

CAÑA DE AZÚCAR: UNA ESTRATEGIA DE DESARROLLO SUSTENTABLE PARA GENERAR ALIMENTO AVÍCOLA

Román Jiménez Vera¹
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. roman.jimenez@ujat.mx

Nicolás González Cortés
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. nicolas.gonzalez@ujat.mx

Ana Laura Luna Jiménez
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. ana.luna@ujat.mx

Augusto Cámara Mota
Universidad Autónoma del Carmen, México. amota@pampano.unacar.mx

Resumen

La alimentación representa del 70 al 80 % del costo total de la producción animal. Con la intención de reducir costos en la alimentación, están siendo evaluados ingredientes alternativos como la caña de azúcar. En este trabajo se evaluó la siembra de caña de azúcar a pequeña escala, la molienda y la incorporación en la alimentación de aves con la finalidad de impulsar el desarrollo de granjas avícolas familiares. Con las puntas de caña se obtuvo una producción de brotes del 100 %. Con la molienda se obtuvieron partículas entre 1.0 mm y 5.0 mm, sin pérdida de jugo. Se observó una diferencia de 150 g de peso en pollos de seis semanas, siendo menor en los alimentados con el 80 % de caña de azúcar; sin embargo, esta diferencia correspondió a grasa subcutánea. En las codornices, no se obtuvo diferencia de pesos, sólo en la postura de huevos. La siembra vertical de puntas de caña de azúcar representa una opción a pequeña escala para microempresas avícolas ya que puede ser utilizada como alimento para aves en una alta proporción.

Palabras Clave: caña de azúcar, alimento avícola, desarrollo sustentable.

¹ **Román Jiménez Vera.** Químico Farmacéutico Biólogo, Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Doctor en Biotecnología y Doctorante en Alta Dirección. Responsable del Cuerpo Académico Desarrollo Alimentario Sustentable. Profesor del programa educativo de licenciatura Ingeniería en Alimentos y la Maestría en Desarrollo Agropecuario Sustentable.

Nicolás González Cortés. Ingeniero Agrónomo, Maestro en Biotecnología y Doctor en Educación. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Profesor del programa educativo de licenciatura Ingeniería en Alimentos y la Maestría en Desarrollo Agropecuario Sustentable. Miembro del Cuerpo Académico Desarrollo Alimentario Sustentable.

Ana Laura Luna Jiménez. Licenciada en Administración, Maestra en Desarrollo Regional y Doctora en Alta Dirección. Profesora del programa educativo de Licenciatura en Administración y la Maestría en Desarrollo Agropecuario Sustentable. Responsable del Grupo de Investigación Gestión de Tecnologías Administrativas.

Augusto Cámara Mota. Ingeniero Agrónomo con especialidad en Parasitología y Maestro en Protección Vegetal. Profesor de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma del Carmen. Miembro del Grupo Disciplinar Manejo y Aprovechamiento de los Recursos Naturales.

Introducción

La producción de alimentos se ha desplazado desde la agricultura familiar de subsistencia a la agricultura industrial, en donde ésta, se ha convertido en un mecanismo de enriquecimiento. Por este motivo, la mayoría de la población no tiene acceso a ellos, a no ser que pague precios cada día más elevados. Se ha demostrado que ya no es posible seguir practicando una agricultura convencional, sin tener severas consecuencias económicas, sociales y ambientales (Pérez y Landero, 2009).

En la búsqueda de la llamada seguridad alimentaria, se requiere que las naciones controlen las políticas agrícolas y de alimentación como la tierra, las semillas y el agua. Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades y sus preferencias, a fin de llevar una vida activa y sana (Mundo-Rosas *et al.*, 2013).

Desde esta perspectiva, una alternativa, es la pequeña producción, en donde la existencia de pequeños hatos y cultivos en las unidades familiares permite un adecuado manejo en función de las disponibilidades alimentarias de la unidad productiva con muy pocos insumos extras, que genera abono y ventajas ambientales. Estas unidades por lo tanto son una opción que poco a poco regresa a ser vista como alternativa para lograr un equilibrio con el medio ambiente y la producción de alimentos (Mijares y Jiménez, 2012).

En la avicultura los gastos con alimentación corresponden a cerca de 75% del costo producción, siendo el maíz y la torta de soya los ingredientes que más contribuyen para su incremento. Además, en los periodos de no producción, la oferta de granos es menor en determinadas épocas, haciendo que el maíz y la soya, se tornen más caros para el avicultor. Buscando la reducción de costos, los alimentos alternativos están siendo estudiados, como el azúcar, que es un alimento de alta digestibilidad, rápida asimilación, altamente energético (Cordeiro *et al.*, 2007).

Los piensos para aves de corral son caros, por lo que limitan el desarrollo de la industria avícola en los trópicos. Además, la mayoría de los países subdesarrollados están situados en las áreas tropicales, y hay falta de fondos necesarios para importar los ingredientes de la alimentación de los humanos y del ganado. La aguda escasez actual de proteína animal en los países subdesarrollados justifica la investigación del potencial de algunos recursos nuevos producidos localmente para animales (Abou-Elezz *et al.*, 2011)

En la alimentación de aves se ha propuesto el uso de harinas de hojas (Abou-Elezz *et al.*, 2011), azúcar de caña (Cordeiro *et al.*, 2007), sorgo y soya (Gómez *et al.*, 2011) y harina de plátano (Delgado *et al.*, 2013), entre otras, que se pueden incluir en las dietas de aves para suministrar a las empresas

avícolas y para mejorar el margen de ganancias mediante la reducción del uso de las fuentes convencionales de proteína (Abou-Elezz *et al.*, 2011).

El objetivo de este trabajo fue proponer a la caña de azúcar como una alternativa para la alimentación sustentable de aves mediante la evaluación de la siembra a pequeña escala, la molienda para obtener partículas pequeñas y la incorporación en la alimentación de aves.

Revisión de literatura

a) *Caña de azúcar*. En México, la agricultura ha sido durante muchos años una de las principales actividades económicas; sin embargo, la industrialización de productos agrícolas no se ha diversificado; tal es el caso de la caña de azúcar *Saccharum officinarum* L., la cual se emplea de manera tradicional para la obtención de sacarosa, el llamado azúcar de mesa (Rosero *et al.*, 2008). La cosecha de caña de azúcar en verde genera 30 toneladas de biomasa por cada tonelada de caña cosechada; estos residuos se pican y se esparcen sobre el campo de siembra o se colocan sobre los entresurcos o calles para su descomposición. Los residuos de cosecha en verde (inmediatamente después del corte) tienen un contenido de agua de alrededor de 75% y un contenido nutricional representado en azúcares, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y zinc, nutrientes que son ideales para el crecimiento microbiano (Victoria *et al.*, 2002).

La caña de azúcar es un cultivo plurianual. Se corta cada 12 meses y la plantación dura aproximadamente 5 años. Tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura con 5 ó 6 cm de diámetro. El sistema radicular lo compone un robusto rizoma subterráneo; puede propagarse por estos rizomas y por trozos de tallo. La caña de azúcar no soporta temperaturas inferiores a 0 °C, aunque alguna vez puede llegar a soportar hasta 1 °C, dependiendo de la duración de la helada. Para crecer exige un mínimo de temperaturas de 14 a 16 °C. La temperatura óptima de crecimiento parece situarse en torno a los 30 °C., con humedad relativa alta y buen aporte de agua. Se adapta a casi todos los tipos de suelos, vegetando mejor y dando más azúcar en los ligeros, si el agua y el abonado es el adecuado. En los pesados y de difícil manejo constituye muchas veces el único aprovechamiento rentable. Los suelos muy calizos a veces dan problemas de clorosis. En México las variedades existentes son: MEX 69-290, MEX 79-431, MEX 68-P-23, MEX 57-473, ZMEX-55-32, MEX-68-1345, MEX 69-749, ITV 92-1424, ITV 92-373 (COVECA, 2010).

La caña de azúcar es posiblemente el cultivo tropical de mayor eficiencia en la fotosíntesis y en los mecanismos de producción de la biomasa. Tradicionalmente la caña de azúcar ha estado vinculado a la agroindustria artesanal (trapiche panelero) o tecnificada (ingenio azucarero o fábricas de derivados), siendo su destino principal la producción de sacarosa para el consumo humano (Sarria *et al.*, 1990); lo

anterior ha limitado el desarrollo y la aplicación de tecnologías para el empleo de este cultivo en la alimentación animal (Ferreira *et al.*, 1994).

El primer producto de la molienda de la caña es el jugo o guarapo. Puede ser extraído mediante un solo paso del tallo en un trapiche artesanal con una eficiencia del orden de 0.66 (proporción de los azúcares totales extraídos) o a través de la molienda industrial cuando al ser pasada por cuatro o cinco molinos y adicionándose agua de imbibición, se logra aumentar el grado de extracción de los azúcares hasta una proporción de 0.97 (Sarria *et al.*, 1990). El jugo de caña contiene entre 15 y 20 % de sólidos totales, de los cuales alrededor del 80 % son azúcares solubles, principalmente sacarosa, es libre de contenido fibroso y bajo en proteína por lo que es una fuente básicamente energética (González y González, 2004).

El Cuadro 1 muestra la composición proximal de caña quemada, sin quemar y residuos del corte de caña. Por otra parte, se han reportado valores de energía bruta de 3,850 kcal/kg de masa seca, energía digestible de 3 670 kcal/kg de masa seca y energía metabolizable, de 3 540 kcal/kg de masa seca, con 21 % de masa seca y 14.8 % de sacarosa. Se considera que el jugo de caña de azúcar es 3.8 veces más energético que un cereal (Sarria *et al.*, 1990; González y González, 2004).

Cuadro 1. Composición proximal de la caña de azúcar cruda y quemada.

Componente (%)	Caña sin quemar	Residuos	Caña quemada
Materia seca	94,93	94,56	91,60
Proteína cruda	11,38	11,43	10,61
Cenizas	3,39	3,48	3,36
Fibra neutro detergente	59,24	60,15	58,69
Fibra ácido detergente	27,89	34,70	30,24
Hemicelulosa	31,35	25,45	28,45
Carbohidratos solubles	40,76	39,85	41,31

Fuente: Aguirre *et al.*, 2010.

b) Caña como alimento animal. Se ha sugerido que el jugo de caña de azúcar puede ser la mayor fuente de energía en aquellos países donde la caña de azúcar es uno de los mayores cultivos. El jugo se compone principalmente de sacarosa y en relación con ello se han dado a conocer valores de energía digestible tan altos como 15.35 kJ/g de masa seca, explicando por lo tanto, su alta digestibilidad (González *et al.*, 2006). El jugo de caña ha sido evaluado en diversos experimentos realizados en varios países tropicales, obteniéndose resultados que demuestran una excelente respuesta animal. Sin embargo, en otros casos, los resultados no han sido muy alentadores, con

conclusiones que señalan como principal causa la baja capacidad enzimática que poseen los cerdos en el intestino para desdoblar los azúcares contenidos en el jugo (González y González, 2004).

Ferreira *et al.* (1994) evaluaron el empleo de jugo de caña en la alimentación de cerdas en gestación como fuente energética en reemplazo del maíz, obtuvieron como resultado que las cerdas que recibieron jugo de caña lograron mayores ganancias de peso durante la gestación y por lo tanto presentaron mejores condiciones físicas en el momento del parto y el intervalo destete-celo fue menor en las cerdas alimentadas con jugo de caña. Con este trabajo se demostró que el jugo de caña es una fuente adecuada de energía para cerdas gestantes, en donde se logra sustituir el maíz hasta el 100 %.

Cordeiro *et al.* (2007) realizaron un experimento con el objetivo evaluar el empleo de cinco niveles de azúcar (0, 4, 8, 16 y 32 %) en sustitución del maíz en la alimentación de pollos asaderos en fase de terminación. Fueron evaluadas las características de desempeño, los contenidos de agua, proteína y grasa corporal. El azúcar influyó de forma lineal positiva sobre el peso y rendimiento de grasa abdominal en los machos. En las hembras hubo efecto lineal negativo para rendimiento de pechuga. Los niveles de azúcar no influenciaron los contenidos de grasa y proteína en la canal de machos, en las hembras causaron efecto lineal positivo en la cantidad de gordura corporal.

Una de las características de la caña de azúcar que la hacen ideal para alimentación animal es el carácter estacional de la agroindustria azucarera, cuya actividad coincide con el periodo de escasez de alimentos voluminosos convencionales, como el pasto y el forraje. Esta baja disponibilidad de alimentos durante los meses poco lluviosos del año ha estado asociada tradicionalmente a la pérdida de peso de los animales, la desnutrición, el deterioro de los indicadores reproductivos del rebaño y en muchos casos, la muerte (Espinosa *et al.*, 2007).

c) Aves. La complejidad de la producción del pollo significa que las personas que lo manejan deben comprender con claridad los factores que afectan a todo el proceso de producción, así como aquellos que influyen directamente en el manejo de las aves en la granja. Tal vez sea necesario realizar cambios en la incubadora, en la granja de cebo, durante el transporte de las aves al matadero o en la misma planta procesadora. No existen dos naves completamente idénticas, por lo que los requerimientos de cada lote de engorde presentan diferencias. El responsable de producción de la granja debe comprender los requerimientos de las aves y, mediante la aplicación del manejo encaminado a las respuestas, satisfacer los requerimientos individuales para asegurar el rendimiento óptimo de cada lote.

El rendimiento final del pollo de carne y su rentabilidad dependen de la atención que se preste a los detalles durante todo el proceso de producción. Esto implica un buen manejo de la salud de las

reproductoras, de prácticas cuidadosas en la planta de incubación y de entregar eficazmente a los pollitos recién nacidos en términos de calidad y uniformidad. La calidad del pollo puede verse influida en todas las etapas del proceso (Aviagen, 2010).

Las codornices son originarias de Europa, Norte de África y Asia y pertenecen a la familia Phasianidae, subfamilia Perdicinidae (Pinto *et al.*, 2002). La codorniz europea (*Coturnix coturnix coturnix*) se introdujo en Japón en el siglo XI donde se cruzó con especies salvajes dando lugar a la codorniz doméstica (*Coturnix coturnix japonica*) que es la más difundida a nivel mundial. Esta codorniz se caracteriza por su gran precocidad y elevada productividad y se explota tanto para la producción de carne como de huevos. La producción de carne de codorniz se concentra fundamentalmente en determinados países de Europa tales como España y Francia y en Estados Unidos y la de huevos en Asia (China y Japón) y más recientemente en Brasil (Minvielle, 2004).

Los programas de alimentación de codornices varían en función del tipo de ave considerado, así como del manejo y las características concretas de las explotaciones. Normalmente en el periodo de cebo se utilizan sólo dos piensos: arranque o primera edad hasta las 2 ó 3 semanas de vida y engorde o acabado a partir de esta edad y hasta las 5-7 semanas. Se ha encontrado que ayunos post-eclosión de 24 h reducen el peso de las codornices a los 21 d de edad. Por tanto, es de interés suministrar agua y pienso a las codornices lo antes posible tras el nacimiento, dada la importancia del estímulo mecánico del pienso sobre el desarrollo del tracto gastrointestinal y la reabsorción del saco vitelino durante los primeros días de vida (Lázaro *et al.*, 2005).

d) Alimentación de aves. En la avicultura los gastos de alimentación corresponden a cerca de 75 % del costo de producción. Tradicionalmente, han sido el maíz y la soya los principales ingredientes empleados en la alimentación de aves, sin embargo, estos insumos son los que más contribuyen al incremento de costos en la alimentación. Además, en los periodos de no producción, la oferta de granos es menor en determinadas épocas, haciendo que los ingredientes se tornen más caros para el avicultor (Cordeiro *et al.*, 2007).

Se han evaluado diversos ingredientes en la alimentación de aves. Gómez *et al.* (2011) evaluaron tres programas de alimentación para pollos de engorda con base en dietas sorgo-soya con distintos porcentajes de proteína. Se encontró que la formulación con proteína ideal permite emplear ingredientes de menor calidad en la formulación de dietas para aves, sin detrimento en sus variables productivas. El empleo de aminoácidos sintéticos (metionina, lisina, treonina y triptófano), en dietas en cada fase permite reducir el porcentaje de proteína en los programas de 2, 3 y 4 fases de alimentación y reducir los costos en la formulación.

Campabadal *et al.* (1985) realizaron dos experimentos con el objeto de determinar el efecto de la utilización de diferentes niveles de soya integral obtenida por el proceso de extrusión como fuente proteica en la alimentación de pollos de engorde se presentaron variaciones estadísticas entre tratamientos para el peso de las aves, consumo de alimento y la conversión alimenticia en el periodo de iniciación.

Trompiz *et al.* (2007) evaluaron el efecto de raciones con harina de follaje de yuca sobre el comportamiento productivo en pollos de engorde. Los resultados sugieren que es posible incorporar harina de follaje de yuca hasta niveles de 7.5 % sin afectar en gran medida los parámetros productivos y permitiendo un ahorro en el costo total de la alimentación, siendo éstos similares al estándar de la producción de pollos de engorde en Venezuela.

En Argentina el afrechillo de arroz no constituye un ingrediente común en la formulación de las raciones pero, en épocas de crisis, con un alto precio del maíz, la industria avícola ha recurrido a su utilización como complemento en la dieta (Cadena Avícola, 2009). El afrechillo es un subproducto obtenido en el proceso del pulido de arroz para alimentación humana. Compuesto por pericarpio, capa de aleurona, germen y parte de endospermo. Su elevado contenido en grasas insaturadas, limita el tiempo de conservación (Gayo, 2007).

La inclusión de afrechillo de arroz no se ha realizado a niveles superiores al 12 % dado que en la práctica se han observado efectos negativos sobre el desempeño de las aves por la presencia de factores antinutricionales. Se ha demostrado que un nivel de inclusión superior al 20 % afecta negativamente el desempeño y la mineralización ósea. Una de las principales desventajas para la incorporación de afrechillo de arroz en las dietas es la inestabilidad de su aceite, debido a la rápida hidrólisis del mismo con su posterior oxidación (Cadena Avícola, 2009).

Alcarráz *et al.* (2012) evaluaron el empleo de lactosuero, en la alimentación de pollos broiler con raciones bajas en proteínas (13 % y 15 %), en etapa de acabado para obtención de pollivapos (8-11 semanas). El uso de lactosuero como suplemento alimenticio para la crianza de pollos broiler, para la obtención de pollipavos ofrece beneficio económico positivo. Permitiendo reducir costos en la alimentación de pollos broiler, así como es posible sustituir el uso de la harina de pescado como fuente de proteína, ya que el lactosuero mejora la utilización de la proteína de fuentes vegetales, como es el caso de la torta de soya.

Con el surgimiento de las técnicas de cría modernas de los últimos 30 años, la mayoría de los animales de granja se alimentan a base de granos dentro de espacios confinados, en lugar de tener la posibilidad de deambular libremente y alimentarse de plantas o insectos. Darles granos, como maíz, permite ahorrar dinero, espacio y tiempo. Sin embargo, los pollos no son estrictamente vegetarianos,

por lo que una dieta de granos puede afectar su salud y reducir la calidad nutricional de su carne y sus huevos. Asimismo, los pollos alimentados con maíz suelen requerir medicación o aditivos que también pueden afectar la carne y los huevos (Dubois, 2013).

Materiales y Métodos

a) *Cultivo*. Se sembró una superficie de 0.25 ha, localizada en la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. La limpieza del terreno incluyó la eliminación de malezas mediante el arado, proceso realizado a principios del mes de julio; este proceso fue realizado para la siembra de maíz, no para el cultivo de caña de azúcar. La densidad de siembra se estableció a una distancia entre surcos de 1.5 m y una distancia entre plántulas de 0.8 m (Viveros y Calderón, 1995). Se evaluó la capacidad de propagación de tallos y puntas. Se utilizaron cañas de azúcar de la variedad MEX-57-473 obtenidas del ejido Congregación Rivera del Carmen, del municipio de Tenosique, Tabasco. Se emplearon tallos y puntas de cañas los cuales fueron plantados verticalmente mediante el uso de macanas de hierro. De cada caña se obtuvieron tres segmentos para la siembra, dos tallos y una punta. En total se plantaron 675 estacas de caña de azúcar: 231 puntas (34 %) y 444 tallos (66 %). La siembra se realizó al comienzo del periodo de lluvia, en el mes de julio (28 de julio de 2012), ya que de acuerdo a Digonzelli *et al.* (2005), la temporada de siembra es un factor importante en la emergencia de la caña de azúcar.

b) *Molienda*. Se utilizó una máquina para cortar madera, adaptada para la molienda de la caña de azúcar. Se utilizó una sierra con dos discos de 20 cm de diámetro, con un motor de ½ H. P. con construcción de madera.

c) *Evaluación de dietas*. Se utilizó alimento comercial Campí® para pavos de crecimiento debido a la cantidad de proteínas presentes, ya que en la alimentación de codornices es necesaria una mayor concentración de proteínas. Para elaborar la dieta experimental se mezcló caña de azúcar molida en una proporción de 80 % y alimento comercial, al 20 %. Esta dieta es considerada de alto contenido de carbohidratos por los azúcares presentes en el jugo de la caña de azúcar. Lo que se busca es disminuir los costos de la alimentación. Se emplearon 26 codornices y 50 pollos. Las codornices fueron alimentadas durante una semana con alimento comercial, mientras que los pollos se alimentaron durante dos semanas. Posteriormente se dividieron en dos grupos y se alimentaron durante seis semanas con la dieta experimental y control. El agua se proporcionó a libre acceso al igual que el alimento. El programa de iluminación estuvo basado en la luz natural, obteniéndose un promedio de 11 h diarias de luz (Arce *et al.*, 2005).

Resultados y Discusión

a) *Siembra*. Se obtuvo un cultivo de 0.25 ha de caña de azúcar localizado en la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, presentando una buena propagación con la variedad de caña MEX-57-473. En las puntas se obtuvo una producción de brotes del 100 %, mientras que en los tallos se obtuvo el 79 %.

De acuerdo con el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tabasco (2015), entre las principales plagas que atacan al cultivo de caña de azúcar se encuentra la mosca pinta, el gusano barrenador y la rata de campo. En este estudio se encontró que las hormigas fueron la principal plaga, quienes atraídas por el sabor dulce, colonizaron la región del corte de las estacas de tallo, mientras que en las estacas de punta, no se observó la presencia de hormigas. También en los tallos se observó ataque por organismos mayores, y de acuerdo al tipo de daño causado y heces, se presume la presencia de conejos.

Aunque no posee un contenido alto de azúcar, se seleccionó la caña de azúcar MEX-57-473 debido a que es una variedad de rápido crecimiento que alcanza la madurez a los 12 meses. Además, se ha reportado que esta variedad es resistente a tres de las principales enfermedades de la caña de azúcar: carbón, mancha amarilla y quemadura de hojas (COVECA, 2010). Y finalmente, aunque puede sembrarse durante todo el año, en este trabajo se seleccionó la época de lluvias para obtener mejores resultados y aprovechar que el suelo es blando para realizar la siembra vertical.

Fue necesario aplicar fertilizante químico debido a que no se contó con materia orgánica proveniente del estiércol de aves, recomendado para abonar este cultivo. La materia orgánica es importante porque ayuda a retener la humedad del suelo y se considera como una reserva importante de nutrientes; es recomendable utilizar estiércol de ave porque es un producto de fácil mineralización. La cantidad a aplicarse depende de la capacidad o la calidad del suelo (Dolores y Martín, 2011).

En cuanto a la aparición de brotes, éstos fueron notables a la semana de siembra. Se encontró que todas las puntas presentaron brotes, no así los tallos, en los que además, se observó la presencia de hormigas. Este resultado está relacionado con la parte expuesta, los tallos presentan en la parte superior un corte por donde son atacados por plagas, mientras que las puntas, al tener parte de las hojas cubriendo el tallo, no es posible que puedan ser atacados por hormigas u otras plagas. Aún con la aplicación de fertilizante químico, el número de brotes utilizando tallos fue menor que al utilizar la punta de caña. Se sabe que la punta es la región de crecimiento, caracterizada por una mayor cantidad de yemas, lo que genera una mayor cantidad de brotes (FONAIAP, 1986). Con las estacas de puntas se logró un crecimiento del 100 % mientras que en los tallos, se obtuvieron brotes en el 79 % de las estacas a los 30 días de la siembra. La caña de azúcar sembrada verticalmente, empleando

como “semilla” la punta de la caña resultó una buena alternativa para la siembra a pequeña escala, ya que no es necesario rastrillar el terreno, ni aplicar insecticidas contra plagas y ataque de especies mayores.

b) *Molienda*. Tradicionalmente, en la etapa de la molienda se busca separar los dos componentes principales de la caña: el jugo y la fibra (Morales *et al.*, 2010). Con este equipo se logró transformar la caña de azúcar integral en harina con tamaño de partícula de entre 1.0 mm y 5.0 mm de longitud. Se obtuvo una molienda uniforme, sin separación del jugo de la fibra, y durante el proceso de molienda no hay desperdicio de jugo de la caña de azúcar. La molienda puede secarse al sol y almacenarse para periodos donde no es posible moler caña de azúcar fresca. Se puede almacenar por largos periodos y posteriormente, se rehidrata y puede utilizarse para alimentar a las aves. En la alimentación de las aves se utilizó caña de azúcar molida el mismo día.

Un estudio realizado por Aguirre *et al.* (2010) mostró que el proceso completo a los tipos de caña aumentó el valor nutritivo, el análisis proximal y las fracciones de pared celular de los residuos de cosecha y de caña entera fueron mejorados por la molienda, fermentación y aditivos. El contenido de proteína cruda se incrementó ($P < 0.05$) de 2.6 a 13.2 % en los residuos y de 1.5 a 10.9 % en la caña entera. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca se incrementó ($P < 0.05$) con solo molienda en 68.3 % para caña completa y 75.3 % en residuos; contrario a lo esperado los tratamientos de caña molidos y fermentados tuvieron una digestibilidad *in vitro* de materia seca de 45.46 % y los del proceso integral de 53.57 % contra los valores de 53.08 y 52.33 % para los residuos de campo.

c) *Evaluación de dietas*. En cuanto a la alimentación de pollos con caña de azúcar se encontró una ganancia en peso de 150 g entre los pollos alimentados con el alimento comercial. Aunque los resultados obtenidos con la caña de azúcar se encuentran por debajo de la alimentación comercial y a los reportados por otros autores (Arce *et al.*, 2005; Delgado *et al.*, 2013), aún es posible adicionar otros ingredientes a la alimentación que proporcionen mayores nutrientes y favorezcan el crecimiento de los pollos o disminuir el porcentaje de inclusión (80 %).

En cuanto a la cría de codornices, con la alimentación de caña de azúcar no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) en el crecimiento. Sin embargo, se encontró diferencias ($P < 0.05$) en cuanto a la postura de huevos; mientras que las alimentadas con el alimento comercial fueron regulares en la producción de huevos, las alimentadas con caña de azúcar fueron irregulares en la postura de ellos. La cantidad de huevos fue menor en las alimentadas con caña de azúcar debido a que en la nutrición animal, la suplementación proteica es especialmente crítica en los animales no rumiantes, como son las aves y cerdos (Cuca y Ávila, 1978; Hurtado-Nery *et al.*, 2013). La caña de azúcar es, especialmente, un alimento con bajo contenido proteico (Aranda *et al.*, 2009), lo que pudo haber interferido en la postura de huevos de las codornices.

Estudios previos reportan el uso de la caña de azúcar como alimento para aves. Sin embargo, estos trabajos se han enfocado en el uso de residuos de la industria azucarera (Quemba *et al.*, 2009; Suresh y Reddy, 2011; Suresh *et al.*, 2011), subproductos de la industria cañera (Martin, 2009) y bagazo de caña adicionado con microorganismos, como la levadura (Solano *et al.*, 2005). En este trabajo se evaluó el uso integral de la caña de azúcar como alimento para codornices y pollos. El proceso de molienda de la caña de azúcar es un factor importante para su aprovechamiento integral y que pueda ser utilizado como alimento para aves, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Consumo de caña de azúcar por aves.

En esta investigación se encontró que la caña de azúcar integral puede ser utilizada como alimento para aves en una proporción de hasta 80 %. Se evaluó el crecimiento de codornices y pollos durante seis semanas; en pollos se obtuvo un crecimiento en promedio de 900 g y en codornices 160 g.

La caña de azúcar integral molida con un tamaño de partículas de entre 1.0 mm y 5.0 mm es un alimento que es consumido por aves. Se han realizado estudios sobre la coloración del alimento para aves y se encontró que la coloración con mayor aceptación es la natural de la fibra y color verde. En este trabajo, la caña molida presenta un color claro, lo que motiva el consumo por las aves.

Conclusión

La siembra vertical de puntas de caña de azúcar a pequeña escala representa una opción para microempresas avícolas sustentables, ya que con esta técnica de siembra se protege la "semilla", lo que disminuye el uso de agroquímicos e incrementa la producción de brotes. La caña de azúcar integral molida puede ser utilizada como alimento para aves en una alta proporción. En pollos, se encontró diferencias en cuanto a la ganancia en peso, sin embargo, la diferencia solamente fue de 150 g. En codornices, no se encontró diferencia entre el alimento comercial y el de caña de azúcar adicionado con alimento comercial, sin embargo, se observaron diferencias en la postura de huevos.

Referencias

Abou-Elezz, F., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R. y Solorio-Sanchez, F. (2011). Efectos nutricionales de la inclusión dietética de harina de hojas de *Leucaena leucocephala* y *Moringa oleifera* en el comportamiento de gallinas Rhode Island Red. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45, 2, 163-170.

Aranda, E., Mendoza, G., Ramos, J., Salgado, S. y Vitti, A. (2009). Selectividad de caña de azúcar en bovinos. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 13, 1, 21-26.

Arce, J., Ávila, E., López, C., García, A. y García, F. (2005). Efecto de paredes celulares (*Saccharomyces cerevisiae*) en el alimento de pollo de engorda sobre los parámetros productivos. *Técnica Pecuaria en México*, 43, 2, 155-162.

Aguirre, J., Magaña, R., Martínez, S., Gómez, A., Ramírez, J., Barajas, R., Plascencia, A., Barcena, R. y García, D. (2010). Caracterización nutricional y uso de la caña de azúcar y residuos transformados en dietas para ovinos. *Zootecnia Trop.*, 28, 4, 489-497.

Alcarraz, R., Edgardo, R., Romero, C. (2012). Utilización del lactosuero, en la alimentación de pollos broiler con raciones bajas en proteínas (13% y 15%), en etapa de acabado para obtención de pollivapos (8-11 semanas). Repositorio de Tesis de la Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Agronomía.

Aviagen. (2010). Ross: Pollo de carne. Manual de Manejo. pp 100.

Cadena Avícola. (2009). Alternativas en alimentación de pollos parrilleros. Disponible en <http://www.cadenaavicola.com.ar/index.asp?id=162&ver=2>

Campabadal, C., Vaquero, M. y Ledezma, R. (1985). Utilización de la soya integral en la alimentación de pollos de engorde. *Agron. Costarr.* 9, 1, 29-35.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tabasco, CESVETAB. (2015). Control de las principales plagas de la caña de azúcar en Tabasco. Disponible en <http://www.cesvetab.com/divulgacion/mfca/folleto.pdf>

Cordeiro, M., Soares, R., Fonseca, J., De Souza, C., Hurtado-Nery, V. (2007). Azúcar de caña (*Saccharum officinarum*) en sustitución de maíz como fuente de energía para pollos asaderos en fase de terminación. *Archivos Lat. de Producción Animal*, 16, 1, 1-6.

Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, COVECA. (2010). Monografía de la caña de azúcar. Veracruz, Gobierno del Estado. Veracruz. pp 21.

Cuca, M. y Ávila, E. (1978). Fuentes de energía y proteínas para la alimentación de las aves. *Ciencia Veterinaria*, 2, 325-358.

Delgado, E., Orozco, Y. y Uribe, P. (2013). Comportamiento productivo de pollos alimentados a base de harina de plátano considerando la relación beneficio costo. *Zootecnia Trop.*, 31, 4, 279-290.

Digonzelli, P., Romero, E., Scandaliaris, J., Giardina, J. y Arce, O. (2005). Efecto de la época de plantación en la dinámica de la emergencia de caña semilla de alta calidad (termotratada y micropropagada) de las variedades CP 65-357 y LCP 85-384. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, 1-2, 45-53.

Dolores, H. y Martín, A. (2011). *Guía Técnica Curso-Taller Manejo Integrado del cultivo de caña de azúcar*. Universidad Nacional Agraria La Molina y Agrobanco. Paján, Perú. pp 34.

Dubois, S. (2013). Desventajas de los pollos alimentados con maíz. Disponible en http://www.livestrong.com/es/desventajas-pollos-alimentados-info_8627/

Espinosa, M., Aguirre, A., Stuart, R., Ramos, A., Rodríguez, M. y Rubio, C. (2007). Características agronómicas de siete variedades de caña de azúcar con fines forrajeros en el centro del estado mexicano de Nayarit. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 14, 1, 70-74.

Ferreira, M., Donzele, L., Demelo, V., Costa, M. y Tafuri, L. (1994). Caldo de cana de açúcar como fonte de energía para marras gestantes. *Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 23, 4.

Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, FONAIAP. (1986). Normas para el cultivo de caña de azúcar. *FONAIAP Divulga*, 20.

Gayo, J. (2007). Los subproductos del arroz en la alimentación del ganado. *Revista del Plan Agropecuario*, 123, 30-31.

Gómez, R., Cortés, A., López, C. y Ávila, E. (2011). Evaluación de tres programas de alimentación para pollos de engorda con base en dietas sorgo-soya con distintos porcentajes de proteína. *Veterinaria México*, 42, 4, 299-309.

González, D. y González, C. (2004). Jugo de caña y follajes arbóreos en la alimentación no convencional del cerdo. *Revista Computarizada de Producción Porcina*, 11, 3.

González, D., González, C., Machado, W., Mendoza, J. y Ly, J. (2006). Jugo de caña de azúcar en dietas de crecimiento y finalización para cerdos: Efectos en el comportamiento productivo y rasgos de canal. *Revista Científica*, 16, 4, 406-413.

Hurtado-Nery, V., Torres-Novoa, D. y Ocampo-Durán, A. (2013). Efecto de los niveles de proteína sobre el desempeño de codornices japonesas en fase de postura. *Orinoquia*, 17, 1, 30-37.

Lázaro, R., Serrano, M. y Capdevila, J. (2005). Capítulo XV, Nutrición y alimentación de avicultura complementaria: codornices. XXI Curso de Especialización FEDNA Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Madrid.

Martin, P. (2009). El uso de residuales agroindustriales en la alimentación animal en Cuba: pasado, presente y futuro. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 13, 3, 3-10.

Mijares, B. y Jiménez, R. (2012). Pequeña producción animal como alternativa de sustentabilidad: perspectivas del estudiante en medicina veterinaria y zootecnia. *Revista Congreso Universidad*, 1, 1, 1-10.

Minvielle, F. (2004). The future of Japanese quail for research and production. *World's Poult. Sci. J.* 60, 04, 500-507.

Morales, Y., Kafarov, V., Ruiz, F. y Castillo, E. (2010). Modelamiento de los procesos de producción de bioetanol de primera y segunda generación a partir de caña de azúcar. Etapas; preparación, molienda y clarificación. *Umbral Científico*, 16, 47-59.

Mundo-Rosas, V., Shamah-Levy, T., y Rivera-Dommarco, J. (2013). Epidemiología de la inseguridad alimentaria en México. *Salud Pública de México*, 55, Supl. 2, S206-S213.

Pérez, A. y Landeros, C. (2009). Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos*, 73, 19- 25.

Pinto, R., Ferreira, A., Albino, L., Gomez, P., y Vargas, J. (2002). Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. *R. Bras. Zootec.* 31, 1761-1770.

Quemba, R., Moreno, L., Puentes, D., Avella, F. y Alza, W. (2009). Elaboración de un concentrado de uso avícola a partir de residuos revalorizados de la industria alimentaria. *Revista Luna Azul*, 28, 40-45.

Rosero, E., Ramírez, J. y León, A. (2008). Evaluación del desempeño dinámico y la eficiencia energética en molinos de caña de azúcar con accionamientos térmicos y eléctricos. *Revista Energía y Computación*, 16, 2, 3.

Sarria, P., Solano, A. y Preston, T. (1990). Utilización de jugo de caña y cachaza panelera en la alimentación de cerdos. *Livestock Research for Rural Development*, 2, 2.

Solano, G., Salcedo, M. y Ramírez, R. (2005). Dietas para pollos en ceba a base de subproductos de la agro-industria local. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 6, 2.

Suresh, B. y Reddy, B. (2011). Dried sugarcane press residue as a potential feed ingredient source of nutrients for poultry. *Asian-Aust. J. Anim. Sci*, 24, 11, 1595-1600.

Suresh, B., Reddy, B., Manjunatha, B. y Jaishankar, N. (2011). Carcass Characteristics of Broilers Fed Sugarcane Press Residue with Biotechnological Agents. *International Journal of Poultry Science*, 8, 7.

Trompiz, J., Gómez, Á., Rincón, H., Ventura, M., Bohórquez, N. y García, A. (2007). Efecto de raciones con harina de follaje de yuca sobre el comportamiento productivo en pollos de engorde. *Rev. Cient. (Maracaibo)*, 17, 2, 143-149.

Victoria, J., Amaya, A., Rangel, H., Viveros, C., Cassalet, C. y Carbonell, J. (2002). *Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC)*. CENICAÑA Serie Técnica 30. Cali, Valle, Colombia. pp 85-92.

Viveros, C. y Calderón, H. (1995). Siembra. En: CENICAÑA. *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali*. CENICAÑA. p 131-139.