

## ALTERNATIVA ALIMENTARIA PARA EL MANEJO INTEGRADO DE TERNEROS EN RECRÍAS

Dr. C. Yohanka Lezcano Más<sup>1</sup>, Dr. C. Grethel Milián Florido<sup>2</sup>, Dr. C. Gertrudis Pentón Fernández<sup>3</sup>

1, 2 *Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. johanka.lezcano@umcc.cu*

3. *Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey” Perico – Filial, Matanzas.*

### Resumen

Las enfermedades parasitarias disminuyen apreciablemente las producciones de los animales y se encuentran entre las causas más frecuentes que ocasionan ineficiencia biológica y económica en los sistemas pecuarios de todo el mundo. La introducción de una nueva alternativa alimentaria para el manejo integrado de terneros en recría a partir de la suplementación de *Tithonia diversifolia*, biofertilizada con BioChar, y la adición de biopreparados probióticos contribuirá a mejorar el comportamiento productivo y de salud de estos animales. El objetivo de este artículo es hacer una recopilación de los principales elementos que caracterizan a la *Tithonia diversifolia*, su efecto en la producción animal, el uso del BioChar como mejorador por excelencia de los suelos y la acción de los aditivos nutricionales.

**Palabras claves:** *Producción animal; tithonia diversifolia; BioChar; aditivos nutricionales; terneros.*

---

## Introducción

El progreso hacia una agricultura sustentable está unido indisolublemente a un nivel de actuación donde la premisa debe ser el bienestar humano; pero también la racionalidad en el uso y manejo de la naturaleza y los productos que a partir de ella se generan (Rodríguez, 2017).

Durante el destete en recría, los terneros son susceptibles a los trastornos entéricos provocados por cambios en la dieta, desequilibrios en la *microbiota* digestiva, lo que unido a las enfermedades carenciales y a los trastornos en la inmunidad, se presentan diarreas y problemas de salud, con la consecuente afectación en los indicadores productivos y el retardo en la incorporación de los animales a la unidad de desarrollo. En la crianza artificial de terneros, los animales son susceptibles a desórdenes gástricos, muchos de los cuales tienen su origen en incorrectas prácticas nutricionales, problemas de tipo respiratorio y parasitológico que afectan su sano desarrollo (Calzadilla *et al.*, 1999).

Las enfermedades parasitarias disminuyen apreciablemente las producciones de los animales y se encuentran entre las causas más frecuentes que ocasionan ineficiencia biológica y económica en los sistemas pecuarios de todo el mundo (Lezcano *et al.*, 2016). Dentro de las enfermedades que más se destaca se encuentran las nematodosis gastrointestinales, las que tiene un origen multietiológicas. Varios géneros y especies de nemátodos afectan por igual a bovinos, ovinos y caprinos (Lezcano *et al.*, 2016). Estos problemas se incrementan con las nuevas prácticas intensivas ganaderas que buscan una mayor rentabilidad con el aumento de la carga por unidad de pastoreo lo que incrementa la transmisión de las parasitosis (Cedeño-Palacios *et al.*, 2019).

Las herramientas de control usadas hasta el presente son insuficientes, lo que estimula el desarrollo de alternativas; entre la que se encuentra la utilización de plantas forrajeras que ofrecen innumerables bondades asociadas a la salud animal (Nogueira, 2009 y Gallego-Castro *et al.*, 2017) y el uso de los aditivos nutricionales como estimuladores del sistema inmune, mejoradores de la fisiología digestiva y por ende una mejora de los indicadores productivos y de salud (Milián *et al.*, 2019).

Dentro de las especies que poseen propiedades medicinales se encuentra *Tithonia diversifolia*, ideal para corte y acarreo con alta producción de biomasa (Schultze-Kraft *et al.*, 2018) y características nutricionales importantes para su consideración como una planta de alto valor nutricional con potencial para la alimentación animal (Rivera *et al.*, 2018; Londoño *et al.*, 2019).

El suelo se considera un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambiental. Por ejemplo, en cuanto a la producción de alimento y biomasa, del suelo depende en forma directa o indirecta más del 95% de la producción de alimentos. Es el escenario indispensable de los ciclos biogeoquímico para la vida (C, N, P, Z, etc.) y la

tercera parte de la superficie terrestre está dedicada a la agricultura. El suelo es el mayor sumidero de carbono; y almacena en el primer metro, 1,5 veces más que las plantas.

Es también soporte de las actividades humanas y fuente de materias primas; reserva de biodiversidad; depósito del patrimonio geológico y arqueológico; y entorno físico y cultural para la humanidad (Burbano, 2016). Una correcta visión de la relación suelo - seguridad alimentaria; que garantice que todas las personas tengan acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos, para satisfacer preferencias de una vida sana, exige de un rediseño radical del sistema agrícola mundial. Máxime cuando los problemas de empobrecimiento del suelo, el deterioro de las fuentes y abasto de agua y los efectos del cambio climático, constituyen un fenómeno ampliamente extendido en el mundo (Martínez, 2015). Existen muchas tecnologías para mejorar la calidad de los suelos, dentro de ellas la que más se utiliza es la tecnología de BioChar (Kon-Tiki (Schmidt y Taylor, 2014).

El BioChar es un producto de buenas prácticas, redescubierto en los últimos años, como una propuesta para contribuir a mejorar la productividad agrícola y la seguridad alimentaria; y mitigar los efectos del cambio climático. Es conocido como “Terra preta” (suelo negro), y es una práctica realizada por las tribus indígenas de la Amazonia desde hace miles de años (Cueto, 2016).

Se obtiene a partir de los residuos forestales y agrícolas fibrosos y puede contener hasta 70% de carbón. Es el resultado de la descomposición térmica de material orgánico en un ambiente limitado de oxígeno a temperatura alta (>500 °C). Esto conduce a la producción de un residuo sólido rico en carbono, de una fracción líquida y de una fracción gaseosa. La pirólisis de los residuos presenta ventajas como la reducción del volumen del residuo sólido, alto valor energético, el proceso limita la cantidad de contaminantes liberados en los gases y no se producen dioxinas (Cueto, 2016).

Es un excelente sitio para la adsorción de nutrientes y actividad de comunidades de microorganismos en biopelículas; por lo que se destina a la recuperación de la calidad de los suelos agrícolas; a diferencia del tradicional carbón vegetal que es utilizado como combustible/energía y por ende una mejora de las características de los cultivos (Lehmann y Joseph, 2009).

Los aditivos nutricionales también constituyen una alternativa de conjunto con las plantas forrajeras para crear un ambiente favorable en la alimentación y salud de las diferentes categorías pecuarias.

Entre los objetivos del Centro de Estudios Biotecnológicos (CEBIO) de la Universidad de Matanzas, se encuentra el desarrollo de tecnologías económicamente viables para la obtención de aditivos nutricionales los que favorecen a que mejoren la respuesta productiva y la salud en los animales. De ahí que, la utilización de plantas forrajeras, inoculados con aditivos microbianos probióticos, mejoraría nutricionalmente a estos productos, se incrementarían los valores energético-proteicos y las características organolépticas,

bioquímicas y digestivas de estos alimentos. Incorporándose en la alimentación animal como sustitutos de alto valor proteico, energético y vitamínico, mejoradores de la fisiología digestiva, la capacidad inmunológica y la respuesta productiva en animales de interés zootécnico. El objetivo de este artículo es hacer una recopilación de los principales elementos que caracterizan a la *Tithonia diversifolia*, su efecto en la producción animal, el uso del BioChar como mejorador por excelencia de los suelos y la acción de los aditivos nutricionales, frente a los grandes desafíos económicos.

## Desarrollo

### I.1. *Tithonia diversifolia*

La *Tithonia diversifolia* posee un gran volumen radicular, una habilidad especial para recuperar los escasos nutrientes del suelo y un amplio rango de adaptación; de acuerdo con las informaciones brindadas por Murgueitio *et al.* (1999) la especie en cuestión se manifiesta con gran plasticidad ecológica, puede soportar la poda a nivel del suelo, así como la quema (Wanjau *et al.*, 1998). Además, tiene un rápido crecimiento y baja demanda de insumos para su cultivo (Ríos, 1998).

Es una especie con buena capacidad de producción de biomasa y rápida recuperación después del corte, lo que depende de la densidad de siembra, de los suelos y del estado vegetativo; Ríos (1998) obtuvo un rendimiento de 35 t/ha a los 60 días de sembrada.

En bancos de proteína de alta densidad, Ramírez *et al.* (2006) obtuvieron una producción de forraje de 5 t de MS/ha/corte. Por su parte Ríos y Salazar (1995) al evaluar la producción de la especie bajo diferentes densidades de siembra y alturas de corte, obtuvieron un rendimiento considerable de biomasa fresca (46-82 t/ha). Está demostrado la factibilidad de asociarla con otras especies arbóreas y gramíneas (Canul *et al.*, 2006; Chay, 2006). Acorde con lo reportado por Navarro y Rodríguez (1990) y Mahecha y Rosales (2005), en términos generales, el follaje de *Tithonia* se caracteriza por un alto contenido de nitrógeno total, una alta proporción de nitrógeno de naturaleza aminoacídica, un alto contenido de fósforo y una rápida degradabilidad y fermentación a nivel ruminal, así como un bajo contenido de fibra y de compuestos del metabolismo secundario.

Estos resultados, analizados de forma comparativa con los de las especies forrajeras de amplio uso en rumiantes, como *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium* (Pedraza, 1994; Iglesias, 2003), muestran la viabilidad de su uso tanto en monogástricos como en rumiantes.

Menut *et al.* (1992) informaron las características de las sustancias presentes en el follaje de algunas *Asteraceas*, entre las cuales se incluye la *Tithonia* y constataron determinaciones estructurales de compuestos biológicamente activos presentes en la biomasa de la especie, que no perjudican al animal, además, empíricamente no se conoce de problemas relacionados con toxicidad aguda ni efectos fisiológicos adversos en los animales alimentados con dietas experimentales basadas en esta arbustiva (Lauser *et al.*, 2006). En

otros estudios realizados por Lamanty *et al.* (1991) no existieron valores cuantificables de sustancias fitotóxicas para los animales.

Rodríguez (1990) informó que el ganado, las cabras, las ovejas, los cuyes y los conejos consumen bien este forraje sin necesidad de ser troceado, hasta un diámetro de tallo de 1,0 a 1,5 cm, especialmente cuando se suministra tierno (alrededor de 50 días de edad), época en la cual presenta un buen valor nutricional, puede ser empleada como fuente proteica en pastoreo o como forraje para los rumiantes y los monogástricos y suministrarse presecada o molida en forma de harina o pienso (Cino *et al.*, 2012); además, es posible almacenarla por períodos relativamente largos.

Con los elementos expuestos hasta el momento nos permite aseverar, que la utilización de la *T. diversifolia* es una nueva opción de alimento que puede ser empleada para paliar la carencia alimentaria, en los países con insuficientes insumos y recursos, como el nuestro.

Esta planta es una especie capaz de adaptarse a las más diversas condiciones. Su necesidad, valor nutricional y composición bromatológica, la poca exigencia a labores fitotécnicas y los elevados rendimientos de biomasa, la cual puede ser consumida por diversas categorías de animales, la hacen prácticamente un recurso fitogenético excepcional (Lezcano *et al.*, 2016).

## **I.2. Descripción botánica**

Pertenece al reino vegetal, división: *spermatophyta*, clase: *dicotiledoneae*, orden: *campanuladas*, familia: *Asteraceae*, género: *Tithonia*, especie: *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Murgueitio, 2009). Es una planta de 1,5 a 4,0 m de altura, con ramas fuertes subtomentosas, a menudo glabras, hojas alternas, pecioladas con bordes aserrados y pedúnculos que pueden variar de 7 a 20 cm de largo y 4 a 20 cm de ancho, pedúnculos de 4 a 20 cm de largo, presenta 3 a 5 lóbulos profundos cuneados hasta subtruncados en la base, decurrentes en su mayoría en la base del peciolo, lígulas de amarillas a naranja de 3 a 6 cm de longitud y corolas amarillas de 8 mm de longitud (Nash, 1976).

## **I.3. Origen, distribución y sinonimia**

La familia *Asteraceae* posee unas 15 000 especies distribuidas por todo el mundo. El género *Tithonia* comprende diez especies originarias de Centro América.

En Guatemala se conoce con los nombres de mirasol, amargo y sajan grande. En Venezuela como tara, taro, flor amarillo y árnica. En Colombia se denomina mirasol, botón dorado, girasola, gamboa, girasol y en Cuba margaritona o árnica de la tierra, (Roig y Mesa, 1974).

También es conocido como el árbol maravilla, el girasol mexicano, el falso girasol, el crisantemo de Nitobe, Quil Amargo, Wild Sunflower (Nash, 1976; Cairns, 1996) son algunos de los nombres con los que se identifica a *Tithonia diversifolia*, en el caso del

género *Tithonia*, posee 10 especies en Centroamérica y es comúnmente aceptado que su centro de orígenes América Central o México (Nash, 1976), aunque no se descarta que los de América del Sur. Roig y Mesa (1974) la observaron y clasificaron en Cuba, pero también ha sido reportada en Las Filipinas y Kenia, India, Ceilán, sur de México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Honduras, Panamá, Colombia y Venezuela (Martínez, 1979; Ríos, 1993) con diversos nombres y usos, incluida la nutrición animal.

#### I.4. Características nutricionales

Navarro y Rodríguez (1990) realizaron análisis bromatológicos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en cinco estados de desarrollo, después de un corte de uniformización a nivel del suelo: 1. Crecimiento avanzado (30 días después del corte), 2. Prefloración (50 días), 3. Floración media (60 días), 4. Floración completa (74 días) y 5. Pasada la floración (89 días).

La tabla 1 se muestra el análisis proximal, nutrientes digestibles totales y minerales de la materia seca de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, de acuerdo a su estado vegetativo (%). Se encontraron diferencias altamente significativas para el porcentaje de proteína en los diferentes estados de desarrollo de la planta. Esta información junto con la de producción de biomasa comestible y capacidad de recuperación de la planta en cortes sucesivos, es importante para determinar frecuencias de corte más adecuadas si el propósito es obtener forraje con nivel de proteína entre 18 y más del 20%.

**Tabla 1.** Análisis bromatológico proximal de *T. diversifolia* en función de su estado vegetativo.

Características bromatológicas	Estado vegetativo				
	1	2	3	4	5
Materia seca	14,10	17,22	17,25	17,75	23,25
Proteína cruda	28,51	27,48	22,00	20,20	14,84
Fibra cruda	3,83	2,50	1,63	3,30	2,70
Extracto etéreo	1,93	2,27	2,39	2,26	2,43
Cenizas	15,66	15,05	12,72	12,70	9,42
Extracto no nitrogenado	50,00	52,70	61,40	61,50	65,60
NDT	48,00	46,80	46,00	46,00	45,00
Calcio	2,30	2,14	2,47	2,40	1,96
Fósforo	0,38	0,35	0,36	0,36	0,32
Magnesio	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06

Por otro lado al comparar el valor promedio de proteína cruda encontrado por Navarro y Rodríguez (1990) en *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, con los encontrados por Rosales (1996), para las especies arbóreas más utilizadas para la alimentación de rumiantes en Colombia, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp (14,7%), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (22,2%) y *Erythrina poeppigiana* (21,4%). En este mismo sentido en una evaluación de efecto de la altura y frecuencia de corte en la producción de materia seca y proteína cruda de *Tithonia diversifolia*, se constataron valores de proteína de 24,16% para 20 cm y 26,35% para 30 días (Lugo *et al.*, 2012) por lo que podría considerarse que su contenido de proteína, se encuentra en un rango alto dentro de las especies forrajeras utilizadas para alimentación de rumiantes.

### **I.5. Usos en la alimentación animal**

*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray es apreciada por los apicultores como fuente de néctar en zonas cafeteras de Colombia, aunque cumple también con las funciones de cortinas rompe vientos y protección de apiario, algunos agricultores esparcen hojas de esta planta en los estanques para ser consumida por tilapias. Adicionalmente en Indonesia y Filipinas se realizaron ensayos con resultados promisorios, al incorporar hojas de esta especie en raciones para alimentación de gallinas (Ríos, 1993).

En Venezuela se utiliza *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray como forraje fresco sin picar. Este se ofrece colgado para el consumo de ovejas y cabras, como parte de una dieta con cogollo de caña y pasto elefante (Solarte, 1994). Por otra parte en Colombia, se ha observado un excelente consumo por vacas Holstein en ramoneo a 2400 msnm (Murgueitio, 2009).

Solarte (1994) registra también a *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray como parte de la dieta de cerdos en mezcla con otros forrajes como nacedero (*Trichanthera gigantea*), plátano (*Musa spp.*) cidra (*Chayotaedulis*) y otros recursos locales. También se ha reportado su uso en fincas campesinas como componente de la dieta de conejos, curies (*Cavia porcellus*) cerdos, vacas y búfalos (Murgueitio, 2009).

Se utiliza también como especie ornamental, como abono verde en cultivos, y en parcelas de producción agrícola con alta diversidad para atraer insectos benéficos (Ríos, 1993); en estudios reportados por Murgueitio, (2009), se informa su papel en el control de la hormiga cortadera (*Atta cephalotes*), con una disminución de las colonias.

En la actualidad son disimiles sus usos. Dentro del grupo de especies que se tiene como opción en estos momentos para diversificar la dieta de los bovinos se encuentra el Botón de oro (*Tithonia diversifolia*), que por su contenido nutricional y características agronómicas se consolida como una opción ideal para su utilización en sistemas silvopastoriles, en zonas que presenten las condiciones ideales para su desarrollo y que la misma sea cultivada en suelos mejorados (Londoño *et al.*, 2019).

## I.6. BioChar

El concepto de BioChar es relativamente reciente y el interés por su aplicación a suelos agrícolas se debe principalmente al descubrimiento de sustancias de naturaleza similar al BioChar en tierras oscuras de la Amazonia, conocidas localmente como “Terra preta” do indio. Estos suelos son ricos en Carbono(C) orgánico y muy fértiles, lo que representa una anomalía respecto a los suelos de la selva Amazónica que suelen ser muy pobres en nutrientes.

El BioChar juega un papel importante en la agricultura, ya que tiene el potencial de reducir las emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y actuar como sumidero de C (figura 2). Además, su producción puede conllevar el aprovechamiento energético de los bio-aceites y gases originados durante el proceso de pirólisis, donde se reduce así la utilización de combustibles fósiles (Lehmann y Joseph 2009, 2015). Otro papel importante, puede ser mejorar la fertilidad del suelo, y de esta manera reducir la necesidad de fertilizantes y mitigar las emisiones de óxidos de nitrógeno, además de constituir una herramienta útil para la gestión de residuos orgánicos (Jeffery *et al.*, 2015).



**Figura 2:** Funciones del BioChar en el suelo (Fuente: Lehmann y Joseph, 2009)

### **Producción de BioChar: El proceso de pirólisis**

La pirólisis se define como un proceso termoquímico mediante el cual el material orgánico se descompone, por la acción del calor en una atmósfera deficiente de oxígeno, y se transforma en una mezcla de hidrocarburos, gases combustibles, residuos de carbón y agua (Mohan *et al.*, 2006; Balat *et al.*, 2009). Las transformaciones físicas y químicas que ocurren durante la pirólisis son complejas y dependen en gran medida de la naturaleza de la biomasa inicial y de las condiciones de pirólisis (temperatura, presión y tiempo de residencia del material en el reactor) (Lua *et al.*, 2004).

Este producto biológico pueden obtenerse a partir de un amplio rango de materiales (residuos agrícolas y forestales, estiércoles, residuos urbanos, lodos de aguas residuales, etc.), cuyas

características van a determinar las propiedades físico -químicas del producto (Sohi *et al.*, 2010; Song y Guo, 2012).

Mukome *et al.* (2013) analizaron 85 tipos de BioChar obtenidos a partir de distintos tipos de materiales, los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas entre ellos, así por ejemplo, encontraron que el contenido de nutrientes de los BioChar obtenidos a partir de estiércoles fue mayor que el de los BioChar obtenidos a partir de residuos leñosos.

También, las condiciones de pirólisis pueden originar BioChar con diferentes características pese a ser obtenidos a partir de un mismo tipo de material (Gaskin *et al.*, 2008; Novak *et al.*, 2009; Brewer *et al.*, 2009).

En general, a medida que aumenta la temperatura de pirólisis disminuye el rendimiento de producción de BioChar, pero éste se compone por C en estructuras aromáticas más condensadas (más estable a la degradación), además, suelen presentar mayor área superficial y contenido de cenizas, y un pH más alcalino (Glaser *et al.*, 2002; Gaskin *et al.*, 2008; Novak *et al.*, 2009).

### **I.6.1 Características del BioChar**

Si se tiene en cuenta que las características de cada BioChar pueden variar considerablemente en dependencia del material de partida y de las condiciones de pirólisis, sin embargo, ellos comparten una serie de características comunes que se detallan a continuación.

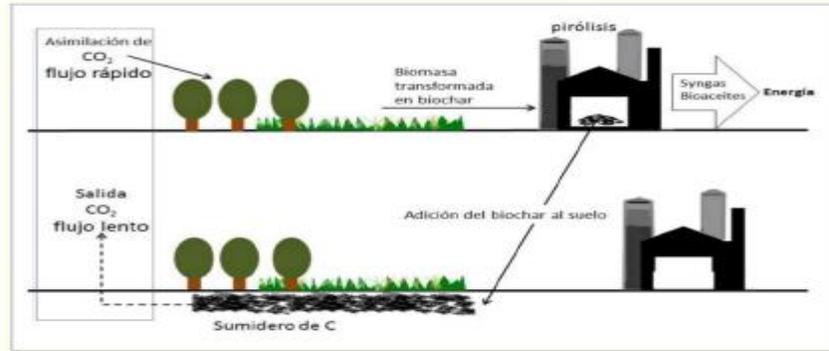
1. Poseen un contenido elevado de C recalcitrante, en su mayor parte condensado en anillos aromáticos (Sombroek *et al.*, 2003; Amonette y Joseph, 2009), lo que le confiere su elevado potencial de secuestro de C (Lehmann *et al.*, 2006; Xu *et al.*, 2012).
2. También cabe destacar la presencia de nutrientes asociados a su fracción mineral (K, Ca, Mg, P, S, etc.) (Lehmann y Joseph 2009, 2015).
3. La mayoría son alcalinos ( $\text{pH} > 7$ ) en dependencia de la dosis aplicada al suelo, pueden ejercer un efecto de encalado sobre el mismo (Van Zwieten *et al.*, 2010).
4. Son materiales porosos, poco densos, y caracterizados por una elevada área superficial específica (Lehmann y Joseph 2009, 2015). Esta propiedad determina la reactividad y la capacidad para retener iones en su superficie (Kookana *et al.*, 2011; Graber *et al.*, 2012). Por su parte, los poros son también responsables de la elevada capacidad de retención de agua (Brewer *et al.*, 2009; Abel *et al.*, 2013; Ulyett *et al.*, 2014).

## Biochar como sumidero de carbono

El suelo actúa como un gran almacén de C, ya que más del 80% del C terrestre se encuentra almacenado en él (Swift, 2001). Sin embargo, el potencial del suelo para actuar como sumidero de C es reducido, ya que la captura de éste no es permanente, sino que existe un balance entre la incorporación de materia orgánica al suelo y la salida de C en forma de CO<sub>2</sub> a la atmósfera asociada a procesos tales como descomposición, erosión y lavado (Swift, 2001). Por otra parte, la captura del C en el suelo es compensada con la emisión de otros gases que contribuyen al efecto invernadero (Schlesinger, 1999). Por lo tanto, para mitigar el cambio climático es necesario reducir el flujo neto de estos gases a la atmósfera, tratando de incidir sobre el ciclo del C.

La adición de BioChar al suelo constituye una opción viable de reducir la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico, lo que favorece la retención de C en el suelo (Lehmann y Joseph 2009, 2015). Su potencial como sumidero de C se debe a su naturaleza recalcitrante, lo que ralentiza la velocidad a la que se degrada en el suelo (Sombroek *et al.*, 2003; Liang *et al.*, 2008) y por tanto la velocidad a la que el C se emite a la atmósfera. El tiempo de residencia media del C del BioChar en los suelos es variable pero según estimaciones alcanza los 1000 años, y puede llegar hasta los 10000 años (Swift, 2001; Zimmerman, 2010).

Amonette *et al.* (2007) estimaron la reducción de las emisiones de C que se lograrían con la producción y la adición al suelo de BioChar. Según este estudio, a nivel terrestre son fijadas por la fotosíntesis 60 giga toneladas (Gt= 109 t) de C atmosférico cada año. Si se considera que la pirólisis transforma el 50% del C del material inicial en BioChar y 50% del C restante en bio-aceites y sin gas, que pueden usarse como sustitutos de combustibles fósiles para obtener energía (con una eficiencia media del 62%); de 1 Gt de C de la biomasa inicial se obtendría 0,5 Gt de C en forma de BioChar (secuestrable) y se evitarían la emisión a la atmósfera de 0,3 Gt de C (0,5 Gt C × 0,62) procedentes de los combustibles fósiles. Por tanto, si un 10% de la biomasa (6 Gt de C) se usase para producir BioChar se secuestrarían 3 Gt de C año<sup>-1</sup> en el suelo y evitaría la emisión 1.8 Gt de C año<sup>-1</sup> de origen fósil. Esto supondría reducir en 4,8 Gt de C año<sup>-1</sup> las emisiones a la atmósfera. Se conoce que el sector agrícola emite aproximadamente 7,1 Gt año<sup>-1</sup> (FAO, 2013), con el uso de BioChar reduciríamos un 68% de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del sector agrícola, de ahí su gran eficiencia (figura 3).



**Figura 3.** Impacto del BioChar sobre el ciclo de C

### Biochar como enmienda de suelos agrícolas

Las propiedades del BioChar lo convierten en un producto interesante como enmienda de suelos. Algunas revisiones bibliográficas demuestran que este producto puede mejorar las características del suelo donde se adiciona (Atkinson *et al.*, 2010; Sohi *et al.*, 2010; Lehmann *et al.*, 2011; Ahmad *et al.*, 2014).

La figura 4 muestra de modo esquemático los principales efectos observados del BioChar sobre las propiedades del suelo donde se incluyen: la reducción de su densidad aparente, el aumento de su capacidad de retención de agua y la mejora de su estructura (Laird *et al.*, 2010; Makoto y Yasuyuki, 2010; Baronti *et al.*, 2014). Estas mejoras también incluyen un aumento de la porosidad del suelo lo que permite mejorar la capacidad de infiltración y su permeabilidad (Abel *et al.*, 2013; Ulyett *et al.*, 2014), esto contribuye de forma positiva al desarrollo de la raíz y a la respiración microbiana y de esta forma se favorece el intercambio gaseoso y las condiciones de oxigenación (Glaser *et al.*, 2002; Laird *et al.*, 2010).



**Figura 4.** Efectos del BioChar sobre el suelo.

El BioChar también puede alterar la fertilidad del suelo por medio de un aporte directo de nutrientes (Xu *et al.*, 2013; Tammeorg *et al.*, 2014) o al aumentar la capacidad de intercambio catiónico (CEC) del suelo (Liang *et al.*, 2006), lo que favorece la retención de nutrientes y evita pérdidas por lixiviación (Major *et al.*, 2009; Yao *et al.*, 2012). Por otro lado, los cambios del BioChar sobre el pH y las condiciones redox del suelo, así como sobre

la actividad biológica del suelo también pueden aumentar la disponibilidad de nutrientes para la planta (Chan y Xu 2009; De Luca *et al.*, 2009; Chintala *et al.*, 2014).

El color oscuro que este producto le confiere al suelo puede favorecer la absorción de las radiaciones solares y reducir el albedo, aumenta su temperatura (Genesio *et al.*, 2012). Este aumento podría reducir la humedad, pero este efecto parece estar compensado por la alta capacidad de retención de agua del BioChar (Laird *et al.*, 2010; Genesio *et al.*, 2012). El aumento de la temperatura del suelo junto con el aumento de la capacidad de retención de agua y del contenido de nutrientes tras la adición del BioChar puede beneficiar a la germinación de las semillas y a la actividad microbiana (Downie *et al.*, 2009). También puede resultar beneficioso como enmienda de suelos contaminados (Karamy *et al.*, 2011). Numerosos estudios demuestran la capacidad del BioChar para adsorber física y químicamente pesticidas, herbicidas y metales pesados, y de esta forma logra reducir su disponibilidad para las plantas (Yu *et al.*, 2009; Kookana *et al.*, 2010; Beesley *et al.*, 2010; Paz-Ferreiro *et al.*, 2014).

Major *et al.* (2009) destacaron la necesidad de realizar una caracterización previa y completa del BioChar, para de esta forma poder aconsejar el uso de un determinado tipo. Por ejemplo, en suelos ácidos es aconsejable aplicar BioChars con pH elevado, mientras que BioChars con altos contenidos en C recalcitrante son recomendables si el objetivo principal es el secuestro de C.

## **I.6.2. Impacto del uso de la tecnología BioChar en la alimentación animal**

La producción y aplicación de BioChar es cada vez más popular en los últimos 10 años. El BioChar tiene características similares al carbón y al carbón activado: todos son materia carbonosa pirogénica derivada de materiales orgánicos ricos en carbono y producidos por pirólisis. Los estudios relacionados con la incorporación del mismo en la alimentación animal son limitados. Los principales estudios relacionados con el uso de BioChar como aditivo alimenticio para rumiantes (bovinos y caprinos), cerdos, aves de corral (pollos y patos) y peces (Ka *et al.*, 2020).

Las respuestas positivas documentadas a la suplementación con BioChar incluyen un mejor rendimiento de crecimiento, perfiles de sangre, rendimiento de huevo, capacidad para resistir patógenos, donde se incluyen las bacterias intestinales patógenas y una reducción de la producción de metano por los animales rumiantes. Además, la alta capacidad de sorción del BioChar ayuda de manera eficiente a la eliminación de contaminantes y toxinas de los cuerpos de los animales, así como de los entornos agrícolas. Se espera que haya un uso creciente de BioChar en la cría de animales.

## **I.7 Aditivos nutricionales**

A principios del siglo XX, el científico ruso Elie Metchnikoff (1907) describió los efectos beneficiosos de la ingestión de bacterias ácido-lácticas en la comunidad microbiana del

tracto gastrointestinal (TGI). Este microbiólogo ucraniano atribuyó la longevidad de ciertas poblaciones balcánicas al consumo habitual de lácteos fermentados, portadores de lactobacilos que promovían la salud y prolongaban la vida.

Sin embargo, no fue hasta 1989 que Fuller (1989) postuló que los probióticos eran *suplementos microbianos que influyen beneficiosamente en el animal huésped al mejorar su balance microbiano*. En el año 2002 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (WHO) crearon una comisión de expertos para esclarecer dicho término, debido a la rápida incorporación de este tipo de productos en el mercado y su distribución en el ámbito internacional, sin la existencia previa de una normativa comúnmente aceptada. En esta ocasión se redefinió el concepto como: *microorganismos vivos que cuando son administrados en cantidades adecuadas confieren un efecto beneficioso en la salud del hospedero* (Sanz *et al.*, 2003).

El concepto evolucionó a través de los años y fue en el 2012 cuando Barrios y un grupo de investigadores definieron que un probiótico funcional o perecedero se refiere a *un microorganismo o mezclas de microorganismos viables, que al ser administrados al huésped en cantidades adecuadas, pueden sobrepasar las barreras gastrointestinales, sobrevivir, adaptarse, colonizar, multiplicarse y a su vez, intervenir en el equilibrio existente del microbioma, modificándolo o estabilizándolo, en beneficio de la salud*. Aquellas cepas con potencialidad probiótica que sean inocuas y a su vez produzcan beneficios, pero que no tengan la capacidad de sobrevivir y multiplicarse en el hospedador, quedarían englobadas bajo la denominación de probióticos de tipo transitorio o no perecedero. Recientemente la FAO (2016) definió de forma sencilla y sin perder la esencia del concepto anterior: **probiótico**: *microorganismo vivo que al aplicarse en la cantidad adecuada, le genera un efecto benéfico al huésped*.

Los aditivos probióticos se introducen hoy en los sistemas intensivos de manejo y alimentación animal, como una alternativa a la nulidad de los antibióticos promotores del crecimiento (Kadaikunnan *et al.*, 2015; Kizerwetter-Świday Binek, 2016). Estos biopreparados naturales fortalecen el equilibrio de la *microbiota* intestinal, estimulan el sistema inmune e incrementan los rendimientos productivos lo cual contribuye a fomentar una ganadería sostenible y ecológica (Milián *et al.*, 2017).

### I.7.1 Clasificación de los aditivos

Los aditivos para alimentos de consumo animal se definen como sustancias, microorganismos y preparados distintos de las materias primas de alimentación y de las premezclas que se añaden intencionadamente a los piensos y al agua. Los aditivos están clasificados en las siguientes categorías o subcategorías dependiendo de sus funciones y propiedades (Beruvides *et al.*, 2018).

## Clasificación de los aditivos según *European Union Register of Feed Additives* (EURFA) 2018]:

- ✚ Los aditivos organolépticos: colorantes y aromatizantes,
- ✚ Los aditivos nutricionales: Las vitaminas, provitaminas y sustancias de efecto análogo, los oligoelementos, los aminoácidos, los análogos de los aminoácidos y sus sales, la urea y sus derivados y
- ✚ Los **aditivos zootécnicos**: mejoran la productividad de los animales sanos (además de los que reducen el impacto medioambiental de la ganadería); el Reglamento 1831/03 incluye en esta categoría a diferentes grupos funcionales:
  - Los digestivos. Son preparaciones enzimáticas que mejoran la digestibilidad de algunos alimentos de los animales (o levaduras que mejoran la degradabilidad ruminal de los forrajes); estos aditivos no tienen período de retirada, pero algunos tienen límite máximo de inclusión.
  - Los estabilizadores de la biota intestinal. Son microorganismos viables (o probióticos) que colonizan el intestino y reducen el desarrollo de enterobacterias; cada probiótico de una casa comercial se autoriza mediante Reglamento europeo para la alimentación de especies concretas.
  - Otros aditivos zootécnicos. Otros aditivos autorizados en la alimentación de los animales son los mejoradores de parámetros de eficacia y los aditivos medicamentosos o antimicrobianos (coccidiostáticos e histomonóstatos).

Los aditivos zootécnicos más utilizados en el sector pecuario son:

**Prebióticos.** Los prebióticos son en su gran mayoría polisacáridos, dentro de los que se incluyen, fructo-oligosacáridos (FOS), galacto-oligosacáridos (GOS), inulina, lactulosa, gluco-oligosacáridos, lactitol, malto-oligosacáridos, xilo-oligosacáridos, estaquiosa y rafinosa (Pérez *et al.*, 2016). Por su estructura química, estos compuestos resisten la acción de las enzimas excretadas a nivel del tracto por el animal y llegan intactos hasta la parte distal del intestino delgado, el intestino grueso y ciego, donde pueden constituir un sustrato selectivo para la *microbiota* allí presente (Le *et al.*, 2015).

### Probióticos

Aunque la utilización de bacterias con propiedades beneficiosas es conocida desde principios del siglo XX, la definición de probióticos más extendida en la actualidad fue la propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud (FAO/OMS) y es la utilizada por la Asociación Científica Internacional para Probióticos y Prebióticos desde 2014, 2016 y hoy

en día se mantiene: “microorganismos vivos que, cuando son administrados en cantidades adecuadas, confieren beneficios para la salud del huésped”.

Estos productos se emplean en las producciones pecuarias, debido a que estos mejoran el bienestar y la salud de los animales, además se elaboran acorde a las normas legales y las exigencias de los productos fermentados como alimentos funcionales bioseguros para el consumidor final (Milián *et al.*, 2019; Rondón *et al.*, 2019 y Barba, 2019). Los microorganismos con capacidad probiótica no solo permanecen adheridos en la mucosa intestinal, sino que incluso se mantienen vivos cuando son expulsados y forman parte del contenido de las heces.

### **Simbióticos**

El término simbiótico se usa cuando un producto contiene probióticos y prebióticos. Estos biopreparados, al suministrarse directamente a los animales, mejoran su metabolismo, salud y producción (Rodríguez, 2017). Según criterios de Mousavi *et al.* (2015), los simbióticos constituyen la mejor estrategia para la integración de probióticos en el ecosistema ya que las sustancias prebióticas no se utilizan por el hospedero y solo sirven de alimento a los microorganismos benéficos.

### **Enzimas**

Según los reportes EURFA en el 2018, las enzimas se consideran aditivos zootécnicos activadores de la digestibilidad o bien mejoradores medio ambientales. Estas enzimas tienen la capacidad de hidrolizar los polisacáridos no almidón presentes en los cereales, tales como  $\beta$ -glucanasas, xilanasas, arabinoxilanasas, celulasas, etc. En el caso de las fitasas, enzimas con capacidad para hidrolizar el fósforo fítico presente en los cereales, se pueden ubicar en ambos grupos. Mundialmente se utilizan mono y multi-enzimáticos con el fin de mejorar los procesos de absorción y por ende los indicadores productivos en las aves (nutriNews, 2020).

### **Antibióticos**

Los antimicrobianos se utilizaron en la producción animal para promoción del crecimiento (dosis sub-terapéuticas), prevención de enfermedades (dosis profilácticas) y tratamiento (dosis terapéutica). Como resultado del uso indiscriminado de los antibióticos como antibióticos promotores del crecimiento (PCA), la incidencia de algunos patógenos transmitidos a través del alimento, tales como *Salmonella* spp., *E. coli* y *Campilobacter* spp. se incrementaron alrededor del mundo (Sirichokchatchawan *et al.*, 2018).

## **I.7.2 Aditivo zootécnico SUBTILPROBIO y PROBIOLACTIL**

Actualmente se trabaja por obtener nuevas cepas microbianas o sus mezclas para utilizarlas en biopreparados para el consumo humano y con destino a la producción animal, a partir de

cepas de *Bacillus* spp., *Lactobacillus* spp. y levaduras específicamente del género *Saccharomyces*. La FAO y WHO (2002) definieron un grupo de requisitos y metodologías a seguir para obtener cepas de microorganismos que fueran reconocidas como seguras (*Generally Recognized As Safe*, GRAS) y que pudieran ser usadas en la elaboración de probióticos.

Por su composición microbiológica, el contenido del tracto gastrointestinal de diferentes especies animales y las heces fecales, son las principales fuentes de obtención de microorganismos para la elaboración de preparados probióticos (García, 2011; Nguyen *et al.*, 2015). En este sentido, se reconocen otros ecosistemas (jugo de tomate alterado y suelo con sangre de matadero) para el aislamiento y selección de especies microbianas (*Bacillus* spp.) con fines probióticos para ser empleadas en la elaboración de aditivos zootécnicos destinados a mejorar la salud animal e incrementar los rendimientos productivos (Milián *et al.*, 2017b).

En los últimos años se reconoce el género *Bacillus* spp. por el potencial que posee para sintetizar metabolitos con actividad antifúngica y antibacteriana. Estas sustancias antimicrobianas son biopéptidos con diferente estructura química, que se utilizan como agentes terapéuticos contra bacterias y hongos patógenos, capaces de actuar sobre microorganismos de diversa etiología. El efecto bio-controlador que ejerce *Bacillus* spp., es el resultado de diversos mecanismos, entre los que se encuentra la antibiosis, que se produce debido a la producción de péptidos, lipopéptidos y fosfolípidos (Kadaikunnan *et al.*, 2015).

Los *Lactobacillus* spp. Son reconocido dentro del grupo de microorganismos autóctonos del tracto gastrointestinal (TGI), por sus propiedades es uno de los que más se utilizan para elaborar los biopreparados probióticos (Quiles y Hevia 2016; Arteaga *et al.*, 2018).

Según (Powthong y Suntornthiticharo, 2015) los lactobacilos en los productos biológicos garantizan la seguridad y estabilidad para su uso en la alimentación animal. Estos microorganismos tienen diversas aplicaciones y una de las más importantes lo constituye la fermentación de alimentos, como leche, carnes y vegetales, para obtener productos como yogurt, quesos, encurtidos, embutidos y ensilajes, etc. De esta forma se contribuye a la biopreservación y a la calidad de las características sensoriales de los alimentos.

Estos microorganismos cuando fermentan carbohidratos producen una mezcla de compuestos con acción antimicrobiana como: ácido láctico, ácido acético, ácido butírico, peróxido de hidrógeno, diacetilo y péptidos de bajo peso molecular llamados bacteriocinas, que inhiben la proliferación de otros grupos microbianos que no toleran la presencia de estos compuestos (Rodríguez *et al.*, 2013; Rendón *et al.*, 2015).

## **I.8 Resultados de la aplicación de los aditivos nutricionales en la producción pecuaria: terneros**

Según Del Valle (2017), demostró que la aplicación de la pulpa de henequén con la adición de miel final como fuente de azúcares reductores, hidrolizado de levaduras como fuente de nitrógeno y el aditivo zootécnico PROBIOLACTIL en terneros de la raza Mambí de Cuba, mejoró los indicadores de peso vivo, ganancia media diaria, incremento de peso y conversión alimenticia. De igual modo incidió en la salud de los animales al disminuir la ocurrencia de diarreas desde las primeras semanas del experimento. Se constató que el nuevo biopreparado, diseñado a partir de la aplicación de un cultivo probiótico a residuos agroindustriales, enriquecidos con componentes nacionales y de alta disponibilidad, constituye un aditivo simbiótico de bajo costo.

Por otro lado Flores (2015) evaluando el efecto de un probiótico en indicadores productivos y de salud en terneros lactantes de la raza Mambí de Cuba. El autor refiere en sus resultados un incremento en la ganancia de peso vivo de los terneros ( $p < 0,01$ ) superior en el grupo tratado con respecto al control. Las mayores ganancias del tratamiento fueron (0,978 kg/animal (días) y el control (0,715 kg/animal (días)). También reporta una alta eficiencia de conversión obteniéndose superior peso al destete (tratamiento probiótico 183,3 kg; 181,8 kg del control).

Delgado *et al.* (2014) estudiaron el efecto probiótico de *Saccharomyces cerevisiae* en determinados parámetros hemáticos y metabólicos de terneros en pastoreo. Se seleccionaron 40 ejemplares, todos de la raza Siboney de Cuba, con una edad promedio de 180 días y un peso vivo intermedio de 80 kg. Se conformaron dos grupos (control y experimental) de 20 animales cada uno. A todos se le suministró Norgold y, en el experimental, este concentrado se mezcló con 100 mL de cultivo vivo de *S. cerevisiae*. Los estudios hematológicos se realizaron bimensualmente. A cada animal se le extrajo sangre entera por venopunción de la yugular para establecer los valores de hemoglobina, hematocrito, hemograma global y diferencial; para la glucosa en sangre se hizo la prueba de glicemia. Los valores de hemoglobina y hematocrito mostraron diferencias significativas a favor de los obtenidos a partir del grupo experimental; sucedió igual con el comportamiento de la glucosa en sangre.

En estudios realizados por Silva (2013) en terneros lactantes de la raza Siboney de Cuba. Al suministrarse dos biopreparados probióticos: SUBTILPROBIO y PROBIOLACTIL, logró una mejora en indicadores productivos y de salud. Observó que los terneros que consumieron el biopreparado, manifestaron menor incidencia de diarreas, mejores resultados hematológicos y coprológicos, además diferencias ( $P \leq 0,05$ ) en el incremento de peso vivo en los animales que consumieron el aditivo con respecto al grupo control, igualmente los animales del grupo tratado con *Bacillus subtilis* C-31 mostraron mayor peso de incorporación a la unidad de desarrollo.

Estudios reportados por Hernández (2012), al evaluar el aditivo zootécnico SUBTILPROBIO en la categoría de terneros lactantes de la raza Siboney de Cuba. Este aditivo se elaboró con la cepa *Bacillus subtilis* E<sub>44</sub> en una concentración de  $10^9$  endosporas.mL<sup>-1</sup>. El experimento se realizó según diseño completamente aleatorizado, con dos tratamientos: Grupo I: Dieta basal (Control) y Grupo II: Dieta basal + SULTILPROBIO. Se emplearon 30 terneros de siete y nueve días de nacidos, con 15 terneros distribuidos por tratamiento. Los animales fueron ubicados en naves bajo similares condiciones de manejo y alimentación. Para determinar el efecto probiótico de este aditivo se valoró la incidencia de diarreas por animal, el incremento de su peso vivo en diferentes etapas y el peso de incorporación a la unidad de desarrollo. Como resultado se observó que los terneros que consumieron el aditivo zootécnico tuvieron menor incidencia de diarreas y menor por % de mortalidad durante el periodo evaluado. Se encontraron diferencias al analizar el incremento de peso vivo en los animales que consumieron el aditivo con respecto al grupo control, igualmente el grupo tratado obtuvo un mayor peso de incorporación a la unidad de desarrollo.

En estudios realizados por Soca *et al.* (2011) evaluaron el uso del probiótico Sorbial en el comportamiento productivo y la salud de terneros en pastoreo, además se analizó la composición bromatológica, el peso vivo, la ganancia media diaria (GMD), el conteo fecal de huevos (CFH) de nemátodos gastrointestinales y el perfil hematológico. Los resultados obtenidos no se apreciaron acciones negativas en la salud de los animales, ni enfermedades gastrointestinales (diarreas), el peso vivo mostró diferencias ( $P < 0,05$ ) a favor de los animales del grupo experimental con respecto al control, en cambio, el CFH y los indicadores hematológicos no mostraron diferencias entre los grupos, los cuales se encuentran entre los rangos permisibles para esta categoría de animales. Investigaciones reportadas por Mohammed (2007) demuestran el efecto positivo de los probióticos en la categoría pecuaria de ternero. Dicho autor evaluó la actividad probiótica de hidrolizado enzimático de crema de levadura de *Saccharomyces cerevisiae*. Los resultados obtenidos mostraron una mejora en comportamiento productivo en la etapa pos destete y de forma general. Además la etapa de lactancia como pos-destete, a medida que crecía el animal en edad, la ganancia de peso fue superior, siendo máxima en la semana 9 (60 días) para la primera etapa y en el 6to mes en la etapa de pos- destete. Obtuvo también una mejora de los indicadores de salud, ya que disminuye considerablemente la incidencia de enfermedades respiratorias y digestivas en los animales con HECD. Se determinó que a pesar de no existir diferencia en el consumo de alimentos entre los diferentes tratamientos excepto el HECD existe una marcada diferencia en la ganancia de peso entre los tratamientos.

## Conclusiones

La realización de este trabajo permite conocer el estado actual de la temática, así como el apoyo que les brinda a profesores y estudiantes de pre y posgrado vinculados con las carreras de Agronomía y Medicina Veterinaria.

## Referencias bibliográficas

ABEL,S.; PETERS, A.; TRINKS, S.; SCHONSKY, H.; FACKLAM. M. WESSOLEK, G. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. *Geoderma*, vol.202, 2013, pp.183–191.

AHMAD, M.; RAJAPAKSHA, A.U.; LIM, J.E.; ZHANG, M.; BOLAN, N.; MOHAN, D.; VITHANAGEF, M.; LEE, S.S.; OK, Y.S. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: a review. *Chemosphere*, vol.99, 2014, pp.19–33.

AMONETTE, J.E.; JOSEPH, S. Characteristics of biochar: microchemical properties. En: Lehmann J, Joseph S (eds). *Biochar for environmental management: Science and Technology*. Earthscan Publications Ltd, 2009. London.

AMONETTE, J.E.; LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Terrestrial carbon sequestration with biochar: A preliminary assessment of its global potential. En: *AGU Fall Meeting Abstracts*. 2007.

ARTEAGA, F., LAURENCIO, M., RONDÓN, A. MILIÁN, G. BOUCOURT, R. Isolation, selection and identification of *Lactobacillus* spp. with probiotic and technological potential, from digestive tract of backyard chickens. *Revista de la Sociedad Venezolana De Microbiología*, no.1, vol.38, 2018, pp. 15-20.

ATKINSON, C.J.; FITZGERALD, J.D.; HIPPS, N.A. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soil: a review. *Plant Soil*, vol.337, 2010, pp.1–18.

BALAT, M.; KIRTAY, E.; BALAT, H. Main routes for the thermo-conversion of biomass into fuels and chemicals. Part 1: pyrolysis systems. *Energ Convers Manage*, vol.50, 2009, pp. 3147–3157.

BARBA, E. Estrategias nutricionales para fomentar la salud intestinal. Disponible: <[https://www.3tres3.com/articulos/estrategias-nutricionales-para-fomentar-la-salud-intestinal\\_39993/](https://www.3tres3.com/articulos/estrategias-nutricionales-para-fomentar-la-salud-intestinal_39993/)> [fecha de consulta: 5 de septiembre 2020].2019

BARONTI, S.; VACCARI, F.P.; MIGLIETTA, F.; CALZOLARI, C.; LUGATO, E.; ORLANDINI, S.; PINI ,R.; ZULIAN, C.; GENESIO, L. Impact of Biochar application on plant water relations in *Vitis vinifera* (L). *Eur J Agron*, vol.53, 2014, pp.38–44

BARRIOS, V.; CARVAJAL, A.; RUBIO, P. Los probióticos en la ganadería porcina. Importancia de su utilización eficiente. Disponible en: [http://www.axoncomunicacion.net/criaysalud/revistas/46/cys\\_46\\_probioticos.pdf](http://www.axoncomunicacion.net/criaysalud/revistas/46/cys_46_probioticos.pdf). [fecha de consulta: 20 de agosto 2020]. 2012

BEESELEY, MORENO-JIMÉNEZ. E.; GOMEZ-EYLES, J.L. Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil. *Environ Pollut*, 2010. 158:2282–2287.

BERUVIDES, A. ELÍAS, ELAINE C. VALIÑO, GRETHEL MILIÁN, YOHANKA LEZCANO, J. L. MOLINER, MARLEN RODRÍGUEZ AND H. ZAMORA. Evaluation of the zootechnical additive VITAFERT in the productive performance and health of pre-fattening piglets. *Cuban Journal of Agricultural Science*, no.1,vol.52, 2018, pp.49-56. ISSN:2079-3480.

BREWER, C.E.; SCHMIDT-ROHR, K.; SATRIO, J.A.; BROWN, R.C. Characterization of biochar from fast pyrolysis and gasification systems. *Environ Prog Sustain Ener* vol.28, 2009, pp.386–396.

BURBANO, H. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Ciencias Agrícolas*, no. 2, vol.33, 2016, pp. 117-124.

CAIRNS, M.F. Study on farmer management of wild sunflowers (*Tithonia diversifolia*). Short communication. ICRAFSE. Asian Regional Research Programme.1996.

CALZADILLA, D.; CASTRO, A.; SOTO, E.; ANDRIAL, P. Ganadería Tropical. Editorial Félix Varela. 1999. La Habana. Cuba.

CANUL, J. R.; ESCOBEDO, J. G.; LARA, P. E. LÓPEZ, M. A. Influencia de la asociación *Gliricidia sepium- Tithonia diversifolia - Cynodon nlemfuensis* en rendimiento y componentes del forraje. Memorias IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible y III Simposio sobre Sistemas Silvopastoriles para la Producción Ganadera Sostenible. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey.2006. (CD).

CEDEÑO-PALACIOS, C. A.; DELGADO-DEMERA, M.; DUEÑAS –RIVADENEIRA, A.; ALCIVAR-CEDENO, ULBIO Y VÁSQUEZ –GAMBOA, LUCENA. Cumplimiento de buenas prácticas ganaderas en fincas seleccionadas en Ecuador. *Revista Científica Venezuela*, no.2, vol.29, 2019, pp. 52-63.

CHAN´, K.Y.; XU, Z.H. Biochar-nutrient properties and their enhancement. En: Lehmann J, Joseph S (eds.). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan Publications Ltd, 2009. London.

CHAY, A. J. Productividad de *Tithonia diversifolia* intercalado a *Cynodon nlemfuensis* y *Gliricidia sepium* abona doconovinaza .Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción animal sostenible y III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. 2006, p. 29. (CD).

CHINTALA, R.; SCHUMACHER, T.E.; MCDONALD, L.M.; CLAY, D.E.; MALO, D.D.; PAPIERNIK, S.K.; CLAY, S.A.; JULSON, J.L. Phosphorus sorption and availability from biochars and soil-biochar mixtures. *Clean-Soil Air Water*, vol.42, 2014, pp.626–634.

CINO, D. M.; RUIZ, T. E. MARTÍNEZ, Y. Empleo de *Tithonia diversifolia* como harina de follaje en dietas integrales en alimentación de terneros lactantes: resultados económicos preliminares. En: Alternativas de alimentación no convencional del ganado. II Evento Internacional Agro-desarrollo Varadero. Cuba. 2012. p. 46. (CD).

CUETO – GARCÍA, M. J. Potencial de producción de biochar en España a partir de residuos de la industria papelera, de lodos de EDAR, de residuos sólidos urbanos sólidos urbanos y de residuos ganaderos: Estudio de la fijación de carbono. Tesis doctoral en Ciencias Ambientales. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. España. 2016, pp.236.

DEL VALLE. Obtención de un biopreparado simbiótico, a partir de la mezcla de pulpa de *Agave fourcroydes* Lem. y PROBIOLACTIL, para su aplicación en terneros. 2017. Trabajo de Diploma. Universidad de Matanzas.

DELGADO, R.; RODRÍGUEZ, H.C.; BARRETO, G.; VÁZQUEZ, R. Efecto probiótico de *Saccharomyces cerevisiae* en parámetros hemáticos y metabólicos de terneros en pastoreo. Rev. Prod. Anim., no. 3, vol.26, 2014, pp. 1.

DELUCA, T.H.; MACKENZIE, M.D.; GUNDALE, M.J. Biochar effects on soil nutrient transformations. En: Lehmann J, Joseph S (eds). Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan Publications Ltd, 2009. London.

DOWNIE, A.; CROSKY, A.; MUNROE, P. Physical properties of Biochar. En: Lehmann J, Joseph S (eds). Biochar for environmental management: Science and Technology. Earthscan Publications Ltd, 2009. London.

EURFA. European Union Register of Feed Additives Reg (EC) No 1831/2003. Edition 4/2018 (264). Appendixes 3e, 4 03.08.20 18. European Union legislation on feed additives. Disponible: <<https://ec.europa.eu/food/safety/animal-feed/feed-additives>>. [fecha de consulta: 20 de septiembre de 2020]. 2018

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Producción de alimentos. Disponible [www.fao.org/3/a-i6747s.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6747s.pdf) [fecha de consultado: 12 de septiembre 2020]. 2016

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Tackling climate change through livestock. A Global assessment of emissions and mitigation opportunities. 2013.

FLORES, O. Evaluación de alterativas de suplementación diferencia de terneros al pie de la madre. Efecto sobre el peso al destete y la eficiencia productiva de las madres. Tesis en opción al título de Ingeniera Agrónoma. Uruguay. 2015, pp. 130.

FULLER, R. Probiotics in man and animal. J. Appl. Bacteriol, no.5, vol.66, 1989, pp. 365-378.

GALLEGO-CASTRO L, MAHECHA-LEDESMA L Y ANGULO-ARIZALA J. Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el

trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, no.1, vol.28, 2017, pp. 213-222. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v28n01\\_213.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v28n01_213.pdf)

GARCÍA, Y. Obtención de microorganismos con actividad probiótica a partir excretas de pollos de ceba fermentadas. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Instituto de Ciencia Animal. 2011, Mayabeque, Cuba.

GASKIN, J.W.; STEINER, C.; HARRIS, K.; DAS, K.C.; BIBENS, B. Effect of low temperature pyrolysis conditions on Biochar for agricultural use. *Trans Asabe*, vol. 51, 2008, pp.2061–2069.

GENESIO, L.; MIGLIETTA, F.; LUGATO, E.; BARONTI, S.; PIERI, M.; VACCARI, F.P. Surface albedo following Biochar application in durum wheat. *Environ Res Lett*, vol.7, 2012, pp.14–25.

GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. *Biol Fertil Soils*, vol.35, 2002, pp. 219–230.

GRABER, E.R.; TSECHANSKY, L.; GERSTL, Z.; LEW, B. High surface area Biochar negatively impacts herbicide efficacy. *Plant Soil*, vol.353, 2012, pp.95–106.

HERNÁNDEZ, P. Y. Evaluación del SUBTILPROBIO en terneros lactantes de la Recría ‘Los quinientos’. Tesis presentada en opción del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas. 2012, pp. 45.

IGLESIAS, J. M. Los sistemas silvopastoriles una alternativa para la crianza de bovinos jóvenes en condiciones de bajos insumos. La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. 2003.

JEFFERY, S.; BEZEMER, T.M.; CORNELISSEN, G.; KUYPER, T.W.; LEHMANN, J.; MOMMER, L.; SOHI, S.P.; VOORDE, T.F.; WARDLE, D.A.; GROENIGEN, J.W. The way forward in biochar research: targeting trade-offs between the potential wins. *GCB Bioenergy*, vol.7, 2015, pp.1–13.

KA YAN MAN.; KA LAI CHOW.; YU BON MAN.; WING YIN MO & MING HUNG WONG. Use of biochar as feed supplements for animal farming, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, DOI: 10.1080/10643389.2020.1721980.

KADAIKUNNAN, S.; REJINIEMON, T. S.; KHALED, J. M.; ALHARBI, N. S.; MOTHANA, R. “In-vitro antibacterial, antifungal, antioxidant and functional properties of *Bacillus amyloliquefaciens*”. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, vol.14, 2015, pp. 9, ISSN: 1476-0711, DOI: 10.1186/s12941-015-0069-1.

KARAMI, N.; CLEMENTE, R.; MORENO-JIMÉNEZ, E.; LEPP, N.W.; BEESLEY, L. Efficiency of green waste compost and biochar soil amendments for reducing lead and copper mobility and uptake to ryegrass. *J Hazard Mater*, vol.191, 2011, pp.41–48.

KIZERWETTER, M.; BINEK, M. Assessment of potentially probiotic properties of Lactobacillus strains isolated from chickens. Polish Journal of Veterinary Sciences, no.1, vol.19, 2016, pp. 15–20.

KOOKANA, R.S. The role of Biochar in modifying the environmental fate, bioavailability, and efficacy of pesticides in soils: a review. Aust J Soil Res, vol. 48, 2010, pp.627–637.

KOOKANA, R.S.; SARMAH, A.K.; VAN ZWIETEN, L.; KRULL, E.; SINGH, B. Biochar application to soil: agronomic and environmental benefits and unintended consequences. Adv Agron, vol.112, 2011, pp.103–143.

LAIRD, D.; FLEMING, P.; DAVIS, .DD.; HORTON, R.; WANG, B.; KARLEN, D. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. Geoderma, vol.158, 2010, pp.443–449.

LAMATY, G.; MENUT, C.; AMVAM, P. H.; KUIATE, J. R.; BESSIÈRE, J. M. & KOUDO, J. Aromatic plants of tropical central Africa.III.Contituent softhees sentialoil of thele aves of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray from Cameroon Journal of Essential Oil Research, no.6, vol.3, 1991, pp. 399-402.

LAUSER, D.; RIVASK, K. & TORRES, M. Evaluar la ganancia diaria de peso en animales de raza cebuina en crecimiento sometidos a una dieta que incluye botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Resúmenes. XIII Congreso Venezolano de Producción en Industria Animal. Universidad Nacional Experimental “Rómulo Gallegos”. San Juan de los Morros.Guárico, Venezuela. 2006, pp. 280.

LE, T. M. The effects of probiotic supplementation on growth performance of weaning pigs in the Mekong Delta of Viet Nam, Can Tho University Journal of Science, vol.1, 2015, pp. 33-38

LEHMANN, J.; GAUNT, J.; RONDON, M. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems—a review. Mitig Adapt Strategies Glob Chang, vol, 11, 2006, pp395–419.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for environmental management: an introduction. En: Lehmann J, Joseph S (eds.). Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan Publications Ltd, 2009, London.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Second ed. Earthscan Publications Ltd, 2015. London.

LEZCANO, Y. M., SOCA, M. PÉREZ., ROQUE, E. L., FÉLIX OJEDA, F. G., MACHADO, R. C. & FONTES, D.M. *Tithonia diversifolia* forage for the control of gastrointestinal strongyles in young cattle. Pastos y Forrajes, no.2, vol.39, 2016, pp. 133-138.

LIANG, B.; LEHMANN, J.; SOLOMON, D.; GROSSMAN, J.; O’NEILL, B.; SKJEMSTAD, J.O.; THIES, J.; LUIZÃO, F.J.; PETERSEN, J.; NEVES, E.G. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. Soil Sci Soc Am J, vol.70, 2006, pp.1719–1730.

LONDOÑO, C.; J.; MAHECHA, L.; ANGULO, A.; JUAQUIN, B. Desempeño Agronómico y valor nutritivo *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray para la alimentación de bovinos. Revista Colombiana De Ciencia Animal, no.11, vol.1, 2019, pp. 57-68.

LUA, A.C.; YANG, T.; GUO, J. Effects of pyrolysis conditions on the properties of activated carbons prepared from pistachio-nut shells. J Anal Appl Pyrol, vol.72, 2004, pp.279–287.

LUGO, M.; MOLINA, F.; GONZÁLEZ, I.; GONZÁLEZ, J. & SÁNCHEZ, E. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción de materia seca y proteína cruda de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray Zootecnia Trop., no.4, vol.30, 2012, pp. 317-325.

MAHECHA, L. Y ROSALES, M. Valor nutricional del follaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. Livestock Research for Rural Development, no.9, vol.17, 2005, pp. 23-46.

MAJOR, J.; STEINER, C.; DOWNIE, A.; LEHMANN, J. Biochar effects on nutrient leaching. En: Lehmann J, Joseph S (eds). Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan Publications Ltd, London, 2009.

MAKOTO, O.; YASUYUKI, O. Pioneering works in biochar research, Japan. Aust J Soil Res, vol.48, 2010, pp.489–500.

MARTÍNEZ, M. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 1979, pp. 1 220.

Martínez, M. Ecosistemas. Ministerio de Cultura y Educación. 2015, pp.1-15.

MENUT, C.; LAMATY G.; AMVAM, P.H.; KUIATE, J. R. & BESSIÈRE, J. M. 1992. Aromatic plants of tropical central Africa .IX .Chemical composition of flower essential oils of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray from Cameroon. Journal of Essential Oil Research, nno.6, vol. 4, 651-653.

METCHNIKOFF, E. The prolongation of life. En: Optimistic studies. Heinemann, William (ed). G. P. Putnam & Sons, London, UK: 1907, pp.1-100.

MILIÁN GRETHEL, MARLEN RODRÍGUEZ, DAMARYS DÍAS, ANA J. RONDÓN, M. L. PÉREZ, R. BOUCOURT, YADILEINY PORTILLA Y A. BERUVIDES. Evaluation of the zootechnical additive SUBTILPROBIO® C-31 on feeding of laying hens in a commercial production unit. *Cuban Journal of Agricultural Science*, no.2, vol.53, 2019, pp.161-168. ISSN: 2079-3480.

MILIÁN, G.; RONDÓN, A. J.; PÉREZ, M.; ARTEAGA, F.; BOUCOURT, R.; PORTILLA, Y.; RODRÍGUEZ, M; PÉREZ, Y. & LAURENCIO, M. Efecto de aditivos zootécnicos sobre indicadores productivos y de salud en pollos. Revista Pastos y Forrajes, no.4, vol.40, 2017a, pp. 315 – 322.

MILIÁN, G.; RONDÓN, A. J., M. PÉREZ, ARTEAGA, F.; BOUCOURT, R.; PORTILLA, Y.; RODRÍGUEZ, M.; PÉREZ, Y.; BERUVIDES. A.; & LAURENCIO, M.;

Methodology for the isolation, identification and selection of *Bacillus* spp. strains for the preparation of animal additives. Cuban Journal of Agricultural Science, vol.51, no.2, 2017b, pp.197-207.

MOHAN, D.; PITTMAN, C.U.; STEELE, P.H. Pyrolysis of wood / biomass for biooil: a critical review. Energ Fuel, vol.20, 2006, pp.848–889.

MOUSAVI, A., SEIDAVI, S., DADASHBEIKI, M., KILONZO-NTHENGE, A., NAHASHON, S.N., LAUDADIO, V. & TUFARELLI, V. Effect of a synbiotic (Biomim IMBO) on growth performance traits of broiler chickens. Eur. Poult. Sci. Vol.79, 2015, pp. 1-15

MUKOME, F.N.; ZHANG, X.; SILVA, L.C.; SIX, J.; PARIKH, S.J. Use of chemical and physical characteristics to investigate trends in biochar feedstocks. J Agr Food Chem vol. 61, 2013, pp.2196–2204

MURGUEITIO, E. Experiencias sobre la utilización de la *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Colombia y Panamá. Memorias. VIII Taller Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería”. EEPF "Indio Hatuey" Matanzas, Cuba. 2009, (CD).

MURGUEITIO, E.; ROSALES, M. & GÓMEZ, M.E. Agroforestería para la producción animal sostenible. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, Colombia, 1999, pp. 67.

NASH, D. Flora de Guatemala. En: Fieldiana: Botany. Vol.24, 1976, Part XII. p. 323-325.

NAVARRO, F. Y.; RODRÍGUEZ, E. F. 1990. Estudio de algunos aspectos bromatológicos del Mirasol (*Tithonia diversifolia* (Hemsl) y Gray) como posible alternativa de alimentación animal. Tolima. Tesis en opción al grado científico de Doctor. Universidad del Tolima.

NGUYEN, A. T.; NGUYEN, D. V.; TRAN, M. T.; NGUYEN, L. T.; NGUYEN, A. H.; PHAN, T. N. Isolation and characterization of *Bacillus subtilis* CH16 strain from chicken gastrointestinal tracts for use as a feed supplement to promote weight gain in broilers. Lett. Appl. Microbiol, no.6, vol.60, 2015, pp.580-588.

NOGUEIRA, F.A. PLantas medicinais no controle alternativo de verminose em ovinos. Revista. Bras De Agroecología, no.2, vol.4, 2009, pp. 2007-2010.

NOVAK, J.M.; LIMA, I.; XING, B.; GASKIN, J.W.; STEINER, C.; DAS, K.C.; AHMEDNA, M.; REHRAH, D.; WATTS, D.W.; BUSSCHER, W.J. Characterization of designer Biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. Ann Env Sci vol.3, 2009, pp.195–206. nutriNews. Las enzimas. Disponible: <http:// > [fecha de consulta: 12 de septiembre 2020]. 2020

PAZ-FERREIRO, J.; LU, H.; FU, S.; MÉNDEZ, A.; GASCÓ, G. Use of phytoremediation and biochar to remediate heavy metal polluted soils: a review. Solid Earth vol.5, 2014, pp.65–75.

PEDRAZA, R. M. Rendimiento, composición química y digestibilidad del follaje de postes vivos de *Gliricidia sepium* a diferentes edades de rebrote. Pastos y Forrajes, no.2, vol.17, 1994, pp. 175-181.

PÉREZ, M., MILIÁN, G., BOUCOURT, R. & ALEMÁN, R. Evaluación *in vitro* de prebióticos en hidrolizados de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) preparados por diferentes métodos. Revista La Técnica. 2016, pp. 12-16.

POWTHONG, P. SUNTORNTHITICHAROEN, P. Isolation, identification and analysis of probiotic properties of lactic acid bacteria from selective various traditional Thai fermented food and kefir. Pakistan Journal of Nutrition. No.14, vol.2, 2015, pp. 67.

QUILES, A. HEVIA, M. Características de la flora intestinal del lechón: efecto de los probióticos. Disponible: <[www.edicionestecnicasreunidas.com](http://www.edicionestecnicasreunidas.com)> [fecha de consulta: 25 de agosto 2020]. 2016

RAMÍREZ, U.; ESCOBEDO, J. G.; LARA, P. E. Y CHAY, A. J. Productividad agronómica del arbusto forrajero *Tithonia diversifolia* en Yucatán, México. Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción animal sostenible y III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF “Indio Hatuey”, Matanzas, Cuba. 2006, pp.35. (CD).

RENDÓN, L.; AÑEZ, M.; SALVATIERRA, A.; MENESES, R.; HEREDIA, M. RODRÍGUEZ, M. Probióticos generalidades. Arch. Venez. Puer. [on line]. no. 8, vol.74, 2015, pp. 123-128.

RÍOS, C. I. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/Rios14.htm>. [fecha de consulta: 18 de septiembre 2020]. 1998

RÍOS, C. I. Y Salazar, A. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una fuente proteica alternativa para el trópico. Livestock Research for Rural Development, no.6, vol.3, 1995, pp. 75-87.

RÍOS, C.I. Efecto de la densidad de siembra y altura de corte sobre la producción de biomasa del botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray, evaluada en cortes sucesivos. Investigación, validación y capacitación en Sistemas Agropecuarios Sostenibles. Convenio CETEC-IMCA-CIPAV. Informe de avance. Cali, Colombia. 1993, pp. 81.

RIVERA, J.E., CHARÁ, J., GÓMEZ-LEYVA, J. F., RUÍZ, T. & BARAHONA, R. Variabilidad fenotípica y composición fitoquímica de *Tithonia diversifolia* A. Gray para la producción animal sostenible. Livestock Research for Rural Development no.12, vol.30, 2018, pp.1-20

RODRÍGUEZ, A. T. Se recupera la producción de huevos en Cuba. Disponible: <[web@radiorebelde.icrt.cu/](http://web@radiorebelde.icrt.cu/)> [fecha de consulta: 25 de junio 2020]. 2017

RODRÍGUEZ, E. Mirasol (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray). Posible alternativa forrajera no convencional para la alimentación animal en el trópico [en línea]. Disponible en: [www.utafoundation.org/botondeoro.htm](http://www.utafoundation.org/botondeoro.htm) [fecha de consulta: 20 de agosto 2020]. 1990

RODRÍGUEZ, R.; LORES, J.; GUTIÉRREZ, D.; RAMÍREZ, A.; GÓMEZ, S.; ELÍAS, A.; ALDANA, A.I.; MOREIRA, O.; SARDUY, L. JAY, O. Inclusión del aditivo microbiano VITAFERT en la fermentación ruminal in vitro de una dieta para cabras. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas, no.2, vol.47, 2013, pp. 171-178.

ROIG, J. T. & MESA, A. Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. La Habana, Cuba, 1974, pp. 709.

RONDÓN, A. J. C., ARIANNE DEL VALLE. , GRETHEL MILIÁN., FÁTIMA G. ARTEAGA., MARLÉN RODRÍGUEZ., AYMARA VALDIVIA. MARLENE MARTÍNEZ. Obtención de un biopreparado simbiótico (mezcla de pulpa de *Agave fourcroydes* Lem. y PROBIOLACTIL) para su aplicación en terneros. Agrisost, no.2, vol. 25, 2019, pp. 1-9. ISSN-e: 1025-0247. DOI (pre-print): 10.13140/RG.2.2.27449.6256

ROSALES, M. *In vitro* assessment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees. D. Phil. Department of Plant Sciences, Oxford University, Oxford, UK, 1996, 214 p.

SANZ, Y.; COLLADO, M.; DALMAU, J. Probióticos: criterios de calidad y orientaciones para el consumo. Acta Pediátrica Española. vol,61, 2003, pp.476-482.

SCHLESINGER, W. H. Carbon sequestration in soils. Science, vol. 284, 1999, pp.2095

SCHMIDT, H.P & TAYLOR, P. Kon Tiki flame curtain pyrolysis for the democratization of BioChar production. BioChar J.vol.1, 2014, pp.14-24.

SCHULTZE-KRAFT R, RAO I M, PETERS M, CLEMENTS R J, BAI C AND LIU G. Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. Tropical Grasslands, no.1, vol. 6, pp.1-14., 2018. Disponible en : <http://www.tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/article/view/394/241>

SILVA, Y. Efecto probiótico de un biopreparado de *Bacillus subtilis* C-31 en terneros lactantes. Trabajo de Diploma de Culminación de Estudios Centro de Estudios Biotecnológicos. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", 2013, pp.50.

SIRICHOKCHATCHAWAN, W., PUPA, P., PRAECHANSRI, P., AM-IN NUTTHEE, TANASUPAWAT, S., SONTAYANON, P. & PRAPASARAKUL, N. Autochthonous lactic acid bacteria isolated from pig faeces in Thailand show probiotic properties and antibacterial activity against enteric pathogenic bacteria. Microbial Pathogenesis, vol.119, pp.208-215. doi:10.1016/j.micpath.2018.04.031

SOCA, M.; OJEDA, F.; CANCHILA, E.R. Efecto del probiótico Sorbial en el comportamiento productivo y la salud animal de terneros en pastoreo. Pastos y Forrajes, no. 4, vol. 34, 2011.

SOHI, S.P.; KRULL, E.; LOPEZ-CAPEL, E.; BOL, R. A review of biochar and its use and function in soil. *Adv Agron*, vol. 105, 2010, pp.47–82.

SOLARTE, A. Experiencias de investigación participativa en sistemas de producción animal en dos zonas del Valle del Cauca. *Memorias III Seminario Internacional Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios*. Cali, Colombia. 1994, pp. 49.

SOMBROEK, W.; RUVIO, M.L.; FEARSIDE, P.M.; GLASER, B.; LEHMANN, J. Amazonian Dark Earths as carbon stores and sinks. En: Lehmann J, Kern DC, Glaser B, Woods WI (eds). *Amazonian Dark Earths: Origins, properties, management*. Kluwer Acad Publ, Dordrecht, Netherlands, 2003, pp. 125–139.

SONG, W.; GUO, M. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *J Anal Appl Pyrol*, vol.94, 2012, pp.138–145.

SWIFT, R.S. Sequestration of carbon by soil. *Soil Science* vol.166, 2001, pp. 858–871.

ULYETT, J.; SAKRABANI, R.; KIBBLEWHITE, M.; HANN, M. 2014 Impact of biochar addition on water retention, nitrification and carbon dioxide evolution from two sandy loam soils. *Eur J Soil Sci*, vol. 65, 2014, pp.96–104.

VAN ZWIETEN, L.; KIMBER, S.; MORRIS, S.; CHAN, K.Y.; DOWNIE, A.; RUST, J.; JOSEPH, S.; COWIE, A. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil*, vol. 327, 2010, pp.235–246.

XU, G.; LV, Y.; SUN, J.; SHAO, H.; WEI, L. Recent advances in biochar applications in agricultural soils: benefits and environmental implications. *Clean Soil Air Water*, vol.40, 2012, pp. 1093–1098

XU, G.; WEI, L.L.; SUN, J.N.; SHAO, H.B.; CHANG, S.X. What is more important for enhancing nutrient bioavailability with biochar application into a sandy soil: Direct or indirect mechanism?. *Ecol Eng*, vol. 52, 2013, pp. 119–124.

YAO, Y.; GAO, B.; ZHANG, M.; INYANG, M.; ZIMMERMAN, A.R. Effect of biochar amendment on sorption and leaching of nitrate, ammonium, and phosphate in a sandy soil. *Chemosphere*, vol. 89, 2012, pp.1467–1471.

YU, X.Y.; YING, G.G.; KOOKANA, R.S. Reduced plant uptake of pesticides with biochar addition to soil. *Chemosphere*, vol. 76, 2009, pp.665–671.