

Medio Ambiente y Cambio Climático

Análisis de la conectividad biológica entre las áreas protegidas de los 50 municipios que integran el Sistema Parque Central de Antioquia – PCA (Colombia)

Biological connectivity analysis among the protected areas of the 50 municipalities that make up the Central System of Antioquia – PCA (Colombia)

Lina M Marin Gómez, Zoot, MSc(c).

Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

E-mail: lmarin1502@yahoo.com

Introducción: Los ecosistemas de Antioquia (Colombia) cuentan con gran mega-diversidad, ofrecen bienes y servicios ambientales que deber ser conservados. Evidente fragmentación de ecosistemas, debido al desarrollo socioeconómico. La conectividad es una alternativa para mantener la funcionalidad de dichos ecosistemas. Una alternativa es aumentar tamaño de los ecosistemas estratégicos, a través de la conectividad geográfica y biológica. Esta acción se fortalece con el pago por servicios ambientales PSA. **Objetivo:** Evaluar la conectividad biológica entre las áreas protegidas de los 50 municipios que integran el Sistema Parque Central de Antioquia SIRAP-PCA (Colombia). **Métodos:** Se realizó la valoración, categorización, jerarquización, ponderación de criterios, determinando valores para identificar áreas para la conectividad biológica y georreferenciar en ArcGis 10.3. Se identificaron especies de fauna como objetos de conservación según ponderación de características. Se propuso una categoría para declaratoria y se evaluó el PSA. **Resultados:** Prevalen las mismas áreas del PCA para año 2012. Se deberán tener en cuenta áreas de bosque natural denso, bosque natural fragmentado con arbustos, bosque plantado de latifoliadas, vegetación de páramo y subpáramo, según la GDB de coberturas vegetales 2012. **Conclusión:** La degradación ecológica se debe a severos cambios por uso del suelo y desarrollo económico. Ayuda a determinar requerimientos específicos del ecosistema para adecuada restauración y recuperación. Gracias a estrategias de gestión territorial, da oportunidad para mejor aprovechamiento de bienes y servicios ambientales. Generación de conectividad geográfica y funcional entre áreas protegidas, importante para la conservación especialmente del agua y recursos naturales. La población especies objeto de conservación es amplia en Antioquia, La categoría más propia para ajuste en declaratoria de áreas protegidas es DMI, Decreto 2372 de 2010. Propuesta para fortalecer PSA.

Palabras clave: preservación, restauración, sostenible, zonificación y modelación.

Keywords: preservation, restoration, sustainable, zoning and modeling.

Análisis del Ciclo de Vida (ACV) en dos lecherías especializadas de trópico alto colombiano: Emisión de gases de efecto invernadero, eficiencia energética y balance energético

Life Cycle Assessment (LCA) in two specialized dairy farms of Colombian high tropic: Emissions of greenhouse gases, energy efficiency, and energetic balance

Héctor A Jiménez Arboleda, IF, MV, MSc; Juan F Naranjo Ramírez, Zoot, PhD.

Universidad CES, Medellín, Colombia.

E-mail: hjimenez@ces.edu.co

Introducción: El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una metodología para la evaluación ambiental de sistemas de producción lechera. **Objetivo:** Evaluar las emisiones de CH₄, N₂O y CO₂, la eficiencia energética y el balance energético mediante el ACV de dos sistemas de producción. **Métodos:** Se estableció como Unidad Funcional 1 Kg de Leche Corregido por Grasa y Proteína (LCGP). El alcance del estudio fue hasta que el LCGP se llevó a la puerta de la finca. Las categorías para evaluar el impacto ambiental fueron el Potencial de Calentamiento Global (PCG), el Uso del Suelo (US), el Cambio en el Uso del Suelo (CUS) y el Uso de Energía No Renovable (UENR). La eficiencia y el balance energético se calcularon según el contenido energético del producto final y el UENR. **Resultados:** Las emisiones de GEI totales (internas + externas) fueron de 1.920,80 Kg de CO₂- eq/Ha y 1.829,08 Kg de CO₂- eq/Ha (sistema A y B, respectivamente), de ellas, el 70,85 y el 68,38% se generaron al interior de los sistemas. El CH₄ entérico, el N₂O por la aplicación directa de N al suelo y el CO₂ por el consumo de combustible fósil fueron los GEI de mayor impacto ambiental. El promedio de emisión de CH₄ fue de 0,25 Kg UGG/d para el sistema A y de 0,24 para el sistema B. Las emisiones totales de un Kg de LCGP fueron en promedio de 1,49 Kg de CO₂- eq (sistema A) y de 1,70 Kg (sistema B). De otro lado, los respectivos sistemas requirieron de 0,65 m² y 0,77 m²/Kg de LCGP, y ambos emitieron 1430 Kg de CO₂- eq/Ha/año por CUS. Con relación al UENR, el sistema A requirió de 4,74 Mj/Kg LCGP, mientras que el sistema B necesitó de 6,12 Mj. En ambos sistemas, la fertilización nitrogenada, el alimento concentrado y la energía eléctrica fueron las fuentes de mayor UENR. **Conclusión:** El sistema A fue más eficiente energéticamente que el Sistema B (0,56 vs 0,43), además tuvo un balance energético negativo menor por unidad funcional (-2,09 Mj/Kg LCGP y -3,47 Mj/Kg LCGP, respectivamente).

Palabras clave: cambio climático, emisiones, evaluación ambiental, producción de leche.

Keywords: climate change, dairy production, emissions, environment evaluation.

Cambio del uso del suelo en la cuenca alta del río Batán utilizando imágenes satelitales

Change of the use of the soil in the high basin of the Batán River using satellite imagery

Edier F Ávila Vélez, MSc; Adrián A González Rodríguez, MSc.

Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.
E-mail: edierf@hotmail.com

Introducción: Uno de los principales impactos negativos en las cuencas hidrográficas es el cambio de las coberturas forestales. Esta actividad hace que la capa de suelo se degrade y altere los procesos hidrológicos necesarios para mantener una continuidad del recurso agua. Para el año 2009 se generó el mapa de uso y cobertura según la metodología *Corine Land Cover* adecuada para Colombia. A esta información se le adicionó el modelo digital de elevación para observar la cota de altura, y se encontró que para esta fecha la metodología describía una zona de territorios agrícolas hasta una altura de 3.300 m.s.n.m, aproximadamente. Estas áreas se caracterizan por vegetación arbustiva predominante, matorrales y en la zona de páramo por frailejones o rosetales. (Humboldt, 2011). Utilizando procesamiento de imágenes satelitales se realizó un seguimiento y cuantificación del cambio de uso y cobertura de estos ecosistemas de páramo bajo y páramo por actividades y procesos antrópicos. **Objetivo:** Identificar el cambio en la cobertura del suelo en la cuenca alta del río Batán, en el municipio de Fusagasugá, departamento de Cundinamarca (Colombia). **Métodos:** Se obtuvieron escenas de imágenes satelitales, donde se realizó un procesamiento radiométrico, convirtiendo los píxeles a magnitudes físicas de reflectancia, luego se realizó la aplicación de índices de vegetación, para así cuantificar los píxeles que cambiaron su cobertura de bosques y áreas semi-naturales por coberturas agrícolas. **Resultados:** Se obtuvo un mapa de cambio de coberturas en la cuenca alta del río Batán. **Conclusión:** La aplicación de índices radiométricos en las imágenes satelitales, ayudan a identificar usos y coberturas perjudiciales para los principales ecosistemas de páramo bajo y páramo.

Palabras clave: cuenca hidrográfica, imágenes satelitales, índices de vegetación, Landsat, Sentinel-2.

Keywords: Landsat, Sentinel-2, satellite imagery, vegetation indexes, watershed.

Comparación de los indicadores de sustentabilidad en sistemas de producción de lechería especializada con diferentes niveles de intensificación*

Comparison of sustainability indicators in specialized dairy production farms with different levels of intensification

Juan F Ruiz Echavarría, Zoot, MSc; Rolando Barahona Rosales, BSc, MSc, PhD; Diana M Bolívar Vergara, Zoot, MSc, PhD.

*Financiado por: Proyecto "Fortalecimiento de la producción de la cadena láctea del distrito Norte Antioqueño" (convenio N° 2012ASI80031, firmado entre la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Antioquia, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia y la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, con recursos del Sistema General de Regalías).

Grupo de Investigación BIOGEM, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia.
E-mail: dmboliva@unal.edu.co

Introducción: Una de las disyuntivas actuales entre los actores del sector lechero trata sobre la pertinencia económica y ambiental de intensificar (obtener mayor producción por unidad de área) estos sistemas de producción. **Objetivo:** Comparar los indicadores económicos, técnicos, ambientales y sociales de sustentabilidad en fincas de lechería especializada con diferentes niveles de intensificación. **Métodos:** Se evaluaron 13 variables ambientales, nueve sociales, seis económicas y 17 técnicas en 60 fincas, clasificadas en tres niveles de intensificación (NI), de acuerdo a su producción de leche

(L/Ha/año): Bajo (<11.800), medio (entre 11.801 y 23.000) y alto (>23.001). Para eliminar el efecto de la escala de medición, cada variable se centró y estandarizó previamente al cálculo del indicador. Cada indicador se construyó como el promedio ponderado de las variables, usando una ponderación independiente de 1 a 5 para cada variable y el indicador global se construyó como el promedio ponderado de los indicadores parciales de los cuatro componentes considerados, con base en el criterio de un panel de expertos. La comparación de los indicadores entre fincas con diferentes niveles de intensificación, se realizó mediante un modelo lineal general, usando el procedimiento GLM de SAS. **Resultados:** Las fincas con NI alto presentaron mayores indicadores de sustentabilidad social ($p = 0,0162$) y global ($p = 0,0057$) que las fincas con NI bajo. Los indicadores sociales y globales encontrados fueron 0,126 y -0,198 y 0,259 y -0,223 para las fincas con NI alto y bajo, respectivamente. No hubo diferencias significativas para los indicadores ambientales, económicos y técnicos que fueron 0,018 y -0,084; 0,595 y -0,319; 0,1 y -0,11 para las fincas con NI alto y bajo, respectivamente. **Conclusión:** Las fincas con mayor NI implementan prácticas encaminadas a la sustentabilidad, obteniendo mayores producciones, lo cual se refleja en mejor calidad de vida de los productores y de sus trabajadores.

Palabras clave: indicador ambiental, indicador económico, indicador social, indicador técnico, sustentabilidad.

Keywords: economic indicators, environmental indicators, social indicator, sustainability, technical indicator.

Control biológico de *Musca domestica* con el uso de *Spalangia* sp y *Muscidifurax raptor* en agro avícola Sanmarino, corregimiento La Florida, Risaralda (Colombia)

Biological control of Musca domestica with the use of Spalangia sp and Muscidifurax raptor in Sanmarino poultry farm, La Florida district, Risaralda (Colombia)

Luz N Franco Montoya, MVZ, Esp, MSc, PhD; Daniela Garay Ramírez, MVZ.

Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
E-mail: nataliafranco@utp.edu.co

Introducción: En la industria avícola el mayor problema de plagas es la *Musca domestica*, principalmente en granjas con sistema de producción en jaula. Esto desencadena propagación de enfermedades, incomodidad a los animales y personas de las avícolas, así como, conflictos con comunidades aledañas. Lo anterior despierta interés en el desarrollo de programas de control integrado de plagas, con énfasis en el control biológico de moscas para evitar la contaminación y el impacto con insecticidas. Las liberaciones de micro-avispa que parasitarán las pupas de las moscas, puedan mitigar las poblaciones de mosca doméstica. Sin embargo, es poca la evidencia científica de la efectividad de este tipo de control. **Objetivo:** Evaluar la eficiencia del control biológico con *Spalangia* sp y *Muscidifurax raptor* con el fin de disminuir la población de *Musca domestica*. **Métodos:** Fueron utilizadas 171.900 micro-avispa facilitadas por la CARDER, las cuales fueron liberadas en dos momentos diferentes, dentro de los seis galpones de jaulas de ponedoras en la avícola en estudio. Para monitorear las poblaciones de moscas fue realizado conteo durante 18 semanas con ayuda de registro fotográfico dos veces por semana de tres bio-trampas para insectos por galpón. El área de conteo en la bio-trampa fue del 6% del tamaño total de la bio-trampa de 65 × 90 cm. Fue realizado análisis de varianza ANOVA y test Duncan ($\leq 0,05$). **Resultados:** Cada galpón mostró comportamiento diferente, debido sus condiciones particulares, tales como área, ventilación, densidad, edad de las aves y tamaño de la torre de gallinaza. En todos los galpones se observaron altos porcentajes de reducción en la población de moscas, así: Galpón I, 68%, galpón II, 66%, galpón III, 88,5%, galpón IV, 78,5%, galpón V, 78,9%, galpón VI, 53,4%. Los autores recomiendan el uso de este tipo de control biológico de moscas domésticas en la industria pecuaria, ya que mostró ser eficaz para mitigar las poblaciones de mosca doméstica.

Palabras clave: insectos, larvas, micro-avispa, parasitar, pupas.

Keywords: insects, micro-wasps, parasites, pests, pupae.

Descripción y funcionamiento de las cámaras de respiración de circuito abierto de la Universidad de Antioquia (Colombia) para medir emisiones de metano y requerimientos energéticos en rumiantes*

Description and function of an open-circuit respiration chamber facility in the Universidad de Antioquia (Colombia) to measure methane emissions and energy requirements in ruminants

Carlos S Escobar Restrepo, Zoot, MSc; Sandra L Posada Ochoa, Zoot, MSc, PhD; Ricardo Rosero Noguera, Zoot, MSc, PhD.

*Financiado por: Colciencias, Colombia, Proyecto "Efecto de la suplementación con arbóreas y subproductos agroindustriales sobre la eficiencia energética y la emisión de gases de efecto invernadero en ganado Cebú" (1115+569-33853).

¹Grupo de Investigación GRICA, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
E-mail: carlos99992@gmail.com

Introducción: Las cámaras de respiración, usualmente de circuito abierto, son una de las técnicas de calorimetría indirecta que ha logrado en las últimas décadas evaluar la eficiencia energética de los alimentos, calcular requerimientos energéticos en animales y generar modelos de predicción. Adicionalmente, para calcular los requerimientos energéticos en rumiantes se hace necesario medir las pérdidas de energía en forma de metano, haciendo de este método la técnica estándar para la cuantificación de las emisiones de metano. **Objetivo:** Describir las instalaciones y funcionamiento de las cámaras respirométricas de circuito abierto del Laboratorio NUTRILAB de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia). **Métodos:** Se realizó una descripción física y del funcionamiento de dos cámaras de respiración de circuito abierto y de su sistema operativo (*Sable systems*). **Resultados:** Las cámaras midieron 3,70 m de largo, 2,60 m de ancho y 2,33 m de alto, para un volumen interno de 22,4 m³. Los analizadores tienen una resolución máxima y una precisión de 0,0001 y 0,02% para metano, 0,0001 y 0,1% para oxígeno y 0,00001 y 1% para dióxido de carbono, respectivamente. **Conclusión:** El tamaño, facilidad de utilización y grado de exactitud de estas cámaras de respiración permiten cuantificar con gran precisión las emisiones de metano en rumiantes y adicionalmente, permiten determinar los requerimientos energéticos en animales permitiendo obtener datos bajo las condiciones y sistemas productivos colombianos.

Palabras clave: calorimetría indirecta, cambio climático, emisiones, laboratorio, metabolismo energético.

Keywords: climate change, emissions, energy metabolism, indirect calorimetry, laboratory.

Determinación de la exactitud y precisión de las cámaras respirométricas utilizadas para calcular las emisiones de metano en bovinos*

Determination of the accuracy and precision of open-circuit respirometric chambers used to calculate methane emissions in cattle

Carlos S Escobar Restrepo¹, Zoot, MSc; Ricardo Rosero Noguera¹, Zoot, MSc, PhD; Sandra L Posada Ochoa¹, Zoot, MSc, PhD; Jeyder Arceo Castillo², Ing Mec, MSc, PhD(c).

*Financiado por: Colciencias, Proyecto "Efecto de la suplementación con arbóreas y subproductos agroindustriales sobre la eficiencia energética y la emisión de gases de efecto invernadero en ganado cebú" y Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

¹Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. ²Departamento de Física Aplicada, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Yucatán, México.
E-mail: carlos99992@gmail.com

Introducción: Las cámaras de respiración son consideradas como la metodología estándar, no invasiva, para calcular con alta precisión las emisiones de metano en rumiantes. **Objetivo:** Calibrar y evaluar la precisión y exactitud de las cámaras respirométricas del laboratorio NUTRILAB de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia). **Métodos:** Se calculó el factor de recuperación por el método gravimétrico inyectando una cantidad conocida de gas metano en cada cámara y calculando su recuperación a través del analizador de metano. Este procedimiento se repitió varias veces para cada cámara. **Resultados:** Se cuentan con dos cámaras de respiración de circuito abierto. Los factores de recuperación fueron 1,04, 0,91, 0,79, 1,17 y 0,95 para la primera cámara y 0,86 0,77 0,79 0,75 1,08 y 1,07 para la segunda cámara. En la primera cámara se obtuvo en promedio un factor de corrección de 0,97 comparado con un promedio de 0,89 para la segunda, indicando falta de precisión en la segunda. Los coeficientes de variación fueron 14,7% para la primera y 17% para la segunda, indicando falta de exactitud en ambas cámaras. **Conclusión:** La cantidad de veces que se han calculado los factores de corrección no son suficientes para lograr homogeneidad entre las cámaras y dentro de las cámaras. Además, se han calculado estos factores con diferencias en las condiciones lo que genera estas desviaciones en la exactitud y precisión.

Palabras clave: calibración, cambio climático, emisiones, laboratorio.

Keywords: calibration, climate change, emissions, laboratory.

Efecto de Sambucus peruviana y aceites sobre la cinética de degradación in vitro de dietas para ganado de leche*

Effect of Sambucus peruviana and oils on the kinetics of in vitro degradation of diets for dairy cattle

Nicolás Arias Ortiz, Zoot, Esp; Rolando Barahona Rosales, BSc, MSc, PhD; Diana M Bolívar Vergara, Zoot, MSc, PhD.

*Financiado por: Proyecto "Fortalecimiento de la producción de la cadena láctea del distrito Antioqueño" (convenio N° 2012AS180031, firmado entre la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Antioquia, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia y la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, con recursos del Sistema General de Regalías).

Grupo de Investigación BIOGEM, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia.
E-mail: dmboliva@unal.edu.co

Introducción: Los sistemas ganaderos generan una fracción importante de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), especialmente metano (CH₄), producto de la fermentación ruminal. El uso de aditivos como aceites poliinsaturados y taninos condensados permite reducir estas emisiones y/o aumentar la sustentabilidad económica de estas empresas. **Objetivo:** Evaluar el efecto de diferentes materias primas sobre la cinética de degradación *in vitro* de una dieta para ganado lechero con base a 70% de pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) y 30% concentrado comercial (14% PC). **Métodos:** Se usó la técnica de producción de gas, siendo los tratamientos: Dieta control, aceite de pescado 5% (AP), aceite de linaza 5% (AL), forraje de *Sambucus peruviana* al 10% (Sam10%) y al 20% (Sam20%), extracto acuoso de *S. peruviana* al 2% (EH2%) y 4% (EH4%) y extracto etanólico de *S. peruviana* al 2% (ET2%) y 4% (ET4%). Se incubaron 0,7 g de Materia Seca (MS) por tratamiento durante 48 h. Se midió el volumen de gas a las 2, 4, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36 y 48 h de incubación. Para estimar la producción de metano, todo el gas fue recolectado y acumulado hasta las 48 h, para posterior lectura en un F10 Photoacoustic Multigas Analyzer®. Al finalizar la incubación, se determinó la degradabilidad de la MS utilizando bolsas ANKOM. Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo de medidas repetidas, mediante el procedimiento PROC MIXED de SAS. **Resultados:** No hubo diferencias (p>0,05) entre tratamientos para degradabilidad de la MS (62,6 para el control y 69% para ET4%), lag time (3,9 h para Sam10% y

4,7 h para ET2%). Hubo diferencia ($p \leq 0,05$) para la producción total de CH_4 g/Kg MS incubada (entre 12,44 Sam20% y 16,08 AL) y por gramo de MS degradada (entre 18,1 ET4% y 25,08 AL), donde el tratamiento ET4% tuvo menores emisiones que los tratamientos de AP, AL, EH2% y control. **Conclusión:** La adición de extractos etanólicos de *S. peruviana* permite disminuir la producción de CH_4 por gramo de MS degradada sin afectar la degradabilidad de la MS.

Palabras clave: fermentación, gases de efecto invernadero, metano, producción de gas, rumiantes.

Keywords: fermentation, gas production, greenhouse gases, methane, ruminants.

Efecto de silo de *Sambucus peruviana* y *Tithonia diversifolia* sobre la producción de metano en vacas de lechería especializada en el norte de Antioquia (Colombia)*

Effect of silage from Sambucus peruviana and Tithonia diversifolia on methane production in specialized dairy cows in Northern Antioquia (Colombia)

Nicolás Arias Ortiz, Zoot, Esp; Diana M Bolívar Vergara, Zoot, MSc, PhD; Rolando Barahona Rosales, Zoot, MSc, PhD.

*Financiado por: Proyecto "Fortalecimiento de la producción de la cadena láctea del distrito Norte Antioqueño" (convenio N° 2012ASI80031, firmado entre La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia y Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, con recursos del Sistema General de Regalías).

Grupo de Investigación BIOGEM, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia.

E-mail: niariasor@unal.edu.co

Introducción: Actualmente, existe la necesidad de identificar prácticas que permitan reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de una manera segura y económicamente viable. **Objetivo:** medir las emisiones *in vivo* de metano (CH_4) al incluir silo de *Sambucus peruviana* y *Tithonia diversifolia* (50:50) en la dieta de animales alimentados con *Cenchrus clandestinus* y concentrado. **Métodos:** Siguiendo un diseño de sobre-cambio doble, 4 vacas Holstein de 509 Kg, entre dos y cuatro partos y en tercer tercio de lactancia, fueron alojadas en dos cámaras (poli-túneles), con oferta de la dieta 2 veces al día. Las dietas evaluadas fueron 79% *C. clandestinus* más 21% concentrado (P+C) y 71% kikuyo, 19% concentrado y 10% silo (P+C+S). Cada cámara contaba con un túnel de viento, con un extractor funcionando a velocidad constante. Se tomaron muestras cada hora durante 24 h capturando aire del interior y del exterior del túnel (ambiente). La concentración de metano en estas muestras se determinó por cromatografía de gases. Se registró la temperatura y humedad relativa. **Resultados:** La dieta con adición de silo tuvo mayores contenidos de proteína, FDN y FDA. El consumo promedio de materia seca (MS) y materia seca fermentable (MSF) fue mayor para P+C+S (17,91 y 11,36 Kg/d) que para P+C (15,64 y 9,64 Kg/d; $p < 0,05$), respectivamente. La máxima temperatura y humedad dentro de la cámara fue de 29 °C y 99%, mientras que los valores mínimos fueron de 11,9 °C y 69%. No hubo diferencias ($p = 0,05$) en producción de metano, para el tratamiento P+C+S fue de 13,64 g/Kg de materia seca consumida (MSC) y para P+C fue de 14,78 g de CH_4 /Kg MSC. La producción diaria de metano entérico (g) fue de 244 para la dieta con silo (P+C+S) y 231 para la dieta control (P+C; $p = 0,352$). **Conclusión:** Estos resultados sugieren que mientras la inclusión de silo conlleva a aumento en la ingesta de materia seca, no aumenta las emisiones de metano por animal.

Palabras clave: emisiones *in vivo*, forrajes alternativos, gases de efecto invernadero, poli-túnel.

Keywords: alternative forages, greenhouse gases, *in vivo* emissions, poly-tunnel.

Effect of *Leucaena leucocephala* on methane production in heifers fed *Pennisetum purpureum*

Efecto de la Leucaena leucocephala sobre la producción de metano en novillas alimentadas con Pennisetum purpureum

Ángel T Piñero Vázquez^{1,2}, Ing Agr Zoot, MSc, PhD; Sara S Valencia Salazar³, Zoot, MSc; Jorge R Canul Solís⁴, Ing Agr Zoot, MSc, PhD; Guillermo O Jiménez Ferrer², Ing Agr Zoot, MSc, PhD; Carlos F Aguilar Pérez³, MVZ, MSc, PhD; Juan C Ku Vera³, MVZ, MSc, PhD.

¹Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico, Yucatán, México.

²El Colegio de la Frontera Sur, Ganadería y Ambiente, Chiapas, México.

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, México. ⁴Instituto Tecnológico de Tizimin, Final de Aeropuerto Cupul, Yucatán, México.

E-mail: pineirotamc@gmail.com

Introduction: Methane (CH_4) gas is a byproduct of anaerobic fermentation of carbohydrates in the rumen. It is considered a greenhouse gas with a global warming potential twenty-three times greater than that of CO_2 . Enteric fermentation contributes 39.1% of the methane emissions generated by the livestock sector. In tropical regions, ruminants are usually fed with low-quality forages, which are characterized by their low concentration of Crude Protein (CP) and high content of Neutral Detergent Fiber (NDF) and lignin, which induce a higher emission of CH_4 . **Objective:** The aim of this study was to assess the effect of increasing levels of *Leucaena leucocephala* forage on Dry Matter Intake (DMI), enteric methane production, rumen fermentation patterns, and protozoa population in cattle fed *Pennisetum purpureum*. **Methods:** Five crossbred (*Bos taurus* × *Bos indicus*) heifers (BW: 295 ± 6 Kg) were fed chopped *P. purpureum* grass and increasing levels of *L. leucocephala* (0, 20, 40, 60, and 80% of DM) in a 5×5 Latin square design. The voluntary intake and methane production were measured 23 h per d in respiration chambers. Molar proportion of VFA's was determined at 6 h postprandial period. **Results:** Dry matter and organic matter intake (7,0 and 6,5 Kg/d, respectively) were similar between treatments ($p > 0,05$). Molar proportions of VFA's in rumen liquor were similar ($p > 0,05$) between treatments. However, methane production decreased linearly ($p < 0,005$), recording a maximum reduction of 61% with 80% of incorporation of *L. leucocephala* in the ration, and no changes ($p > 0,05$) in rumen protozoa population were found. **Conclusion:** Inclusion of 80% of *L. leucocephala* in the diet of heifers fed low-quality tropical forages has the capacity to reduce up to 60% the methane emission without affecting the DMI, protozoa population and the molar proportions of VFA's.

Keywords: crossbreed heifers, forages, respiration chambers, volatile fatty acids.

Palabras clave: ácidos grasos volátiles, cámaras de respiración, forrajes, novillas cruzadas.

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en potreros de kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) con diferentes programas de fertilización*

Greenhouse Gas (GHG) emissions from kikuyo (Cenchrus clandestinus) paddocks with different fertilization programs

Libardo E Escobar Puerta¹, Zoot; Rolando Barahona Rosales², BSc, MSc, PhD; Diana M Bolívar Vergara², Zoot, MSc, PhD.

*Financiado por: Proyecto "Fortalecimiento de la producción de la cadena láctea del distrito Norte Antioqueño" (convenio N° 2012ASI80031, firmado entre la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Antioquia, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín; Colombia y Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, con recursos del Sistema General de Regalías).

¹SENA, Colombia ²Grupo de Investigación BIOGEM, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia.

E-mail: dmboliva@unal.edu.co

Introducción: Para intensificar los sistemas de producción de lechería especializada se emplean fertilizantes sin criterios técnicos, lo que puede incrementar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). **Objetivo:** Cuantificar las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O en potreros de kikuyo con diferentes programas de fertilización, en dos fincas con diferente intensidad en el uso de fertilizantes. **Métodos:** Se evaluaron los tratamientos: T1: Control, T2 y T3: Fertilizante químico (50 y 100 Kg N/Ha, respectivamente), T4 y T5: porquinaza (50 y 100 Kg N/Ha, respectivamente). Con el método de cámara estática, se tomaron muestras a las 10 am a los 0, 30 y 60 min, en los días -1, 0, 2, 4, 7, 14, 21, 28, 35 y 42 después de la aplicación de los fertilizantes, durante dos ciclos. La concentración de gases se midió con un multianalizador infrarrojo fotoacústico. Se utilizó un DCA con arreglo de medidas repetidas en el tiempo. **Resultados:** En la finca que ha utilizado mayor fertilización, las emisiones de CO₂ fueron superiores en T5 con respecto a T1 en el ciclo 2 ($p = 0,020$). Las emisiones promedio (mg/m²/d) de CO₂ fueron 14.925, 17.214, 16.628, 17.448 y 18.237. Las emisiones promedio de CH₄ fueron 178, 194, 169, 285, 130 y las de N₂O fueron 88, 122, 132, 119, 121, para los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente. La fertilización generó emisiones de 10,28, 14,16, 10,63 y 10,15 Ton de CO₂ equiv/Ha durante los dos ciclos (T2, T3, T4 y T5, respectivamente). En la finca con menor uso de fertilizantes no hubo diferencias significativas entre tratamientos. La fertilización generó emisiones de 4,97, 0,97, 5,09 y 10,04 Ton de CO₂ equiv/Ha durante los dos ciclos en los tratamientos 2, 3, 4 y 5, respectivamente. Hubo diferencias entre días de medición ($p < 0,0001$), observándose un aumento significativo en las emisiones luego de la aplicación de los tratamientos, y luego un descenso. **Conclusión:** La fertilización generó cantidades importantes de GEI/Ha, pero estas emisiones corresponden a un período de baja precipitación, siendo importante evaluar durante todo el año.

Palabras clave: *analyzer infrarrojo fotoacústico, cámara estática, dióxido de carbono, lechería especializada, óxido nítrico.*

Keywords: *carbon dioxide, infrared photoacoustic analyzer, nitrous oxide, specialized dairy farms, static chamber.*

Estimación de las emisiones de metano (CH₄) entérico en vacas lactantes mediante ecuaciones de regresión en dos sistemas de lechería especializada en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia

Estimation of methane (CH₄) enteric emissions in milking cows by means of regression equations in two specialized dairy systems in the municipality of San Pedro de los Milagros, Antioquia

Santiago Palacio Vieira, MVZ; Mario A Zuluaga Gil, MVZ; Héctor A Jiménez Arboleda, IF, MV, MSc; Juan F Naranjo Ramírez, Zoot, PhD.

Universidad CES, Medellín, Colombia.

E-mail: hjimenez@ces.edu.co

Introducción: Una fuente de controversia en inventarios de gases de efecto invernadero en ganadería son las Emisiones de Metano Entérico (EME) de los animales. Se han diseñado múltiples ecuaciones de predicción de emisiones, entre ellas, las basadas en el Consumo de Materia Seca (CMS). **Objetivo:** Estimar las EME en vacas lactantes mediante tres modelos de regresión en dos lecherías especializadas. **Métodos:** Sistema A: 144,99 Ha, una producción lechera de 186.465,64 L/mes (corregidos por grasa y proteína/mes) y 3,04 UGG/Ha y Sistema B: 19,2 Ha, 20.604,94 L/mes y 2,56 UGG/Ha. Para estimar las EME (Kg/vaca/d) se utilizaron los modelos: 1) $[5,93 + 0,92 \times \text{CMS (Kg/vaca/d)}] \div 55,65$ (Mj/Kg; Mills *et al.*, 2003); 2) $[3,23 + 0,809 \times \text{CMS (Kg/vaca/d)}] \div 55,65$ (Mj/Kg; Ellis *et al.*, 2007, modificada IPCC, 2007); y 3) $[18,5 \times \text{CMS (Kg/d)} - 9,5] \div 1000$ (Grainger *et al.*, 2007). El CMS por animal/d incluyó el consumo de forraje y suplemento. Las EME se calcularon por UGG, Ha y L de leche. **Resultados:** Para el Sistema A las EME (Kg/UGG/d) se estimaron en 0,31, 0,24 y 0,25 y, para el Sistema B, en 0,27, 0,21 y 0,21 (modelos 1, 2 y 3, respectivamente). Las EME (Kg de CH₄/Ha/año) se estimaron en 344,

271 y 278 (Sistema A) y en 250, 197 y 193 (Sistema B; modelos 1, 2 y 3, respectivamente). Las EME promedio (g de CH₄/L) fueron de 22,30, 17,58 y 18,01 (Sistema A) y 19,45, 15,28 y 14,96 (Sistema B; modelos 1, 2 y 3, respectivamente). **Conclusión:** Los modelos 2 y 3 estimaron similarmente las EME en ambos sistemas. Los cálculos del modelo 1 fueron superiores a los de los otros dos modelos, lo que podría deberse a las condiciones de cada estudio para su desarrollo. Aunque las EME fueron superiores para el Sistema A, el análisis definitivo del impacto debe incluir el área, las UGG y los litros de leche producidos. Los modelos en las lecherías arrojaron datos similares a los reportados en la literatura. Sería útil desarrollar modelos bajo las condiciones de las lecherías en Colombia.

Palabras clave: *cambio climático, emisiones de GEI, fermentación ruminal, materia seca.*

Keywords: *climate change, dry matter, GHG emissions, ruminal fermentation.*

Evaluación de la precisión de cámaras respirométricas para la medición de emisiones de metano entérico en bovinos

Evaluation of the precision of respirometric chambers for the measurement of enteric methane emissions in ruminants

Jeyder I Arceo Castillo¹, Ing Mec, MSc, PhD(c); Carlos S Escobar Restrepo², Zoot, MSc, PhD(c); Ángel T Piñero Vázquez³, Ing Agr Zoot, MsC, PhD; Jorge R Canul Solís⁴, Ing Mec, MSc, PhD(c); José A Alayón Gamboa⁵, MVZ, MsC, PhD; Patricia Quintana Owen¹, Quim, MSc, PhD.

¹Departamento de Física Aplicada, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Yucatán, México. ²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

³El Colegio de la Frontera Sur: Ganadería y Ambiente, Chiapas, México.

⁴Instituto Tecnológico de Tizimin, Final de Aeropuerto Cupul, Yucatán, México. ⁵El Colegio de la Frontera Sur, San Francisco de Campeche, México.

E-mail: jeyder96@gmail.com

Introducción: El metano entérico es un producto de la fermentación anaeróbica de los carbohidratos en el rumen. Para la medición de la producción de metano entérico en ruminantes existen diversas técnicas *in vitro* e *in vivo*. Sin embargo, las cámaras respirométricas son el método más preciso para su medición. **Objetivo:** Describir la calibración del sistema de cámaras de respiración de circuito abierto, donde se consideraron tres componentes principales: El analizador de metano, los conductos de extracción de aire y la cámara misma. **Métodos:** Se llevó a cabo un conjunto de experimentos de validación de cámaras respirométricas a 55% de humedad y una temperatura de 25 °C, succionado por el medidor de flujo de masas graduado a 450 L/min, para determinar la exactitud de las emisiones de metano entérico en el ganado con el fin de proporcionar trazabilidad metrológica a estándares internacionales. **Resultados:** Los cálculos de recuperación de la prueba para el sistema de las cámaras respirométricas llevados a cabo después de liberar metano de alta pureza en las cámaras dieron factores de calibración de $0,95 \pm 0,05$ y $1,03 \pm 0,03$ con un factor de confirmación del 95% para las cámaras uno y dos, respectivamente. **Conclusión:** La serie de experimentos de calibración y recuperación de gas realizados por separado para el analizador de metano, el sistema de conductos y las cámaras respirométricas han demostrado concluyentemente que el sistema es completamente preciso y el analizador tiene un tiempo de respuesta rápido, desde la concentración basal hasta el 90% de la estabilidad de la meseta fue de $39,33 \pm 3,85$ s. La metodología de la cámara respirométrica es un procedimiento apropiado para cuantificar las emisiones enteras de metano *in vivo* del ganado con precisión, y puede ser utilizada para establecer inventarios de gases de efecto invernadero con precisión, así como para el diseño de estrategias de mitigación de emisiones de metano en sistemas de producción ganadera.

Palabras clave: *factor de calibración, recuperación, validación.*

Keywords: *calibration factor, recovery, validation.*

Evaluación de las cámaras respirométricas con bovinos alimentados con pastos tropicales para la producción de metano entérico*

Evaluation of respirometric chambers with cattle fed with tropical grasses for the production of methane enteric

Jeyder I Arceo Castillo¹, Ing Mec, MSc, PhD(c); Ángel T Piñero Vázquez², Ing Agr Zoot, MSc, PhD; Jorge R Canul Solís³, Ing Agr Zoot, MSc, PhD; José A Alayón Gamboa⁴, MVZ, MSc, PhD; Patricia Quintana Owen¹, Quim, MSc, PhD; Juan C Ku Vera⁵, MVZ, MSc, PhD.

*Financiado por: CONACYT, México.

¹Departamento de Física Aplicada, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Yucatán, México. ²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. ³El Colegio de la Frontera Sur, Ganadería y Ambiente, Chiapas, México. ⁴Instituto Tecnológico de Tizimin, Final de Aeropuerto Cupul, Yucatán, México. ⁵El Colegio de la Frontera Sur, San Francisco de Campeche, México.

E-mail: jeyder96@gmail.com

Introducción: El metano es el segundo gas que contribuye en mayor proporción al calentamiento global, con un potencial de calentamiento 23 veces más potente que el dióxido de carbono. Para la medición de la producción de CH₄ entérico en rumiantes existen diversas técnicas *in vitro* e *in vivo*. Sin embargo, las cámaras respirométricas son el método más preciso para su medición. **Objetivo:** Evaluar las emisiones de producción de metano producido por bovinos alimentados con pastos tropicales en las cámaras de respirométricas. **Métodos:** La cuantificación de metano se realizó en dos cámaras con un volumen de 9,97 m³ construidas con paneles térmicos y acrílico de 9 mm, en su interior contiene un ventilador, aire acondicionado, dehumidificador, lámpara y recipiente para heces y orina. Las condiciones de mediciones para asegurar la termoneutralidad del animal fueron a 23 °C, 55% de humedad y con una presión atmosférica de -370 Pa, asegurando los gases dentro de la cámara sea absorbido por el medidor de flujo de masas graduado a 300 L/min. Para la evaluación de las cámaras se utilizaron novillos de 305 y 350 Kg PV fueron alimentos con 30 Kg de *Pennisetum purpureum*, con y sin 3 Kg *Zea mays*, ellos fueron alojados en las cámaras durante 3 d por 23 h, luego se intercambiaron las dietas y su tiempo de adaptación fue 5 d. **Resultados:** La producción de metano oscilo entre 36,5 y 197,1 L/d con la primera dieta (sin grano) y al incluir maíz los bovinos emitieron entre 118,5 y 192,3 L CH₄/d cuando pesaron 305 y 350 Kg, respectivamente. El registro del CH₄ varió durante el tiempo de medición, habiendo picos máximos de producción a las 6 h, lo cual obedece a la cinética de la fermentación del carbohidrato consumido. **Conclusión:** Estos resultados son comparables con los reportados con animales y alimentos similares y por lo tanto las cámaras respirométricas tienen la capacidad de cuantificar con precisión las emisiones *in vivo* de metano en rumiantes.

Palabras clave: cuantificación, dietas, emisiones, gas.

Keywords: diets, emissions, gas, quantification.

Evaluación de materias primas alternativas como suplemento para la reducción de metano (CH₄) en el ganado Blanco Orejinegro (BON)*

Evaluation of alternative feeds as a supplement for the reduction of methane (CH₄) in Blanco Orejinegro cattle (BON)

Andrea Guerrero Núñez¹, Zoot; Viviana P Ospino Morón¹, Zoot; Juliana A Cuétia Londoño^{1,2}, Zoot, MSc.

*Financiado por: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Norte de Santander, Colombia. ¹Programa de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Norte de Santander, Colombia. ²Grupo de Investigación Ambiental, Agropecuario y Desarrollo Sostenible, Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

E-mail: jacuetial@ufps.edu.co

Introducción: En la búsqueda de estrategias para reducir las emisiones de metano se han utilizado aditivos alimenticios en las dietas de animales, con el objetivo de mejorar la digestibilidad del alimento en rumen y así disminuir la producción de metano. **Objetivo:** Evaluar la producción de metano (CH₄) en el ganado Blanco Orejinegro (BON) mediante la inclusión de un suplemento con materias primas alternativas. **Métodos:** El estudio se realizó con 6 animales de la raza BON de la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (Norte de Santander, Colombia), con peso promedio de 450 Kg PV. Se realizó un suplemento a partir de harina de arroz, harina de maíz, harina de naranja, forraje de yuca, gluten de maíz, melaza, sales minerales, aceite de girasol y Microorganismos Eficientes (EM). Se hizo un diseño completamente al azar con tres tratamientos y una repetición. Tratamiento control (T0; f); Alimentación en base a pastoreo, sin suplementación; tratamiento (T1; fsr); Alimentación en base a pastoreo y 10% de suplemento; tratamiento (T2; fsl); Alimentación en base a pastoreo y 20% de suplemento. La producción de metano se determinó con el prototipo "nariz electrónica". **Resultados:** El consumo promedio de los animales fue de 10,13 Kg de MS/d (29 Kg/d FV) en T0, el T1 tuvo un consumo promedio de 9,32 Kg de MS/d (27,4 Kg/d FV + 1 Kg suplemento) y el T2 un promedio de 9,66 Kg de MS/d (28,6 Kg/d FV + 2 Kg suplemento). En los 2 d de medición se estimó en el T0 una emisión de metano de 21,88, en el T1 7,50 y en el T2 3,15 ppm. Los tres tratamientos presentaron diferencias altamente significativas con un valor p = 0,00042. Al realizar la prueba de rango estudentizado de Tukey para la producción de metano, se observó una diferencia estadística altamente significativamente entre el grupo testigo (T0) y los grupos tratados, y una homogeneidad entre los grupos (T1) y (T2). **Conclusión:** El uso del suplemento realizado con las materias primas de fácil acceso en la región puede ser una alternativa eficiente en la mitigación de metano.

Palabras clave: digestibilidad, forraje de yuca, gases de efecto invernadero, harina de naranja.

Keywords: cassava forage, digestibility, greenhouse gases, orange flour.

Excreción de N en heces y orina y emisiones de gases efecto invernadero en animales de diferentes estados fisiológicos en sistemas de lechería especializada en el norte de Antioquia (Colombia)*

Excretion of N in feces and urine and associated emissions of greenhouse gases in animals of different physiological states in specialized dairy systems in the North of Antioquia (Colombia)

Yeison A Franco Marín, Zoot, MSc(c); Diana M Bolívar Vergara, Zoot, MSc, PhD; Rolando Barahona Rosales, BSc, MSc, PhD.

*Financiado por: Proyecto "Fortalecimiento de la producción de la cadena láctea del distrito Norte Antioqueño" (convenio N° 2012AS180031, firmado entre La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Antioquia, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia y Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, con recursos del Sistema General de Regalías).

Grupo de Investigación BIOGEM, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia.

E-mail: yafranco@unal.edu.co

Introducción: La región norte de Antioquia (Colombia) es reconocida por su potencial lechero. No obstante, en esta región se utilizan cantidades de concentrado y aplicaciones de fertilizantes propios de un sistema intensivo, lo que puede aumentar las emisiones de Gases de efecto Invernadero (GEI). **Objetivo:** Estimar la excreción urinaria y fecal de N y las emisiones de óxido nítrico (N₂O) de animales Holstein con dietas de bajo y alto contenido de proteína. **Métodos:** Se incluyeron vacas lactantes, secas, novillas de vientre y hembras de levante con diferentes proporciones de pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinum*) y concentrado comercial, que fueron acostumbradas a la dieta durante 15 d. Para medir las emisiones de GEI se utilizó la cámara estática y un multianalizador fotoacústico marca

GASERA F10. Se utilizó un DCA con arreglo de medidas repetidas en el tiempo. **Resultados:** El contenido de proteína de las dietas varió entre 20,8 y 24,3%, el consumo de kikuyo varió entre 2,96 y 13 Kg/d y el consumo total entre 4,7 y 18,4 Kg/d. En cuanto a N, el consumo estuvo entre 164 y 632 g/d, la excreción fecal entre 46 y 185 g/d con una concentración entre 2,35 y 3,30%, y la excreción urinaria varió entre 99 y 316 g/d con una concentración entre 0,5 y 0,85%. En cuanto a emisiones, con cantidades iguales de excretas, en heces hubo diferencias entre tratamientos para CO₂ y N₂O y también diferencias entre días de medición. Para metano no se encontró ningún efecto significativo. Con un par de excepciones, las heces de todos los estados fisiológicos con ambas dietas emitieron mayores cantidades de CO₂ y N₂O que el control. En orina, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para ninguno de los tres gases. Para CO₂ y N₂O, hubo diferencias entre días de medición. **Conclusión:** El estado fisiológico y la oferta de N afectan el consumo y excreción de N, y la mayoría de las excreciones ocurrieron a través de la orina. En heces hubo diferentes emisiones de N₂O asociadas con estado fisiológico y dieta a futuros estudios deberán profundizar en esta temática.

Palabras clave: alimentación animal, cámara estática, GEI, sistema intensivo.

Keywords: animal feeding, GHG, intensive system, static chamber.

Indicadores de sustentabilidad en sistemas de producción de lechería especializada*

Sustainability indicators in specialized dairy production systems

Juan F Ruíz Echavarría¹, Zoot, MSc; Rolando Barahona Rosales¹, BSc, MSc, PhD; Guillermo A Correa Londoño¹, IF, MSc, PhD; Diana M Bolívar Vergara¹, Zoot, MSc, PhD.

*Financiado por: Proyecto "Fortalecimiento de la producción de la cadena láctea del distrito Norte Antioqueño" (convenio N° 2012ASI80031 firmado entre la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Antioquia, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia y Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, con recursos del Sistema General de Regalías).

Grupo de Investigación BIOGEM, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Colombia.
E-mail: dmboliva@unal.edu.co

Introducción: Los indicadores de sustentabilidad permiten evaluar el desempeño económico, técnico, social y ambiental de los sistemas de producción. **Objetivo:** Desarrollar diferentes indicadores de sustentabilidad en sistemas de lechería especializada. **Métodos:** Se recolectó información de variables ambientales (13), sociales (9), económicas (6) y técnicas (17) en 60 fincas. Cada indicador se construyó como el promedio ponderado de las variables consideradas y el índice global se construyó como el promedio ponderado de los índices parciales de los cuatro componentes considerados, con base en el criterio de un panel de expertos. Se generaron modelos reducidos a partir de sub-conjuntos con diferente número de variables predictoras, mediante la función *leaps*, del paquete homónimo para R. Los mejores modelos se seleccionaron según el coeficiente de determinación, la estabilidad y la facilidad de registro de las variables. **Resultados:** Todas las variables consideradas para los Indicadores reducidos de Sustentabilidad Ambiental (IA), Económica (IE), Técnica (IT) y Social (IS), fueron significativas. Se ajustó un modelo para IA con 9 de las 13 variables originales (conservación de fuentes de agua, erosión, uso de plaguicidas, conservación del suelo, tratamiento de excretas, introducción de leguminosas, utilización de fertilizantes químicos, cercas vivas y presencia de bosques), el cual explica un 88% de la variabilidad. Para IE, se ajustó un modelo con una variable predictora (rentabilidad), que recoge el 91% de la variabilidad. Para IT, se

obtuvo un modelo con un coeficiente de determinación de 88%, a partir de 8 de las 17 variables originales. Se obtuvo un modelo para IS, basado en cuatro variables (calidad de vida, grado de satisfacción del recurso humano, acceso al mercado y tipo de tenencia de la tierra), que explica un 78% de la variabilidad. **Conclusión:** Se recomienda utilizar los modelos reducidos que brindan buena confiabilidad, con menor esfuerzo y menores costos en la obtención de la información.

Palabras clave: indicador ambiental, indicador económico, indicador social, indicador técnico, modelos de regresión reducidos.

Keywords: economic indicators, environmental indicators, reduced regression models, social indicators, technical indicators.

Potencial de *Samanea saman* como estrategia de mitigación de las emisiones de metano en novillas alimentadas con forrajes tropicales

Potential of Samanea saman as a strategy for methane mitigation in heifers fed tropical forages

Sara S Valencia Salazar¹, Zoot, MSc; Ángel T Piñeiro Vázquez², Ing Agr Zoot, MSc, PhD; Luis Ramírez Avilés¹, Ing Agr Zoot, MSc, PhD; Francisco J Solorio Sánchez¹, Ing Agr, MSc, PhD; Juan C Ku Vera, MVZ, MSc, PhD.

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México. ²El Colegio de la Frontera Sur, Ganadería y Ambiente, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

E-mail: saraudea@gmail.com

Introducción: El metano (CH₄) entérico es un subproducto de la fermentación de los carbohidratos en el rumen y constituye una pérdida de la energía total consumida por el animal, reduciendo la eficiencia productiva y adicionalmente genera contaminación ambiental. Los frutos de *Samanea saman* han sido reportados como estrategia de suplementación y reducción de las emisiones de CH₄ en rumiantes. **Objetivo:** Evaluar el efecto de la inclusión de frutos molidos de *S. saman* sobre el Consumo de Materia Seca (CMS), digestibilidad, población protozoaria, parámetros de fermentación y producción de CH₄ entérico en novillas alimentadas con pasto *Penisetum purpureum*. **Métodos:** Se utilizaron cuatro novillas cruzadas (*Bos taurus* × *Bos indicus*) con un peso promedio de 236 ± 4,2 Kg (μ ± DE) en un diseño en cuadrado Latino (4×4) con cuatro períodos de 23 d (17 d para adaptación y 6 d para medición de las variables de respuesta). Los niveles de inclusión en la ración del fruto molido de *S. saman* fueron: 0, 10, 20 y 30% de la MS ofrecida en una dieta isoproteica e isoenergética. La producción de CH₄ entérico se midió usando cámaras respirométricas de circuito abierto. **Resultados:** La incorporación de los niveles de *S. saman* no tuvo efecto sobre el CMS (p = 0,66), digestibilidad (p = 0,08) y población protozoaria (p = 0,08). Sin embargo, la producción de CH₄ entérico mostró una reducción lineal a medida que a la inclusión de *S. saman* en la dieta se incrementó (p = 0,007). Se observó una reducción del 50,9% de CH₄ (L/d) con 30% de inclusión comparado con la dieta control (p = 0,009). La concentración de ácido propiónico en el rumen se incrementó linealmente (p = 0,01), mientras que la concentración de acetato y la relación de acetato:propionato disminuyó linealmente conforme se incrementó la inclusión de *S. saman* en la ración de novillas (p < 0,01). **Conclusión:** La inclusión de *S. saman* en la ración tiene la capacidad de reducir las pérdidas de energía en forma de CH₄ entérico.

Palabras clave: ácidos grasos volátiles, cámaras respirométricas, gases de efecto invernadero, pasto tropical.

Keywords: greenhouse gas, respiration chambers, tropical forages, volatile fatty acids.

Remoción de materia orgánica utilizando la técnica de fitoextracción en sistemas de producción porcina*

Removal of organic matter using phytoextraction technique in pig production systems

Jesús A Quintero Cardozo, Esp; Carlos D López Nájera, Est IAS; Sergio S Santos Martínez, Est IAS.

*Financiado por: Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.

E-mail: jesus.quintero@unipaz.edu.co

Introducción: El volumen, la composición de los residuos tanto líquidos como sólidos y la complejidad de los sistemas para el tratamiento de residuos producidos por la actividad porcina han llevado a la identificación de técnicas que ayuden a disminuir las cargas contaminantes, en ese sentido la fitoextracción destaca como una técnica biológica viable, ya que utiliza especies vegetales para disminuir las concentraciones de contaminantes; esto representa el uso de los servicios ecosistémicos de la flora nativa en función de mitigar impactos ambientales ocasionados por actividades del sector productivo.

Objetivo: Evaluar la eficiencia de la técnica de fitoextracción para la depuración de aguas residuales en unidades productivas de porcicultura.

Método: El método utilizado en la investigación correspondió a i) Identificación de las especies nativas emergentes (*Typha angustifolia* y *Heliconia psittacorum*) del área de estudio, ii) definición de los factores de diseño del sistema biológico, iii) puesta en marcha de la unidad experimental, iv) descripción morfológica de las especies en el sistema, v) análisis experimental de los índices de efectividad de las especies emergentes nativas utilizadas en el estudio, vi) determinación de los índices de remoción de materia orgánica. Se utilizó un diseño factorial que tuvo como variable respuesta la concentración de materia orgánica en el efluente; y como factores, el tipo de patrón biológico y el tiempo de crecimiento de la planta durante tres meses. **Resultados:** Los resultados de evaluación arrojaron rangos de remoción, entre el 96 a 99% de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, grasas y aceites; obteniendo disminuciones de DBO5 y DQO desde 6.280 y 13.007 mg O₂/L hasta 25 y 67 mg O₂/L, respectivamente. **Conclusión:** La técnica de fitoextracción utilizada con los patrones biológicos descritos genera un sistema de tratamiento altamente efectivo para aguas residuales producto de actividades pecuarias en particular porcicultura.

Palabras clave: *adsorción, depuración, metabolismo bacterial, residuo líquido, sedimentación.*

Keywords: *adsorption, bacterial metabolism, depuration, liquid waste, sedimentation.*