

USO DEL FORRAJE DE SOYA (*Glycine max* L. Merr.) VARIEDAD CIGRAS 06 EN LA NUTRICIÓN DE LOS RUMIANTES

Carlos Tobía⁽¹⁾, Enrique Villalobos⁽²⁾ y Edgardo Rico⁽¹⁾

⁽¹⁾ Decanato Ciencias Veterinarias, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Barquisimeto;

⁽²⁾ Universidad de Costa Rica, San José.

E-mail: carlostobia@ucla.edu.ve; Villalobos.enrique@gmail.com; edgardorm@cantv.net

RESUMEN

La soya (*Glycine max* L. Merr.) es la principal fuente de proteína vegetal y un componente importante de los alimentos balanceados que se usan para la nutrición animal en el mundo. Cabe señalar que el uso inicial de la soya, al ser introducida en los Estados Unidos, a principios del siglo XIX, fue precisamente como forraje para la alimentación de cabras y cerdos. No obstante, el uso de la soya como forraje es virtualmente desconocido en el trópico americano. Investigaciones realizadas en la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica (UCR) con el fin de contribuir a reducir los costos de producción animal (principalmente de leche) en el trópico, mediante el uso de la soya variedad CIGRAS 06, para producir forraje de excelente calidad nutricional, trascienden hoy las fronteras nacionales, gracias a un convenio de intercambio académico, científico y cultural con la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA) de Barquisimeto, Venezuela. En las localidades venezolanas donde se ha sembrado esta variedad, los resultados han sido excelentes, debido entre otras cosas, a que las características de suelo, clima y ubicación latitudinal de aproximadamente 10 grados norte entre el estado Lara y Costa Rica, son similares. Los productores de bovinos de leche y carne de nuestros países, se han visto imposibilitados de contar con un forraje como la alfalfa (*Medicago sativa*) en sus sistemas de producción, debido a la pobre adaptación de esta especie al trópico. El forraje de soya cosechado en estado R₆ (90 días aproximadamente) es muy similar en producción y en calidad a la alfalfa; incluso, la soya presenta una ventaja energética comparativa por contar con un mayor contenido de grasa. Es importante señalar que la mejor

variedad forrajera de soya, es aquella que produce más semilla, ya que esta parte de la planta es la que contiene la materia seca más rica en grasa y proteína; por lo tanto, aquellas prácticas culturales que se usan para producir semilla, servirán también para producir el forraje. Las producciones de materia seca registradas en Costa Rica y Venezuela van de 5 a 13 t ha⁻¹. La composición química del forraje de soya fue 26,7 % MS, 20,2 % de PC, 6,7 % de grasa, 5,5 % de cenizas, 42,2 % de fibra neutro detergente (FND), 25,4 % de carbohidratos solubles en solución neutro detergente (CSSND) y la del silaje de soya con 8 % de melaza de caña fue 27,5 % MS, 19,7 % de PC, 36,1 % FND, 33,5 % de CSSND, 0,86 % de calcio y 0,20% de fósforo; con una concentración energética estimada de 70 % de nutrientes digeribles totales (NDT), para ambos materiales. El costo de producción de forraje fue 43,0 y 26,0 Bs.kg⁻¹ y el del silaje de soya 65,0 y 47,0 Bs.kg⁻¹ en Costa Rica y Venezuela, respectivamente, al régimen cambiario actual de 2150 Bs. \$⁻¹.

Palabras claves: forraje y silaje de soya, rumiantes, análisis químico, costos de alimentación.

INTRODUCCIÓN

El modelo económico liderado por los países desarrollados, apunta hacia la eliminación de la protección arancelaria a las importaciones de productos lácteos y cárnicos, a mediano plazo. Esta situación nos obliga a ser más competitivos en la producción, industrialización y comercialización de estos alimentos básicos.

Los altos costos de la producción intensiva de leche en el trópico, debido principalmente a los altos precios de las materias primas importadas para elaborar los alimentos

balanceados, son la causa principal de la baja rentabilidad que afecta actualmente a esta actividad.

Evidentemente, el único camino viable para reducir los costos de alimentación en los sistemas de alta producción de leche y carne, los cuales requieren de elevadas cantidades de energía y proteínas, es producir forrajes de alta calidad nutricional que permitan reducir la cantidad de alimento balanceado (concentrados) en las raciones.

La soya (*Glycine max* L. Merr.) es la principal fuente de proteína vegetal y un componente importante de los alimentos balanceados (concentrados) que se usan para la nutrición animal en el mundo. Cabe señalar que el uso inicial de la soya, al ser introducida en los Estados Unidos, a principios del siglo XIX, fue precisamente como forraje para la alimentación de cabras y cerdos. No obstante, el uso de la soya como forraje es virtualmente desconocido en el trópico americano.

Venezuela cuenta con cultivares de soya de adecuado potencial de rendimiento en grano que se han obtenido de los programas de mejoramiento de la Fundación Danac y de algunas Universidades del país; así como de los materiales introducidos por las diferentes casas comerciales. Durante años, se ha intentado la producción de granos de soya en gran escala para suplir las necesidades del mercado nacional. Estos intentos no han dado los logros esperados debido, en gran medida, a las políticas agrícolas desacertadas y por no poder competir con los grandes productores a nivel mundial como son USA y Brasil.

Hoy en día, muchos de los cultivares de soya obtenidos en Venezuela se encuentran en los banco de germoplasma esperando mejores condiciones para su producción. Tobía (2004) encontró que los cultivares de elevados rendimientos en grano son también los más adecuados para la producción de forraje y silajes de buena calidad. Una manera de darle uso a este valioso recurso, en Venezuela, es utilizarlo para el consumo como forraje y silaje en la alimentación animal. El manejo agronómico y biotecnológico de los cultivares

de soya para la producción de forraje y silaje de buena calidad, surge como una necesidad que posibilita este nuevo enfoque de producción.

Investigaciones realizadas en la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica (UCR) con el fin de contribuir a reducir los costos de la producción animal (principalmente de leche y carne) en el trópico, mediante el uso de la soya variedad CIGRAS 06, para producir forraje de excelente calidad nutricional, trascienden hoy las fronteras nacionales, gracias a un convenio de intercambio académico, científico y cultural con la Universidad "Lisandro Alvarado de Barquisimeto, Venezuela. En las localidades venezolanas donde se ha sembrado esta variedad, los resultados han sido excelentes, debido entre otras cosas, a que las características de suelo, clima y ubicación latitudinal de aproximadamente 10 grados norte entre el estado Lara y Costa Rica, son similares.

Por otra parte, los productores de bovinos de leche y carne de nuestros países, se han visto imposibilitados de contar con un forraje como la alfalfa (*Medicago sativa*) en sus sistemas de producción, debido a la pobre adaptación de esta especie al trópico. El forraje de soya cosechado en el estado R6 es comparable con la alfalfa (Hintz y Albretcht, 1994), la cual es considerada un forraje de excelente calidad nutricional por contener altos contenidos de proteína y bajos tenores de fibra (Weiss y Shockey, 1991). Adicionalmente, el forraje de soya presenta un mayor contenido de energía que la alfalfa, debido a la mayor cantidad de grasas (extracto etéreo) que contiene la semilla inmadura de la soya en este estado de desarrollo (Tobía, 2004).

Es importante señalar que la mejor variedad forrajera de soya, es aquella que produce más semilla, ya que esta parte de la planta es la que contiene la materia seca más rica en grasa y proteína; por lo tanto, aquellas prácticas culturales que se usan para producir semilla, servirán también para producir el forraje.

También, es de suma importancia en el trópico la disponibilidad durante todo el año de recursos alimenticios de buena calidad nutricional. El método de conservación de forrajes húmedos (ensilaje) emerge como la alternativa

lógica que el productor pecuario pueda contrarrestar aquellos períodos de escasez de alimento.

Las leguminosas han sido consideradas durante muchos años, como materiales difíciles de ensilar por presentar bajos contenidos de azúcares solubles, alta capacidad amortiguadora (Bolsen *et al.*, 2001) y bajo contenido de materia seca (McDonald, 1981). Las leguminosas, al ser ensiladas, producen por lo general ensilajes con altos contenidos de ácido butírico y nitrógeno amoniacal. Tobía (2004) encontró que la bacteria ácido láctica (*Lactobacilos brevis* 3) aislada del forraje de soya cosechado en estado R6, la cual fue inoculada posteriormente a los microsilos de soya con diferentes concentraciones de melaza, mejoró el proceso fermentativo del material, al disminuirse las concentraciones del ácido butírico y el contenido de nitrógeno amoniacal.

El forraje de soya es de excelente calidad y el costo de producirlo es relativamente bajo. Se le puede aprovechar como silaje, en mezcla con otros forrajes ricos en carbohidratos solubles y melaza, o bien, se puede secar, moler y usar en mezclas balanceadas de mayor duración, y que pueden transportarse y comercializarse como cualquier producto de esta naturaleza.

Los alimentos promisorios como el forraje de soya requieren la maximización del manejo agronómico y de la incorporación de biotecnología para maximizar su producción y posterior conservación. Para cumplir con este propósito, las instituciones dedicadas a la investigación conjuntamente con las empresas del sector productivo, deben unir esfuerzos y recursos con la finalidad de impulsar la investigación aplicada y contribuir de esta manera con el desarrollo del sector agropecuario del país.

DESARROLLO DE LA VARIEDAD 'CIGRAS-06'

La producción eficiente y rentable de forraje de soya solamente se puede lograr si existe una variedad bien adaptada a las condiciones climáticas de la región; no se

puede pretender una actividad exitosa a partir de materiales introducidos del sur de los Estados Unidos o del norte de Brasil, como ocurrió en el pasado con la producción de grano comercial, empleando variedades seleccionadas del Programa Internacional de Soya (INTSOY), como 'Júpiter', 'IAC-8', 'SIATSA' o 'Pelicano' o 'Cristalina', para citar algunas que fueron seleccionadas desde México, hasta Colombia y Venezuela. La mayoría de estos materiales tienden a ser relativamente precoces y entran en el estado reproductivo a los 40 o 45 días, sin haber alcanzado un desarrollo vegetativo adecuado para dar una producción de semilla y biomasa aceptables. Esto se debe a que la soya es una "especie de día corto", que tiende a florecer precozmente, conforme las horas de luz en el día disminuyen respecto a la región de origen de la variedad.

La variedad 'CIGRAS-06' fue seleccionada del cruzamiento de 'Padre' x 'Duocrop'. Esta última pertenece al grupo de madurez VII y fue desarrollada en Georgia (Jackobs, *et al.*, 1984). La 'CIGRAS-06' se obtuvo mediante un procedimiento similar al método convencional de selección por lote (Poehlman, 1973), sólo que haciendo una selección negativa en las generaciones tempranas, descartando aquellas plantas que florecían muy precozmente y dejando de cosechar aquellas demasiado tardías. La semilla de las plantas que florecían entre los 45 y los 60 días se mezclaban para producir la generación siguiente. A partir de la F₅ la semilla de las mejores plantas se sembró en surcos individuales, algunas veces repetidos. Unas 100 líneas se sembraron en diferentes localidades de Costa Rica, con potencial para producir la soya para grano. Finalmente, se seleccionaron tres variedades: 'CIGRAS-06, 10 y 99', aunque la primera supera a las otras dos en productividad.

La variedad 'CIGRAS-06' pertenece al grupo de madurez VII 'CIGRAS-06' y fue seleccionada por su alta productividad, no solamente en diferentes localidades de Costa Rica, sino también en Nicaragua, donde superó a la variedad local 'CEO-86' en un 50 %, en una prueba comparativa que tuvo lugar en Posoltega, bajo condiciones de mucha lluvia en 1998 (Bustillo, 1999).

Aplicando el criterio norteamericano de que la variedad mejor productora de semilla es también la mejor forrajera (Hintz y Albretcht, 1994), debido a que en esta parte de la planta se concentra la materia seca más rica en grasa y proteína, esta variedad se ha usado básicamente para este propósito en Costa Rica. Las líneas experimentales que florecieron después de los 60 días fueron eliminadas en el proceso de selección, por su susceptibilidad al volcamiento. No obstante, es posible que en nuestras condiciones tropicales la variedad de soya para forraje deba ser más tardía que la 'CIGRAS-06' (al menos unas dos semanas), si se incluye como criterio adicional de selección la resistencia al volcamiento. Además, al cosecharse el forraje un mes antes que la semilla, se logra también reducir el riesgo del volcamiento. Con esta estrategia es posible obtener una mayor productividad. En el CIGRAS se trabaja en este aspecto actualmente. También es posible obtener materiales altamente productivos cruzando 'Padre' con otras variedades seleccionadas previamente en Venezuela.

ADAPTACIÓN DE LA SOYA VARIEDAD CIGRAS-06 EN VENEZUELA

En las localidades venezolanas donde se ha sembrado esta variedad, los resultados han sido excelentes, debido entre otras cosas, a que las características de suelo, clima y ubicación latitudinal -de aproximadamente 10 °N- son similares a la de Costa Rica. No ocurre lo mismo cuando se introducen materiales que han sido seleccionados para latitudes diferentes a las nuestras, ya que al sembrarse en condiciones tropicales, con menos horas de luz que las de su lugar de origen, los materiales introducidos tienden a florecer muy precozmente, dando una producción pobre de biomasa y semilla.

FIJACIÓN SIMBIÓTICA DEL NITRÓGENO

Inoculando la semilla de soya, al momento de la siembra, con cepas seleccionadas de *Bradyrhizobium japonicum*, se puede aprovechar hasta 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno atmosférico, que son transferidos directamente de los nódulos radicales a la

planta. En la mayoría de los suelos de la faja maicera de los Estados Unidos, generalmente no se aplica fertilizante nitrogenado, ya que el residuo de la cosecha anterior de maíz suple las necesidades iniciales de la planta de soya y la fijación simbiótica complementa los requerimientos de N₂ necesarios para alcanzar una buena cosecha. En el trópico, los suelos son generalmente deficientes en este elemento, debido a que el material parental contiene poco o nada de este elemento o porque este se pierde con facilidad, por volatilización o por lixiviación. Se hace necesario entonces aplicar fertilizante N₂, en una cantidad suficientemente alta para lograr un buen desarrollo vegetativo de la planta, pero lo suficientemente bajo para evitar la inhibición del proceso de fijación simbiótica, que inicia después de la floración (Harper, 1974). La reducción del nitrato del fertilizante a amonio, requiere de un aporte energético de la planta, comparable al que esta invierte en el proceso de fijación por *Bradyrhizobium* (de 24 a 30 moles de ATP por mol de N₂ fijado). La inhibición de la fijación ocurre por la competencia energética entre ambos procesos, ya que la planta no puede abastecerlos simultáneamente. Por otra parte, es indispensable que la planta adquiera un buen desarrollo vegetativo para que pueda suplir la energía que la fijación del N₂ requiere y que coincide con el desarrollo reproductivo de la planta. La planta debe producir carbohidratos para activar la nitrogenasa, para suplir electrones para la reducción del N₂ a NH₄, para el crecimiento de los nódulos y para transportar el nitrógeno, en forma predominante de ureídos, a la parte aérea de la planta. Sin embargo, este nitrógeno, que equivale a unos 6 sacos de 50 kg. de urea/ha, puede considerarse un obsequio de la naturaleza, ya que el costo del inoculante para una hectárea de soya, es apenas de aproximadamente 30.000,00 Bs, mientras que el precio del fertilizante nitrogenado sería de 6 a 7 veces más alto que este valor.

Existe una alta especificidad entre el genotipo de soya y la cepa de *Bradyrhizobium*. Es importante que el inoculante esté conformado por varias cepas de la bacteria, para ampliar las probabilidades de lograr una buena nodulación.

Lamentablemente, la inoculación con *B. japonicum*, no es una práctica de cultivo familiar

para nuestros agricultores y ganaderos, y a menudo se omite por falta de credibilidad en los potenciales resultados que esta pueda producir. Incluso, a los técnicos nos ha tomado tiempo constatar la eficiencia de la inoculación en el comportamiento de la planta y en la productividad y llegar a afirmar con certeza que la omisión de esta práctica solamente se puede aceptar como un error (Villalobos y Tobía, 2005).

SIEMBRA

La producción de semilla y en general, de biomasa de soya, es relativamente estable en un ámbito de 150.000 a 300.000 plantas/ha o aún más amplio, debido a que la planta tiene una capacidad compensatoria extraordinaria. Si la población es baja, la planta ramifica más y produce más biomasa y más semilla. No obstante, cuando se siembra para forraje, es preferible que la población tienda hacia el extremo superior, para reducir la producción de ramas y el engrosamiento del tallo que contienen menos energía y proteína (Tobía, 2004) y menor digestibilidad.

La variedad 'CIGRAS 06' es muy resistente al volcamiento aunque se siembre a densidades altas. Es recomendable sembrarla a una distancia de 50 a 60 cm entre surcos; una distancia mayor puede resultar contraproducente. En algunas circunstancias hay que adaptarse al equipo disponible y hay que sembrar a distanciamientos mayores. Lo mismo ocurre cuando se usa el arado rotatorio para controlar las malezas postemergentes, ya que hay que tomar en cuenta el ancho de las llantas del tractor, al definir la distancia entre surcos.

A una distancia de 50 cm entre surcos, se debe ajustar la sembradora para que deposite la cantidad de semillas que produzcan 15 plantas/m lineal, para alcanzar una población de 300.000 plantas/ha. Si la semilla tuviera una germinación del 100 % (lo cual es casi imposible en nuestras condiciones), se sembrarían 15 semillas por metro lineal. Si la germinación fuese de 80 %, teóricamente habría que sembrar unas 19 semillas por metro para alcanzar las 300.000 plantas/ha; sin

embargo, en la realidad, habría que sembrar unas 25 semillas o más por metro lineal para alcanzar esa población de plantas. Esto porque la semilla con 80 % de germinación ha alcanzado una pérdida de vigor muy alta que incide negativamente en la emergencia. Si la germinación de la semilla es menor de 80 %, es preferible no sembrar. Curiosamente, en condiciones normales de campo, una plantación inicial de 300.000 plantas/ha, generalmente termina con una población de 150.000 o menor, las otras quedan eliminadas en la competencia por luz, nutrientes y otros factores desconocidos.

Un saco de 46 kg contiene la semilla suficiente o más (si la semilla es pequeña) para sembrar una hectárea. La semilla debe sembrarse a una profundidad no mayor de 3 cm ni tan superficial que pueda quedar expuesta a la intemperie por el efecto de algún aguacero.

¿POR QUÉ EL FORRAJE Y NO EL GRANO DE SOYA?

La producción de grano comercial de soya exige una inversión alta en maquinaria y equipo y además, está limitada a aquellas zonas con clima estacional (época seca) y a una sola época de siembra, ya que la semilla o el grano comercial de buena calidad solamente se puede producir en ausencia de lluvia.

Además, es poco probable que un agricultor venezolano realice una inversión cuantiosa para producir un grano que se importa de países como los Estados Unidos, que subvencionan su producción. Igualmente, es difícil competir con actividades agroindustriales bien establecidas en el país, como la azucarera, arrocería y maicera.

La producción de forraje de soya, por su parte, no exige una inversión alta, ni requiere de una época seca, por lo que se puede cultivar y cosechar con la misma maquinaria utilizada para cosechar forraje de maíz en cualquier región del país, siempre que cuente con una topografía plana y temperaturas entre los 25 y 35 °C.

La soya para ensilar se cosecha cuando la planta, aún verde, ha llenado las semillas completamente, aproximadamente un mes antes que la cosecha de la semilla. Esto permite un mejor uso de la tierra pues se puede cosechar

Cuadro 1. Producción de soya variedad CIGRAS-06, cosechada en el estado R₆, en diferentes épocas del año de Costa Rica y Venezuela.

Localidades	Época de siembra	Área m ²	Producción t MS ha ⁻¹
La Tirimbina, Sarapiquí *	Feb. - May. 02	24000	4,8
Carrillo, Guanacaste **	Sep. - Ene. 97	50	7,5
Carrillo, Guanacaste **	Feb. - Jun. 97	50	8,8
La Fortuna, San Carlos **	Ene. - Abr. 97	50	7,3
Montaña Verde, Venezuela***	Abr - Jul. 05	7000	13,2

* Densidad de siembra 192.000 plantas/ha (distancia entre surcos 0,8 m)

** Densidad de siembra 240.000 plantas/ha (distancia entre surcos 0,5 m)

*** Densidad de siembra 250.000 plantas/ha (distancia entre surcos 0,6 m)

hasta tres veces al año, se aprovecha la proteína de toda la planta y se evitan problemas con malezas e insectos que proliferan al final del ciclo del cultivo, lo que la convierte en una producción amigable con el ambiente y una excelente alternativa para la producción animal orgánica.

Para ensilar el forraje de soya exitosamente, se requiere de una fuente adicional de carbohidratos solubles, como la melaza, el maíz, u otras fuentes de carbohidratos solubles. También es recomendable aplicar bacterias fermentadoras como *Lactobacillus brevis* 3 al ensilar (Tobia 2004).

El forraje de soya también se puede industrializar. En Costa Rica, al menos una empresa experimenta con el forraje de soya secado y molido y en una presentación granular (“peletizado”) mezclada con subproductos de la caña de azúcar y otros componentes.

Se acepta como la mejor variedad forrajera de soya aquella que produce más semilla, ya que esta parte de la planta es la que contiene la materia seca más rica en grasa y proteína; por lo tanto, aquellas prácticas culturales que se usan para producir semilla, servirán también para producir el forraje.

¿CUÁNDO Y CÓMO COSECHAR EL FORRAJE DE SOYA?

La soya para forraje se cosecha cuando las vainas han llenado completamente, pero permanecen aún verdes. Esto coincide, generalmente, con el inicio del amarillamiento

de las hojas inferiores, más o menos a los 90 días de la siembra en la variedad ‘CIGRAS-06’. En el lenguaje técnico universal a este estado de desarrollo se le conoce como R₆ (Fehr y Caviness, 1980) y por definición corresponde al momento de desarrollo en que la planta presenta, al menos una vaina con las semillas completamente llenas, en algunos de los cuatro nudos de la parte superior de la planta. Este momento es muy apropiado para la cosecha porque se aprovecha virtualmente toda la materia seca de la planta y el nitrógeno (proteína) que ha sido fijado por *Bradyrhizobium* (Harper, 1974).

La cosecha es recomendable hacerla con una cortadora-picadora (“chopper, tucán”) que además de cortar la planta cerca de la superficie del suelo, la pica y la envía por una manga al vehículo recolector.

VALOR NUTRICIONAL DEL FORRAJE DE SOYA

La cantidad total de materia seca producida por cultivares adaptados a diferentes localidades de los Estados Unidos se estima entre un poco más de 7 t MS/ha (Hanway y Thompson, 1971; Hintz *et al.*, 1992) hasta 15 t MS/ha (Muñoz *et al.*, 1983). No obstante, estos últimos autores hicieron sus cálculos con base en muestras tomadas de parcelas relativamente pequeñas, de ahí que los datos podrían sobreestimar la productividad de un área comercial. En Costa Rica se han obtenido valores que oscilan entre 9 y 12 t MS ha⁻¹ para diferentes genotipos introducidos que se sembraron en fotoperíodos crecientes (siembra en mayo) y entre 5 y 7 t MS ha⁻¹ cuando los mismos genotipos se sembraron en fotoperíodos decrecientes (siembra en septiembre) (Villalobos *et al.*, 1991). Sin

embargo, no existen estudios, al respecto, con genotipos bien adaptados a nuestras condiciones climáticas. En Venezuela, con la variedad CIGRAS 06 se obtuvo 13 t MS ha⁻¹ en suelos de alta fertilidad (Cuadro 1).

El valor nutricional del forraje de soya es excelente, como se puede apreciar en el Cuadro 2. Su contenido de proteína (20 %), supera en un 25 % a la mayoría de los alimentos balanceados que se venden para la producción de leche y carne en Costa Rica y Venezuela. Su comparación con la alfalfa, se hace para enfatizar en su excelente calidad ya que la soya como forraje es menos conocida que la alfalfa. En condiciones favorables, ambos, pueden llegar a producir hasta 2 toneladas de proteína por hectárea (la alfalfa en 4 o 5 cosechas). Tobía (2004) encontró que la grasa de la soya le confiere una ventaja energética sobre el forraje de alfalfa y otras leguminosas.

Las dos especies muestran valores de fibra neutro detergente entre 40,0 y 43,0%, que son porcentajes menores que aquellos de las gramíneas (Tobía, 2004). Ambas poseen una alta capacidad amortiguadora ("buffer") [515 ± 113 meq/kg de materia seca en soya (Tobía, 2004) y 488 meq/kg de materia seca en alfalfa (McDonald, 1981) para dar un ejemplo].

La soya también difiere de la alfalfa en muchos aspectos, empezando por su origen, ya que la alfalfa es una especie perenne de clima templado, mientras que la soya es anual

y de origen tropical. Obviamente, al haber evolucionado en condiciones tropicales, la soya ha desarrollado resistencia natural a muchos patógenos típicos de estas regiones, donde la alfalfa tendría dificultades para sobrevivir. Existen algunas variedades de alfalfa que se adaptan bien a las zonas altas de Colombia y de otros países tropicales.

En síntesis, ambas leguminosas son excelentes forrajeras. De hecho, la soya se introdujo a los Estados Unidos para su uso como forraje. En el trópico posiblemente nos ha faltado imaginación para usarla con este fin. Sin embargo, parece muy obvio que la mejor forma de reducir el consumo de concentrados elaborados con soya y maíz importados es ofreciéndole a nuestros animales los mismos materiales, pero en forma de forrajes que sí pueden producirse competitivamente en nuestras condiciones.

SELECCIÓN DE BACTERIAS FERMENTADORAS

La atomización con bacterias ácido lácticas (BAL), es otra práctica que a menudo se omite, pero que es indispensable si se desea obtener un buen silaje de soya. Tobía *et al.* (2003) aislaron e identificaron cepas de *Lactobacillus brevis* 3 del forraje de soya que redujeron el nitrógeno amoniacal y el ácido butírico y aumentaron ligeramente la materia seca del silaje de soya. Además, estas bacterias mostraron un efecto sinérgico con la melaza en la reducción de los ácidos acético y butírico y del pH del silaje.

Cuadro 2. Distribución y composición de la materia seca (kg/ha) en las diferentes partes de la planta de soya cosechada en el estado de desarrollo R₆ en Hacienda Pozo Azul, Sarapiquí, Costa Rica.

Parte de la planta	MS	PC	EE	Cs	% FND	CSSND
Hojas	1171,2 (24,4 ± 1,5)	294,0 (25,1 ± 3,3)	62,1 (5,3 ± 0,5)	87,8 (7,5 ± 0,3)	310,4 (26,5 ± 2,4)	416,9 (35,6 ± 2,5)
Tallos y pecíolos	1876,8 (39,1 ± 2,9)	148,4 (9,2 ± 1,4)	22,5 (1,2 ± 0,3)	80,7 (4,3 ± 0,9)	1032,0 (64,0 ± 1,6)	341,9 (21,2 ± 3,6)
Vainas y semillas	1752,0 (36,5 ± 3,9)	438,0 (29,1 ± 1,1)	204,7 (13,6 ± 2,0)	79,8 (5,3 ± 0,4)	439,5 (29,2 ± 2,2)	341,8 (22,7 ± 1,1)
Parte aérea	4800,0 (26,7 ± 2,2)	880,4 (20,2 ± 2,2)	289,3 (6,7 ± 1,4)	248,3 (5,5 ± 0,6)	1781,9 (42,2 ± 1,8)	1100,6 (25,4 ± 2,3)

Densidad de siembra 192000 plantas/ha (distancia entre surcos 0,80 m)

Valores entre paréntesis significan valor promedio ± IC 95 (Intervalo de confianza 95 %)

MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; Cs: cenizas; FND = fibra neutro detergente corregida por cenizas y por proteína cruda; CSSDN = carbohidratos solubles en solución neutro detergente

VALOR NUTRICIONAL DEL SILAJE DE SOYA

Así como la alfalfa se utiliza como el patrón de comparación de las leguminosas tropicales, el maíz lo representa para la conservación ácida de los forrajes tropicales (Cuadro 3).

El silaje de soya (ES) presentó concentraciones de MS, PC, ENL_{3x}, CSSND y Ca, las cuales fueron superiores a las del silaje de maíz (EM) en 12,2, 121,3, 5,3, 6,0 y 196,5%, respectivamente. Por otra parte, los contenidos de FND se concentraron en 30,2 % más en los EM que en los ES. La concentración de P fue similar para ambos silajes.

Además, el ES presenta un contenido mayor de energía que el EM. Por lo tanto, al incorporar el ES a las raciones se esperaría un incremento en la productividad del ganado lechero.

COSTO PRODUCIR FORRAJE DE SOYA Y SILAJE DE SOYA

La producción de forraje y de ensilaje de soya en Costa Rica tuvo un costo de 0,02 y 0,03 \$ (U.S.) kg⁻¹, lo que equivale a 43,0 y 64,5 Bs. kg⁻¹, respectivamente, al régimen cambiario actual de 2.150 Bs. por \$ (U.S). En Venezuela, los costos del forraje y ensilaje de soya fueron 25,8 y 47,3 Bs. kg⁻¹, respectivamente, los cuales fueron 40,0 y 27,0 % más bajos que los obtenidos en Costa Rica (Cuadro 4). Esta diferencia en los costos de producción posiblemente se debió a la mayor producción de biomasa (TM materia fresca ha⁻¹) obtenida en la siembra que se realizó en Venezuela, la cual duplicó a la plantación de la Hacienda Sarapiquí en Costa Rica.

¿CUÁLES MATERIALES SE PUEDEN MEZCLAR PARA ENSILAR EL FORRAJE DE SOYA?

Es recomendable mezclar el forraje de soya con otros componentes que aporten carbohidratos solubles, como ya se ha sugerido. Más aún, es mejor ensilar el forraje de soya en mezcla con gramíneas, que hacerlo solamente con melaza; esto aumenta el consumo y disminuye los costos por kilogramo de forraje de soya ensilado. Las alternativas son numerosas, pero es conveniente mezclar con fuentes de carbohidratos solubles accesibles localmente, para evitar el costo adicional del transporte. Los resultados obtenidos al mezclar el forraje de soya con cantidades aproximadamente iguales de maíz o pasto estrella adicionándole melaza han sido muy positivos. Por otra parte, valdría la pena evaluar otras fuentes de azúcares solubles que se adapten bien a las condiciones tropicales.

CONCLUSIONES

El forraje de soya es una alternativa para producir cantidades adecuadas de materia seca con excelente calidad nutricional (este forraje tiene el potencial para convertirse en la alfalfa del trópico).

Es importante para asegurar el suministro durante las épocas críticas o durante todo el año, utilizar algún método de conservación de forrajes. El silaje de soya ha sido validado en sistemas de alimentación en el trópico y emerge como una alternativa económica y viable. Hay que hacer la salvedad que para ensilar adecuadamente el forraje de soya (debido a su baja concentración de carbohidratos solubles y a su relativa alta capacidad buffer), es necesario adicionar una fuente de carbohidratos solubles, que además de optimizar el proceso fermentativo, mejora también las características organolépticas del silaje de soya.

Cuadro 3. Comparación de la composición bromatológica de los silajes de maíz y soya.

Ingredientes	% MS	% PC	ENL _{3x} (Mcal/kgMS)	% FND	% CSSND	% Ca	% P
Silaje de maíz	24,5 ¹	8,9 ¹	1,32 ⁶	51,7 ²	31,6 ³	0,29 ⁴	0,19 ⁵
Silaje de soya	27,5 ¹	19,7 ¹	1,39 ⁶	36,1 ²	33,5 ³	0,86 ⁴	0,20 ⁵

¹AOAC, 1990; ²Goering y Van Soest, 1970; ³Hall, 1998; ^{4,5}Fick *et al.*, 1979; ⁶Weiss, 1999.

MS: materia seca; PC: proteína cruda; ENL_{3x}: energía neta de lactación 3 veces mantenimiento; FND: fibra neutro detergente; CSSND: carbohidratos solubles en solución neutro detergente; Ca: calcio; P: fósforo

Cuadro 4. Costo de producción de forraje y silaje de soya cosechado en el estado R₆, en la Hacienda Pozo Azul (Sarapiquí - Costa Rica) y en la Cooperativa Agro Mango (Sicarigua - Venezuela).

Localidades	Forraje		Silaje	
	\$ (U.S.).kg ⁻¹	Bs.kg ⁻¹	\$ (U.S.).kg ⁻¹	Bs.kg ⁻¹
Hacienda Pozo Azul (Costa Rica)	0,02	43,00	0,03	64,50
Cooperativa Agro Mango (Venezuela)	0,01	25,80	0,02	47,30

La producción de forrajes de excelente calidad nutricional y su incorporación a las raciones, disminuye la alta dependencia que tienen los sistemas de producción de leche y carne de materias primas importadas (alimentos balanceados), lo que contribuiría a incrementar la rentabilidad y competitividad de los mismos.

REFERENCIAS

- Association of Official Analytical Chemistry (A.O.A.C.) 1990. Official methods of analysis. 15th Ed. Arlington, Virginia. 1298 p.
- Bolsen, K., Brent, B., Uriarte, E. 2001. The silage triangle and important practices often overlooked. California Animal Nutrition Conference. California, USA. Pp. 60-65.
- Bustillo, C. 1999. Informe sobre los resultados de una prueba de variedades nuevas de soya. Ministerio Agropecuario y Forestal, Centro Experimental de Occidente, Managua, Nicaragua. Informe Técnico para AGROSA.
- Fehr, W., Caviness, C. 1980. Stages of soybean development. Special report 80. Cooperative Extension Service, Iowa State University, Ames, Iowa. 11 p.
- Fick, K., Mcdowell, L, Miles, P., Wilknsen, N., Funk, J., Conrad, J. 1979. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. Gainesville, FL. Animal Science Departament. University of Florida. Pp. 601-603, 701-703.
- Goering, H., Van Soest, P. 1970. Forage fiber analyses. Handbook 379. Agriculture Research Service, Washington. 20 p.
- Hall, M. 1998. Making nutritional sense of nonstructural carbohydrates. In 9th Annual Florida Ruminant Nutritional Symposium. Gainesville, Florida. Pp. 108-121.
- Hanway, J., Thompson, H. 1971. How a soybean plant develops. Special Report 53. Cooperative Extension Service, Iowa State University, Ames, Iowa. 17 p.
- Harper J. 1974. Soil and symbiotic nitrogen requirements for optimum soybean production. Crop Sci. 14: 255-260.
- Hintz, R., Albrecth, K. 1994. Dry matter partitioning and forage nutritive value of soybean plant components. Agronomy Journal 86:59-62.
- Hintz, R., Albrecth, K., Oplinger, E. 1992. Yield and quality of soybean forage as affected by cultivar and management practices. Agronomy Journal 84: 795-798.
- Jackobs, J., Smyth, C., Erickson, D. 1984. International soybean variety experiment. Eleventh report of results, INTSOY Series N° 29, University of Illinois. 168 p.
- McDonald, P. 1981. The biochemistry of silage. 1^{ra} Ed. John Wiley & Sons. Chichester, New York. 226 p.
- Muñoz, A., Holt, E., Weaver, R. 1983. Yield and quality of soybean hay as influenced by stage of growth and plant density. Agronomy Journal 75:147-149.
- Poehlman, J. 1973. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. Limusa, México. 453 p.
- Tobía, C. 2004. Introducción del ensilaje de soya en un sistema de producción intensiva de leche en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis PhD. Sistema de Estudios de Posgrado, Universidad de Costa Rica, San José. 120 p.
- Tobía, C., Uribe, L., Villalobos, E., Soto, H., Ferris, I. 2003. Aislamiento, selección y caracterización de bacterias ácido lácticas en ensilajes de soya. Agronomía Costarricense 27: 21-27.
- Villalobos, E., Tobia, C. 2005. Forraje de soya: una alternativa para aprovechar esta leguminosa en el trópico. In Primer Curso Internacional sobre Avances en la Nutrición de los Rumiantes (Memorias). Universidad

- Centroccidental "Lisandro Alvarado", Barquisimeto. Pp. 241 – 254.
- Villalobos, E., Avila, G., Echandi, C. 1991. Crecimiento determinado e indeterminado de la soja en dos épocas de siembra en Costa Rica. Turrialba 41: 412- 422.
- Weiss, W. 1999. Energy prediction equation for ruminant feeds. *In* Proceeding Cornell Nutrition Conference. Ronchesteer, N.Y. Pp. 176-185.
- Weiss, W., Shockey, W. 1991. Value of orchardgrass and alfalfa silage fed with varying amounts of concentrates to dairy cows. *Journal of Dairy Science* 74:1933-1943.