2012a. Egg production, egg quality and crop content of Rhode Island Red hens grazing on natural tropical vegetation. *Tropical Animal Health and Production*. 45(2):367–372. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0225-y>
- Abouelezz, F.M.K., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R., Solorio-Sánchez, F. 2012c. Outdoor egg production using local forages in the tropics. *World's Poultry Science Journal* 68(4):679-692. <https://doi.org/10.1017/S0043933912000815>
- Baas-Osorio, A., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R., Segura-Correa, J. C. 2019. Estimation of the requirement of metabolizable energy and crude protein for growing in Rhode Island Red chickens, under tropical conditions of southeastern Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 22: 487-497. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2773>
- Belmar, R., Morris, T.R., 1994a. The effect of raw and treated jack beans (*Canavalia ensiformis*) and of canavanine on the short term feed intake of chicks and pigs. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 123: 407-414. <https://doi.org/10.1017/S0021859600070428>

- Belmar, R., Morris, T.R., 1994b. Effects of the inclusion on treated jack beans (*Canavalia ensiformis*) and the amino acid canavanine in chick diets. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 123: 393-405. <https://doi.org/10.1017/S0021859600070416>
- Belmar, R., Nava Montero, R., Sandoval Castro, C., McNab, J.M., 1999. Jack vean (*Canavalia ensiformis* L. DC) in poultry diets: antinutritional factors and detoxification studies- a review. *World's Poultry Science Journal* 55: 37-59. <https://doi.org/10.1079/WPS19990004>
- Chamorro O., Sarmiento L., Santos R. 1995. Comportamiento productivo de cerdos en finalización alimentados con niveles crecientes de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la dieta. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 29(3): 337-342.
- Capetillo-Leal, C.M., Abreu, J.E., Belmar, R., 2001. Standardization of an in vitro method for predicting N digestibility in pig diets. *Cuban Journal of Agricultural Science* 35(4): 349-353
- Cruz-Bacab, L.E., Sarmiento-Franco, L., Sandoval-Castro, C., 2015. Effect of dietary inclusion of purslane on performance and content of fatty acids in meat of growing rabbits. *Revista Brasileira de Cunicultura*. 8 (1): 13-24.
- Cruz-Bacab, L.E., Sandoval-Castro, C., Aguilar-Cordero, W., Aguilar-Caballero, A.J., Pantoja-Núñez, G.A. 2016a. Estudio cualitativo de la inclusión del conejo a huertos familiares de Yucatán, México. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias*. 1 (1): 1-4. DOI: <https://doi.org/10.31164/reiagro.v1n1.1>
- Cruz-Bacab, L.E., Sarmiento-Franco, L., Sandoval-Castro, C., 2016b. Productive performance and net energy in rabbits fed increasing levels of *Brosimum alicastrum* fodder. *Revista Brasileira de Cunicultura*. 10 (1): 12-26.
- Echeverria, V. Belmar, R., Ly, J., Santos-Ricalde, R.H. 2002. Effect of *Leucaena leucocephala* leaf meal treated with acetic acid or sodium hydroxide on apparent digestibility and nitrogen retention in pig diets. *Animal feed science and Technology*. 101(1-4): 151-159. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00082-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00082-2)
- Elkashaf Ola, M.S., Sarmiento-Franco, L. and Torres-Acosta, J.F.J. 2016. Backyard chicken production skills of rural women in Yucatán, México. *Asian Journal of Agricultural Extension Economics and Sociology*, 10(1): 1-12. <https://www.journalajaees.com/index.php/AJAEES/article/view/28093/52781>
- Evaris, E., Sarmiento-Franco, L.A., Segura-Correa, J.C., Capetillo-Leal, C.M. 2015. Effect of dietary inclusion of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) on yolk omega-3 fatty acids content, egg quality and productive performance of Rhode Island red hens. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 18(1): 33-38. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1943>
- Faustin-Evaris, E., Sarmiento-Franco, L., Sandoval-Castro, C. 2019. Slow-growing male chickens fit poultry production systems with outdoor Access. *World's Poultry Science Journal*. 75(3): 429-444. <https://doi.org/10.1017/S0043933919000400>
- Góngora-Manzanero, M.I., Sarmiento-Franco, L., Segura-Correa, J. Santos-Ricalde, R.H. 2004. Evaluación de la pertinencia de aplicar hierro a lechones criados en un sistema de producción en exterior. *Veterinaria México*. 35(4): 287-294. <https://www.redalyc.org/pdf/423/42335401.pdf>
- Martínez-Pérez, M., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R.H., Sandoval-Castro, C.A. 2017. Poultry Meat Production in free-range systems: Perspectives for tropical áreas. *World's Poultry Science Journal*. 73(2): 309-320. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000034>
- Martínez-Yañez, R., Santos-Ricalde, R.H., Ramírez-Aviles, L., Sarmiento-Franco, L. 2010. Utilización del Ramón (*Brosimum alicastrum*) y Cayena (*Hibiscus rosa-sinensis*) en la alimentación de conejos. *Zootecnia Tropical*. 28(2): 153-162. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_artext&pid=S0798-72692010000200002
- Peñaranda-Ali, F., Santos-Ricalde, R., Sarmiento-Franco, L., Segura-Correa, J., Gutierrez-Triay, M. 2010. Effect of dietary protein and lysine on performance and carcass yield of turkeys. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 5(1): 27-32. <https://thescipub.com/pdf/ajavsp.2010.27.32.pdf>
- Rodríguez-González, L.A., Trejo-Lizama, W, Santos-Ricalde, R.H. 2016. Effect of feeding restriction on growth and dressing

- percentages in Mexican hairless pig. *Tropical Animal Health and Production*. 48(4): 1157-1163. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1069-7>
- Safwat, A.M., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R., Nieves D. 2014. Effect of dietary inclusion of *Leucaena leucocephala* or *Moringa oleifera* leaf meal on performance of growing rabbits. *Tropical Animal Health and Production*. 46(7): 1193-1198. <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0626-1>
- Safwat, A.M., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R.H., Nieves, D., Sandoval-Castro, C. 2015. Estimating apparent nutrient digestibility of diets containing *Leucaena leucocephala* or *Moringa oleifera* leaf meals for growing rabbits by two methods. *Asian Australasian Journal of Animal Science*. 28(8): 1155-1162. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.14.0429>
- Salah-Elkashaf, O. M., Sarmiento-Franco, L., Torres-Acosta, J. F., Fernández-Souza, L. 2017. Understanding the information acquisition sources of backyard chicken production practices amongst rural mayan women in Yucatán, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 14(2): 219-237. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360552092004>
- Sánchez-Casanova, R., Sarmiento-Franco, L., Phillips, C.J.C., Zulkifli, I. 2020. Do free-range systems have potential to improve broiler welfare in the tropics?. *World's Poultry Science Journal*. 76(1): 34-48. <https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1707389>
- Sanchez-Casanova, R., Sarmiento-Franco, L., Segura-Correa, J., Phillips Clive, J.C. 2019. Effects of outdoor access and indoor stocking density on behaviour and stress in broilers in the subhumid tropics. *Animals*. 9(12): 1016. <https://doi.org/10.3390/ani9121016>
- Santos Ricalde, R., Segura Correa, J., Palma Ávila, I., Sandoval Castro, C., Sarmiento Franco, L. 2017b. Evaluation of two feeding programs on productive traits and foot injuries in commercial turkeys. *Nova Scientia*. 9 (19): 37-50. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i19.863>
- Santos-Ricalde, R.H., Lean, I.J. 2006. Digestibility of dried star grass (*Cynodon nlemfuensis*) consumption of fresh star grass in primiparous pregnant sows. *Animal Feed science and Technology*. 129(1-2): 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.11.012>
- Santos-Ricalde, R., Abreu-Sierra, J. 1995. Evaluación nutricia de la *Leucaena leucocephala* y del *Brossimum alicastrum* y su empleo en alimentación en cerdos. *Veterinaria México*. 26(1): 51-57. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=24084>
- Santos-Ricalde, R., Gutiérrez-Ruiz, E., Novelo-Ucan, W., Martínez-Romero, P., Segura-Correa, J. 2017a. Effect of feed restriction on intake of *Moringa oleifera* and *Leucaena leucocephala* and growth performance of rabbits. *Tropical Animal health and Production*. 49(8): 1685-1688. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1377-6>
- Santos-Ricalde, R., Hau, C.E., Belmar-Casso, R., Armendariz-Yañez, I., Cetina-Góngora, R., Sarmiento-Franco, L., Segura-Correa, J. 2004. Socio-economic and technical characteristics of backyard animal husbandry in two rural communities of Yucatán, México. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*. 105(2): 165-173. <https://www.jarts.info/index.php/jarts/article/view/59/53>
- Santos-Ricalde, R., Sarmiento-Franco, L., Segura-Correa, J. 2013. Effect of three protein levels and enzyme blend on egg quality of laying hens. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 16(19):1056-1060. <https://scialert.net/abstract/?doi=pjbs.2013.1056.1060>
- Santos-Ricalde, R.H. Lean, I.J. 2000. The effect of tropical ambient temperature on productive performance and grazing behaviour of sows kept in an outdoor system. *Livestock research for Rural development*. 12(2). <http://www.lrrd.org/lrrd12/2/rica122.htm>
- Santos-Ricalde, R.H., Trejo-Lizama, W., Osorto-Hernandez, W. 2011. Rendimiento de la canal y desarrollo de los órganos torácicos y abdominales de los 25 a los 45 kg en cerdos criollos pelones. *Revista Científica*. 21(5):396-402. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95919362004.pdf>
- Santos, R.R., Segura, C. J., Sarmiento, F. L. 2019. Egg quality during storage of eggs from hens fed diets with crude palm oil. *Journal MVZ Córdoba* 24(3):7297-7304. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1244>
- Sarmiento-Franco, L., Gorocica-Pino, E, Ramírez-Avilés, L., Castillo-Caamal, J., Santos-Ricalde, R., Díaz María, F. 2011. True

- metabolizable energy and digestibility of five *Vigna unguiculata* varieties in chickens. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14(1): 179–183. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/564>
- Sarmiento-Franco, L., López-Sántiz, F., Santos-Ricalde, R., Sandoval-Castro, C. 2019. *Mucuna pruriens* seeds given in broiler diets on growth performance and carcass yield. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 6(16):121-127. <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1815>
- Sarmiento-Franco, L., McNab, J.M., Pearson, A., Belmar-Casso, R. 2003. The effect of chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) leaf meal and of exogenous enzymes on amino acid digestibility in broilers. *British Poultry Science*. 44(3):458-463. <https://doi.org/10.1080/00071660310001598256>
- Sarmiento-Franco, L., McNab, J.M., Pearson, R.A., Belmar-Casso, R. 2002. Performance of broilers fed on diets containing different amounts of chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) leaf meal. *Tropical Animal Health and Production*. 34(3):257-269. <https://doi.org/10.1023/A:1015238810447>
- Sarmiento-Franco, L., Sánchez-Casanova, R. 2019. Producción de aves con acceso al exterior: contribución a la salud pública y al bienestar animal. *Bioagrocencias*. 12(1):42-50. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/BAC/article/view/3036/1306>
- Trejo-Lizama, W. 2005. Strategies to improve the use of limited nutrient resources in pig production in the tropics. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*. Supplement 85. <http://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-187-4.volltext.frei.pdf>
- Trejo, L.W., Santos, R., Hau, E., Olivera, L., Anderson, S. Belmar, R. 2004. Utilization of *Mucuna pruriens* (L.) DC ssp. *deeringi-anum* (Bart) Hanelt to feed growing broilers. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*. 105(2): 155–164. <https://www.jarts.info/index.php/jarts/article/view/58>
- Varguez-Montero, G., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R.H., Segura-Correa, J. 2012. Egg production and quality under three housing systems in the tropics. *Tropical Animal Health and Production*. 44:201–204. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-0006-z>
- Vázquez-González, B., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R., Carvajal Hernández, M., Segura-Correa, J., Gutiérrez-Triay, M. 2008. Egg production and quality in laying hens fed on different digestible amino acid regimes and housed at three stocking densities. *Journal of Applied Animal Research*. 33(2):175-180. <https://doi.org/10.1080/09712119.2008.9706922>