

Subproductos agroindustriales: alimentos nutracéuticos para cabras y borregos

Coral Arely García Ceballos¹, María Gabriela Mancilla Montelongo², Carlos Alfredo Sandoval Castro¹,
Juan Felipe de Jesús Torres Acosta¹

Introducción

La alimentación inadecuada y las parasitosis gastrointestinales son los factores más importantes que limitan la producción en cabras y borregos en pastoreo. En este sentido, durante las últimas décadas, se han utilizado indiscriminadamente sustancias antihelmínticas (“desparasitantes”) lo que ha ocasionado un costo económico elevado al productor y la aparición de poblaciones de nematodos gastrointestinales (NGI) resistentes a esas sustancias. En consecuencia, estos parásitos ya no son afectados por los desparasitantes y su control se ha vuelto una situación problemática, por lo que se buscan alternativas para controlarlos y combatirlos.

De acuerdo con estudios en el trópico de México, un animal bien alimentado tiene una tendencia a infectarse menos y es menos susceptible a parasitosis por NGI (Gárate-Gallardo *et al.* 2015). Sin embargo, alimentos tradicionales, como el sorgo o la soya, tienen un costo elevado de producción debido a que son importados, por lo que muchos productores no pueden disponer de esos alimentos para suplementación. Una alternativa para reducir costos es usar subproductos agroindustriales propios de cada región, que puedan aportar los nutrientes básicos para cumplir con las demandas alimentarias de los animales de corral en sus diversas etapas productivas.

Algunos de los subproductos agroindustriales, además de su contenido en nutrientes, han demostrado tener actividad antihelmíntica (AAH) contra los NGI en rumiantes (Figura 1). Esto significa que los animales pueden cubrir sus demandas nutricionales y además recibir un control parcial sobre los NGI, lo que a su vez les permitirá continuar siendo productivos a pesar de estar parasitados (Torres-Fajardo *et al.* 2020). Los subproductos agroindustriales pueden ser suplementos con más de una función en una misma presentación. Esto quiere decir son un

producto “dos en uno”. Esta propiedad de los subproductos de alimentar y proteger contra parasitosis se conoce como nutracéutico.

El uso adecuado de los subproductos agroindustriales con potencial nutracéutico permite evitar desperdicios incorporándolos al ciclo de nutrientes y evitar que se vuelvan una posible fuente de contaminación ambiental (Chiocchio *et al.* 2021). En el presente trabajo se describen algunos subproductos agroindustriales que han sido propuestos como nutracéuticos para su uso en pequeños rumiantes de zonas tropicales.

Reciclaje de subproductos agroindustriales tropicales

Casi todos los vegetales y frutas, procesados para la alimentación humana, tienen algún subproducto o desecho que puede ser utilizado en la alimentación animal. Algunos ejemplos de estos subproductos son las pajas y rastrojos de gramíneas (maíz, cebada, trigo, sorgo) y las leguminosas (frijol, haba) después de cosecharlas. También, están los bagazos y cascarillas de las industrias cítrica, cafetalera, cacaoera, cervecera y azucarera, entre otras (Chiocchio *et al.* 2021). La incorporación de estos subproductos en la nutrición animal puede ofrecer un beneficio extra, ya que también pueden proveer antioxidantes y antibióticos. Sin embargo, son pocos los subproductos que se han estudiado con potencial antihelmíntico en rumiantes, y algunos de estos subproductos son los del café, el cacao, el cacahuate, el plátano y la yuca (Figura 1). Estos cinco cultivos son de interés, porque se producen en regiones tropicales como el sureste de México.

		CACAO ¹ (<i>Theobroma cacao</i>)			CAFÉ ² (<i>Coffea arabica</i>)	CACAHUATE ³ (<i>Arachis hypogaea</i>)	PLÁTANO ⁴ (<i>Musa x paradisiaca</i>)	YUCA ⁵ (<i>Manihot esculenta</i>)
SUBPRODUCTO		Cáscara	Cascarilla	Hojas	Percolado del café	Cáscara	Hojas	Hojas
Pruebas	<i>In vitro</i>	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
	Act. Antihelmíntica: Huevos	✓	✓	✓	✗		✓	✗
	Act. Antihelmíntica: Larvas	✓		✓	✓		✓	✓
	<i>In vivo</i>			✓	✓	✓	✓	✓
	Actividad antihelmíntica			✓	✗	✓	✓	✓
	Inclusión en la dieta			30%	10%	30%	8 g MS/kg peso vivo	450 g/día
	Animales							

Figura 1. Actividad antihelmíntica *in vitro* e *in vivo* de subproductos agroindustriales contra nematodos gastrointestinales en cabras y borregos. ¹Vargas-Magaña *et al.* 2014; Mancilla-Montelongo *et al.* 2021; García-Ceballos *et al.* 2018; ²Vargas-Magaña *et al.* 2014; Ortíz-Ocampo *et al.* 2016; ³Min *et al.* 2019; ⁴Marie-Magdeleine *et al.* 2014; Hussain *et al.* 2011; ⁵Lopez *et al.* 2005; Marie-Magdeleine *et al.* 2010.

Los subproductos agroindustriales como nutraceuticos

Un nutraceutico puede contribuir directamente en la nutrición y además contener compuestos secundarios que proporcionan un efecto benéfico para la salud del animal de corral (Waller y Thamsborg 2004). Las plantas producen compuestos secundarios para interactuar con su ambiente, ya sea para comunicarse o defenderse de los efectos ambientales (radiación solar), plagas y enfermedades, o evitar ser consumidas por animales herbívoros. Estos compuestos secundarios tienen múltiples y diferentes actividades biológicas que han sido utilizadas para el beneficio de la humanidad. Ejemplos de estos compuestos son los antibióticos, fungicidas, insecticidas y antihelmínticos. Además, la presencia de los compuestos secundarios persiste y se va modificando durante las etapas de desarrollo de la planta, incluyendo la postcosecha. Por ejemplo, las hojas de árboles, como el cacao o el plátano, continúan teniendo sus compuestos activos después de haber sido cortadas y descartadas. El hecho de encontrar una utilidad para estos materiales, considerados como desechos, apoyarían a la economía circular disminuyendo los costos y el impacto generado en el ambiente por la industria agrícola (Chiocchio *et al.* 2021).

La búsqueda de subproductos agroindustriales nutraceuticos

Para probar la eficacia de un nuevo producto natural con propiedades nutraceuticas, incluyendo los subproductos agroindustriales, es común iniciar con estudios de los extractos de estos materiales en pruebas *in vitro*. Estas pruebas simples de AAH pueden realizarse con huevos o larvas de NGI en contacto con diferentes concentraciones del extracto evaluado. Después, se evalúa si lograron mantener su viabilidad, comparándolos con un grupo no expuesto al tratamiento. Al mismo tiempo, se hacen análisis del contenido de nutrientes de los materiales para asegurar que sería un buen recurso alimenticio. Idealmente, también se deben efectuar ensayos de toxicidad para asegurarse que los productos, o sus extractos, son seguros de manejar e inocuos para el animal de corral (Ávila-Cervantes *et al.* 2019). El conjunto de pruebas de valor nutricional, AAH y toxicidad son un primer acercamiento para conocer si la planta, o subproducto agroindustrial, puede tener valor nutraceutico (Hoste *et al.* 2015).

Si el resultado de la primera etapa es positivo, el segundo paso es evaluar la AAH directamente en los animales en experimentos *in vivo* donde éstos son alimentados con los extractos, o con los subproductos, en diferentes dosis o presentaciones. Aquí, se deben evaluar los diferentes factores que, en campo o granja, pueden contribuir a que el subproducto (o su extracto) pueda tener, o no, AAH. El objetivo de los ensayos es confirmar que el producto mantiene las propiedades nutraceuticas, identificadas *in vitro*, al ser consumido por el animal. Un material nutraceutico debe ser consumido, digerido, y también ser inofensivo (inocuo) para los animales, pero al mismo tiempo se espera que disminuya la cantidad de huevos de NGI en heces de los animales o directamente las poblaciones de parásitos adultos en el tracto gastrointestinal (Hoste *et al.* 2015). Esto no significa que el orden de las pruebas sea estricto, como es el caso de las cáscaras del cacahuate (Figura 1), que fueron probadas directamente *in vivo* en cabras basándose en la información previa sobre su contenido de compuestos que ya habían demostrado tener AAH (Min *et al.* 2019).

Algunos ejemplos de zonas tropicales

Existen varios ejemplos de plantas tropicales que generan diferentes subproductos que pueden ser reciclados racionalmente en diferentes funciones que proveen un valor agregado. Entre ellas, el follaje del cacao obtenido de 3 o 4 podas al año, más aproximadamente 2 toneladas de cáscaras

del fruto de cacao producidas por cada tonelada de granos, pueden ser aprovechadas para alimentar a los pequeños rumiantes (Figura 1). Las cáscaras de cacahuete suelen representar 30 a 40% de la producción de las semillas y también podrían ser aprovechadas como suplemento nutracéutico. El plátano es la fruta tropical más cultivada en México y genera como subproducto las hojas y tallos, aunque en algunas regiones las hojas son usadas en la gastronomía y la medicina tradicional. Las raíces de la yuca (producto principal) son utilizadas tanto para la alimentación humana como animal, pero las hojas también son útiles como forraje por su contenido de nutrientes (Figura 1). Más allá de la post-cosecha, hay materiales que se pueden usar en el post-consumo, como por ejemplo, el percolado de café molido, que es el residuo del grano de café después de ser filtrado en una cafetera. A este residuo se le ha encontrado usos como abono, en la limpieza y cosmética, pero aún gran parte de este residuo termina como desperdicio en la basura.

La importancia de los subproductos del cacahuete, plátano, yuca y café es que ya fueron evaluados como sustancias con AAH en cabras o borregos. Se puede resaltar el uso de las hojas de cacao y plátano porque ambas resultaron activas en los dos tipos de experimentos: *in vitro* e *in vivo*. Sin embargo, la forma de ofrecerlas a las cabras fue diferente. Las hojas de plátano fueron usadas secas, molidas y mezcladas con su alimento habitual (Hussain *et al.* 2011), mientras que las hojas de cacao tuvieron buena aceptación de consumo de forma directa (García-Ceballos *et al.* 2018; Figura 2). La aceptación y consumo de estos productos por los ovinos o caprinos es parte importante para la identificación de un nutracéutico.

Por otro lado, es posible que un producto tenga AAH solo contra una fase de vida del ciclo de los NGI, como en el caso de las hojas de yuca y el percolado de café, que solo combatieron larvas (Lopez *et al.* 2005; Vargas-Magaña *et al.* 2014). Es posible que aunque se haya demostrado AAH *in vitro* de algún subproducto agroindustrial, no se confirme esa actividad en las pruebas *in vivo*, como ocurrió con el percolado de café en ovinos (Ortíz-Ocampo *et al.* 2016). Esto puede deberse a varios factores, como la calidad o cantidad del subproducto incluido en la dieta, el origen y tratamiento del grano de café, y la variación en la cantidad de compuestos activos presentes en el material usado (Hoste *et al.* 2015). También, puede deberse a diferencias en la susceptibilidad de los NGI utilizados en las pruebas *in vivo*. Si los NGI fueran resistentes a los compuestos a los que se les atribuye la AAH, no se podrá obtener un resultado favorable.

Es importante mencionar que uno de los inconvenientes en la búsqueda de productos nutracéuticos es la dificultad en la interpretación de los resultados. Esto se relaciona con las

diferencias que se producen entre las condiciones *en el laboratorio* y *en campo*. Sin embargo, vale la pena continuar con la búsqueda de productos que favorezcan la nutrición y la salud de los animales de corral, y al mismo tiempo contribuir a darle un uso más eficiente a los desechos de otra industria. De esta manera, se podría ingresar a una economía circular para el reciclaje subproductos agroindustriales que son fuente de nutrientes y sustancias con AAH, y finalmente una producción más sustentable tanto de los productos agroindustriales como para la industria de producción de pequeños rumiantes que consumen estos materiales reciclados (Figura 2).

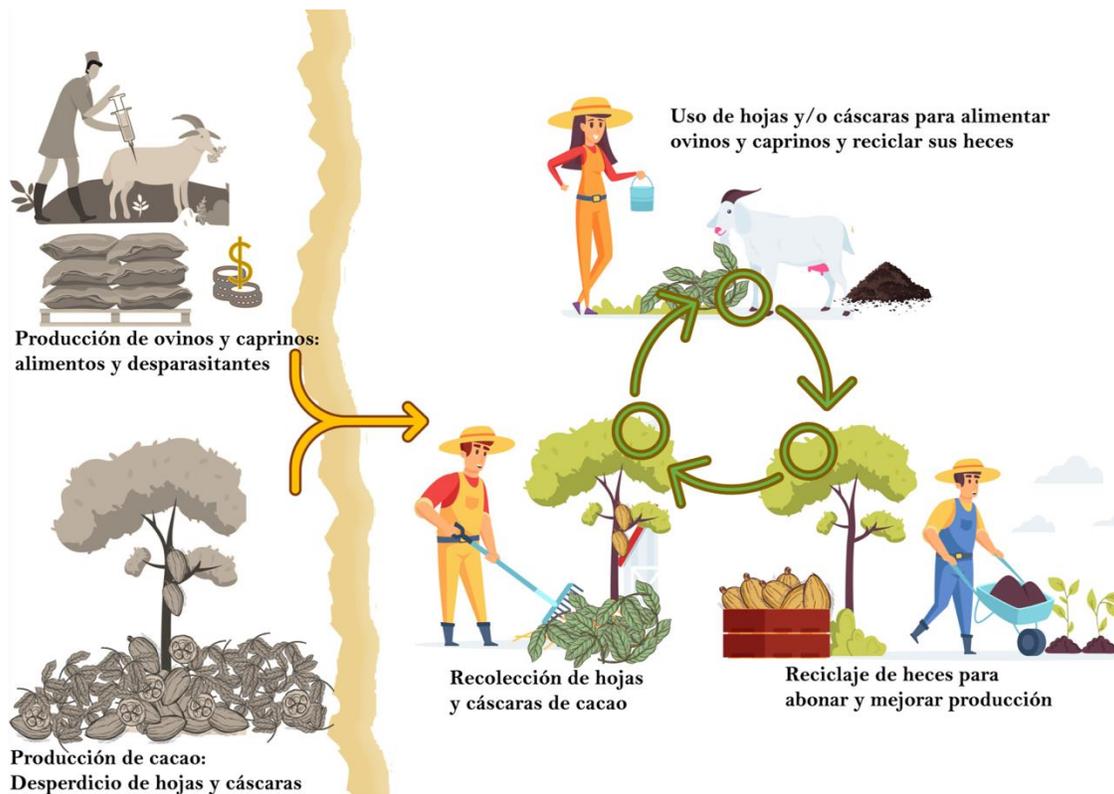


Figura 2. Ejemplo de un procesamiento sustentable de los subproductos de las industrias del cacao en la producción de pequeños rumiantes (ovinos y caprinos) para contribuir a una economía circular entre ambas industrias. Este uso favorece el reciclaje de desechos y reduce el uso de desparasitantes, lo que evita la selección de parásitos resistentes a sustancias antihelmínticas (desparasitantes).

Conclusión

Para demostrar el valor nutracéutico de los subproductos agroindustriales se requiere de la aplicación de pruebas *in vitro* e *in vivo*. Al utilizarlos como alternativa en el control de NGI en pequeños rumiantes (cabras y borregos) y como fuente de nutrientes se disminuyen los costos de producción de estos rumiantes, se aminoran las afecciones por NGI en estos animales, y se reduce el daño ambiental por la acumulación de desechos agroindustriales. Esto sería un efecto “tres en uno”.

Agradecimientos

CAGC agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, México) por la beca de maestría en ciencias y MGMM al proyecto Cátedras No 692 en la Universidad Autónoma de Yucatán. Agradecemos a Griselda Guadalupe Mancilla Montelongo por la elaboración de la Figura 2.

1Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán,
2CONACYT-Universidad Autónoma de Yucatán. maria.mancilla@correo.uady.mx

García Ceballos CA, Mancilla Montelongo MG, Sandoval Castro CA, Torres Acosta JFJ. 2021. Subproductos agroindustriales: alimentos nutracéuticos para cabras y borregos. *Bioagrociencias* 14(2):32-40.

Referencias

- Ávila-Cervantes RA, Mancilla-Montelongo G, González-Pech PG, Sandoval-Castro CA y Torres-Acosta JFJ. 2019. Bioensayos *in vitro* de relevancia en las ciencias biológicas y agropecuarias. *Bioagrociencias* 12:34-41
- Chiocchio I, Mandrone M, Tomasi P, Marincich L y Poli F. 2021. Plant secondary metabolites: an opportunity for circular economy. *Molecules* 26:495
- Gárate-Gallardo L, Torres-Acosta JFJ, Aguilar-Caballero AJ, Sandoval-Castro CA, Cámara-Sarmiento R y Canul-Ku HL. 2015. Comparing different maize supplementation

strategies to improve resilience and resistance against gastrointestinal nematode infections in browsing goats. *Parasite* 22:19

- García-Ceballos CA, Ventura-Cordero J, Mendoza-López GF, González-Pech PG, Mancilla-Montelongo MG, Castañeda-Ramírez GS, Capetillo-Leal CM, Torres-Acosta JFJ y Sandoval-Castro CA. 2018. Evaluación de la inclusión de hojas de *Theobroma cacao* en la dieta de cabras. Ponencia. V Seminario Internacional y VI Nacional de Investigadores en Salud y Producción Animal SENISPA. Tunja, Boyacá, Colombia
- Hoste H, Torres-Acosta JFJ, Sandoval-Castro CA, Mueller-Harvey I, Sotiraki S, Louvandini H, Thamsborg SM y Terrill TH. 2015. Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites in livestock. *Veterinary Parasitology* 212:5-17
- Hussain A, Khan MN, Iqbal Z, Sajid MS y Khan MK. 2011. Anthelmintic activity of *Trianthema portulacastrum* L. and *Musa paradisiaca* L. against gastrointestinal nematodes of sheep. *Veterinary Parasitology* 179:92-99
- Lopez J, Ibarra OF, Canto GJ, Vasquez CG, Tejada ZI y Shimada A. 2005. *In vitro* effect of condensed tannins from tropical fodder crops against eggs and larvae of the nematode *Haemonchus contortus*. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 3:191-194
- Mancilla-Montelongo MG, Gaudin-Barbier E, Castañeda-Ramírez GS, Canul-Velasco ML, Chan-Pérez JI, De-La-Cruz-Cortazar A, Mathieu C, Fourquaux I, Sandoval-Castro CA, Hoste H, Ventura-Cordero J, González-Pech PG y Torres-Acosta JFJ. 2021. *In vitro* evaluation of the nutraceutical potential of *Theobroma cacao* pod husk and leaf extracts for small ruminants. *Acta Parasitologica* <https://doi.org/10.1007/s11686-021-00354-y>
- Marie-Magdeleine C, Mahieu M, Philibert L, Despois P y Archimede H. 2010. Effect of cassava (*Manihot esculenta*) foliage on nutrition, parasite infection and growth of lambs. *Small Ruminant Research* 93:10-18
- Marie-Magdeleine C, Udino L, Philibert L, Bocage B y Archimede H. 2014. *In vitro* effects of *Musa x paradisiaca* extracts on four developmental stages of *Haemonchus contortus*. *Research in Veterinary Science* 96:127-132
- Min BR, Frank A, Gurung N, Lee JH, Joo JW y Pacheco W. 2019. Peanut skin in diet alters average daily gain, ruminal and blood metabolites, and carcass traits associated with *Haemonchus contortus* infection in meat goats. *Animal Nutrition* 5:278-285

- Ortíz-Ocampo GI, Chan-Pérez AG, Covarrubias-Cárdenas AG, Santos-Ricalde RH, Sandoval-Castro CA, Hoste H, Capetillo-Leal CM, González-Pech PG y Torres-Acosta JFJ. 2016. Efecto antihelmíntico *in vitro* e *in vivo* de residuos de *Coffea arabica* sobre un aislado de *Haemonchus contortus* con baja susceptibilidad a taninos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 19:41-50
- Torres-Fajardo RA, González-Pech PG, Sandoval-Castro CA y Torres-Acosta JFJ. 2020. Small ruminant production based on rangelands to optimize animal nutrition and health: building an interdisciplinary approach to evaluate nutraceutical plants. *Animals* 10:1799
- Vargas-Magaña JJ, Torres-Acosta JFJ, Aguilar-Caballero AJ, Sandoval-Castro CA, Hoste H y Chan-Pérez JI. 2014. Anthelmintic activity of acetone-water extracts against *Haemonchus contortus* eggs: Interactions between tannins and other plant secondary compounds. *Veterinary Parasitology* 206:322–327
- Waller PJ y Thamsborg SM. 2004. Nematode control in ‘green’ ruminant production systems. *Trends in Parasitology* 20:493-497