



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**



**VALORIZACIÓN Y POTENCIAL DEL ENSILAJE DE PESCADO SAPO
(*Hypostomus plecostomus*) PARA MEJORAR LA FERMENTACIÓN Y REDUCIR
LA PRODUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
EN RUMIANTES**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

PRESENTA

**ALEX RAMÍREZ ROSAS
EDITH IRACHETA GALLARDO**

IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO JULIO, 2023

CONTENIDO

		Página
	ÍNDICE DE CUADROS	viii
		Ix
	ÍNDICE DE FIGURAS	X
	RESUMEN	xii
	ABSTRACT	xiii
	INTRODUCCIÓN	1
I.	OBJETIVOS	2
1.1	Objetivo General	2
1.2	Objetivos Específicos	2
II.	HIPÓTESIS	3
2.1	Hipótesis nula	3
2.2	Hipótesis alternativa	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1	Calentamiento global	4
3.1.2	Gases de efecto invernadero	4
3.1.3	Metano	5
3.2.1	Monóxido de carbono	6
3.2.2	Sulfuro de hidrógeno	6
3.3.3	Contribución de la ganadería	7
3.4	Residuos pesqueros	7
3.4.1	Utilización en la nutrición de rumiantes	8
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	9
4.1	Ubicación del área	9
4.2	Composición del ensilado de pescado	9
4.3	Dietas experimentales	9
4.4	Composición química	10
4.5	Fermentación <i>in vitro</i>	12
4.5.1	Producción de gas total, metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno	13
4.5.2	Degradación aparente de la materia seca	14
4.5.3	Cálculos	14
4.6	Análisis estadístico	16
V.	RESULTADOS	17
5.1	Producción ruminal de gas total	17
5.2	Producción ruminal de metano	20
5.3	Producción ruminal de monóxido de carbono	25
5.4	Producción ruminal de sulfuro de hidrógeno	29
5.5	Características de la fermentación ruminal y eficiencia de conversión de metano	33
VI.	DISCUSIÓN	36

		Página
6.1	Producción ruminal de gas total	36
6.2	Producción ruminal de metano	37
6.3	Producción ruminal de monóxido de carbono	37
6.4	Producción ruminal de sulfuro de hidrógeno	38
6.5	Características de la fermentación ruminal y eficiencia de conversión de metano	38
VII.	CONCLUSIONES	40
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
Cuadro 1	Composición del ensilado de pescado	9
Cuadro 2	Porcentaje de ingredientes y composición química de dietas balanceadas para rumiantes con la inclusión de diferentes niveles de ensilado de pescado sapo (<i>Hypostomus plecostomus</i>).	10
Cuadro 3	Parámetros y producción de gas total del ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>), sin y con adición de probiótico (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando como inóculo ruminal bovino y ovino.	17
Cuadro 4	Parámetros y producción de metano (CH ₄) de ensilado con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>), sin y con la adición de probióticos (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118) usando bovinos y ovinos	21
Cuadro 5	Parámetros y producción de monóxido de carbono (CO) de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>), sin y con la adición de probióticos (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118) y usando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal	25
Cuadro 6	Parámetros y producción de sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) de ensilado con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>), sin y con la adición de probióticos (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118) y usando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal	29
Cuadro 7	Perfil de fermentación ruminal y eficiencia de conversión CH ₄ de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>), sin y con la adición de probióticos	34

	(<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118) y usando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal	
--	---	--

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
Figura 1	Adición del ensilaje de pescado a las dietas	10
Figura 2	Preparación de las dietas	11
Figura 3	Trituración de dietas en un molino de martillos	12
Figura 4	Preparación de medio nutritivo	13
Figura 5	Medición de producción de gas total	13
Figura 6	Filtración de frascos	14
Figura 7	Cinética de producción ruminal de gas total del ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal	19
Figura 8	Cinética de producción ruminal de gas total del ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>)	19
Figura 9	Cinética de producción ruminal de gas total del ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>), sin y con adición de probiótico (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118)	20
Figura 10	Cinética de producción de metano (CH ₄) ruminal ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>), utilizando novillos y ovinos como fuente de inóculo ruminal	23
Figura 11	Cinética de producción de metano (CH ₄) ruminal de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>)	24
Figura 12	Cinética de producción de metano (CH ₄) ruminal de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>), sin y con adición de probiótico (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118).	24
Figura 13	Cinética de producción de monóxido de carbono (CO) ruminal ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>), utilizando novillos y ovinos como fuente de inóculo ruminal	27

Figura 14	Cinética de producción de monóxido de carbono (CO) ruminal de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>)	28
Figura 15	Cinética de producción ruminal de monóxido de carbono (CO) de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>), sin y con adición de probiótico (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118)	29
Figura 16	Cinética de producción ruminal de sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal	31
Figura 17	Cinética de producción de sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) ruminal de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>)	32
Figura 18	Cinética de producción ruminal de sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (<i>Hypostomus plecostomus</i>), sin y con adición de probiótico (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118)	33

RESUMEN

Se han utilizado los residuos de los peces en la alimentación animal mediante el proceso de ensilaje, la inclusión de estos ensilajes en las dietas tiene varias ventajas, las más destacables son la reducción de costos y la obtención de altos índices productivos, esto último es debido a su composición nutricional ya que posee proteínas con un elevado valor biológico y una alta digestibilidad. Sin embargo, es importante conocer la dosis óptima que se puede agregar en las dietas para rumiantes. Por ello el objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto de la inclusión de ensilado de pescado sapo (*Hypostomus plecostomus*) en dietas balanceadas para rumiantes sobre la fermentación entérica y producción de gases de efecto invernadero. Para lo cual se realizó ensilado de pescado sapo (*Hypostomus plecostomus*), se agregó en diferentes porcentajes 0, 8, 14 y 20% en cuatro dietas, estas fueron evaluadas en una prueba de producción de gas *in vitro* donde se utilizaron dos inóculos (bovino y ovino) y también se agregó un probiótico, se evaluó la producción de gas total (GT), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) y sulfuro de hidrógeno (H₂S) en un lapso de 48 horas, también se determinó la degradación aparente de la materia seca. Los resultados obtenidos demostraron que la producción de (GT, CH₄, y H₂S) fue mayor en bovinos que ovinos y en (CO) fue mayor en ovinos que en bovinos; las dietas que no tuvieron ensilado de pescado produjeron mayor cantidad de gases (GT, CH₄, CO y H₂S), la dieta con 20% fue la que mejor redujo (GT, CH₄ y CO) y la de 14% fue la que mejor mitigó el (H₂S); las dietas con el probiótico mostraron que en la producción de (GT) y (CO) produjeron más gas que sin el probiótico, en cuanto a (CH₄) y (H₂S) se produjo menos gas con el probiótico. De esta manera se concluye que la utilización de ensilado de pescado sapo (*Hypostomus plecostomus*) es una alternativa viable para la reducción de gases con efecto invernadero en bovinos y ovinos.

Palabras clave: Ensilado, *Hypostomus plecostomus*, producción de gas *in vitro*, ovinos, bovinos.

ABSTRACT

Fish residues have been used in animal feed through the silage process, the inclusion of these silages in diets has several advantages, the most notable being cost reduction and obtaining high production rates, the latter is due to its nutritional composition since it has proteins with a high biological value and high digestibility. However, it is important to know the optimal dose that can be added to ruminant diets. Therefore, the objective of this study was to evaluate the impact of including silage toadfish (*Hypostomus plecostomus*) in balanced diets for ruminants on enteric fermentation and production of greenhouse gases. For which toad fish (*Hypostomus plecostomus*) silage was made, 0, 8, 14 and 20% were added in different percentages in four diets, these were evaluated in an *in vitro* gas production test where two inoculant were used (bovine and sheep) and a probiotic was also added, the production of total gas (GT), methane (CH₄), carbon monoxide (CO) and hydrogen sulfide (H₂S) was evaluated in a period of 48 hours, the apparent degradation of dry matter. The results showed that the production of (GT, CH₄, and H₂S) was higher in cattle than in sheep and in (CO) it was higher in sheep than in cattle; the diets that did not have fish silage produced a greater amount of gases (GT, CH₄, CO and H₂S), the diet with 20% was the one that best reduced (GT, CH₄) and CO and the one with 14% was the one that best mitigated (H₂S); the diets with the probiotic showed that in the production of GT and CO they produce more gas than without the probiotic, in terms of (CH₄) and (H₂S) less gas was produced with the probiotic. In this way, it is concluded that the use of toad fish (*Hypostomus plecostomus*) silage is a viable alternative for the reduction of greenhouse gases in cattle and sheep.

Keywords: Silage, *Hypostomus plecostomus*, *in vitro* gas production, sheep, cattle.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es debido mayormente por la actividad humana resultado del incremento de gases de efecto invernadero, dentro de los más importantes son dióxido de carbono, metano, monóxido de carbono, sulfuro de hidrogeno, óxido nitroso y el hexafluoruro de azufre, esto conforma un problema ya que aumenta la temperatura media global. Por lo tanto, tenemos que entender que acciones emiten estos gases para así poder reducir su efecto nocivo sobre la tierra.

Los residuos de pescado son desechos que provocan contaminación ambiental, sin embargo, si lo utilizamos adecuadamente estos podrían contribuir a mitigar la contaminación que estos ocasionan. Una alternativa es para la alimentación animal, generando así una buena opción tanto económica como biológica, esto por medio de un proceso de ensilado, el cual consiste en mantener el valor nutritivo del alimento durante el almacenamiento; esto es una buena opción para el aprovechamiento de los restos de pescado, ya que en dietas para animales contribuye a su nutrición por las proteínas que contienen un elevado valor biológico y una alta digestibilidad, convirtiendo así los desechos en ganancias.

En diversos estudios se ha evaluado la inclusión de ensilados en dietas balanceadas, algunos autores recomiendan primero una evaluación *in vitro* antes de llevarlo a evaluaciones *in vivo*, esto es debido a que la primera evaluación nos da datos para conocer la viabilidad de estos productos, además que éticamente no se pone al animal en riesgo. Dado a lo anterior el objetivo de la presente investigación fue evaluar el impacto de la inclusión de ensilado de pescado sapo (*Hypostomus plecostomus*) en dietas balanceadas para rumiantes sobre la fermentación entérica y producción de gases de efecto invernadero.

I. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de la inclusión de ensilado de pescado sapo (*Hypostomus plecostomus*) en dietas balanceadas para rumiantes sobre la fermentación entérica y producción de gases de efecto invernadero.

1.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la inclusión de tres niveles de ensilado de pescado sapo (*Hypostomus plecostomus*) al 0,8,14 y 20% en dietas balanceadas para rumiantes sobre las características de la fermentación entérica y la eficiencia de conversión de metano, usando como fuente de inóculo bovinos y ovinos.

Evaluar el efecto de la inclusión de tres niveles de ensilado de pescado (*Hypostomus plecostomus*) en dietas balanceadas para rumiantes sobre la producción de gas total, metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, usando como fuente de inóculo bovinos y ovinos.

II. HIPÓTESIS

2.1 Hipótesis nula

La inclusión de niveles crecientes de ensilado de pescado sapo (*Hypostomus plecostomus*) en dietas balanceadas para rumiantes tendrá un efecto negativo sobre la fermentación entérica y la reducción de gases de efecto invernadero, y con ello aumentará el impacto de la ganadería en el ambiente.

2.2 Hipótesis alternativa

La inclusión de niveles crecientes de ensilado de pescado sapo (*Hypostomus plecostomus*) en dietas balanceadas para rumiantes tendrá un efecto positivo sobre la fermentación entérica y la reducción de gases de efecto invernadero, y con ello disminuirá el impacto de la ganadería en el ambiente.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Calentamiento global

El cambio en el clima está ligado con la vida cotidiana, ya que las actividades cotidianas como tomar un baño durante mucho tiempo, dejar las luces encendidas o conducir cómodo al trabajo todos los días y el consumo de combustibles fósiles, son causantes de las emisiones de gases de efecto invernadero provocando así el calentamiento global (Barros et.al 2007).

El calentamiento global funciona dentro del contexto del cambio global reciente. Este es básicamente, un fenómeno que implica concentraciones grandes de ciertos gases, nombrados gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera (Barros et.al 2007).

3.1.2 Gases de efecto invernadero

Los grandes incrementos en las emisiones de gases de efecto invernadero entre 1970 y 2004 vinieron de la generación de energía, el transporte y la industria, seguidos de la construcción, la silvicultura y la agricultura. Esto indica que la dependencia de los combustibles fósiles es el factor más importante en el calentamiento global. Las últimas evidencias científicas no dejan lugar a dudas de que el aumento de las temperaturas globales se debe a aumentos del efecto invernadero provocados por el hombre y a mecanismos naturales (IPCC, 2007). Este calentamiento global es lo que se conoce como el efecto invernadero, y es un fenómeno natural asociado al funcionamiento del ecosistema planetario. Los gases que lo provocan son denominados gases de efecto invernadero (GEI). Existen un gran porcentaje de GEI, algunos de origen natural y otros de origen artificial, pero los más importantes son el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, el vapor de agua, y los clorofluorocarbonados (CFCs) (Barros et.al 2007). Cuando el calor se libera y entra a la atmósfera, donde ciertos gases, aquellos que están en pequeñas proporciones en la atmósfera, sorben esta energía, y a su vez elevan su temperatura. Una vez calentados, los gases devuelven energía en forma de calor, lo cual genera un calentamiento adicional al planeta. En cuestión, los gases absorben la energía emitida por la tierra, luego la vuelven a liberar hacia la superficie y la atmósfera esta “reciclando” parte del

calor emitido por la tierra y aumentan la temperatura del sistema planetario (Barros et.al 2007).

3.1.3 Metano

La producción de metano representa una pérdida de energía para la reserva corporal del animal y es, al mismo tiempo, un ataque al medio ambiente cuando se emite a través de la eructación la liberación de metano en los rumiantes, debido a su carácter tóxico y su contribución en el efecto invernadero. Sin embargo, la carne y la leche que producen estos animales son la principal fuente de proteínas en la dieta de los humanos, por lo que, en los últimos años muchos investigadores desarrollan trabajos para reducir la producción de metano mediante el control en la fermentación ruminal (Richard et al. 2005). El ganado bovino es el principal productor de metano entre los rumiantes domésticos. Estos producen entre 7 a 9 veces más metano que el ganado ovino y caprino (Shibata y Terada, 2010). Alrededor del 80% del metano es producido en el rumen en el ganado bovino y otros rumiantes. A través de los microorganismos que ayudan a la digestión de la celulosa se produce el metano, entre tanto aproximadamente el 20% procede de la descomposición de la materia fecal (Verge et al., 2007). En ganado bovino, la liberación y producción de metano ocurre alrededor de la producción y medición de Metano (CH₄) en el Ganado Bovino 4 a 8 semanas de edad, o sea cuando los becerros se desarrollan como rumiantes y son capaces de retener alimentos sólidos en el rumen-retículo (Morgavi et al., 2013). Partiendo de este momento la producción de metano aumentara rápidamente conforme se desarrolla el rumen (Johnson y Jonhson, 1995). El metano originado a lo largo de la fermentación ruminal es considerado una pérdida de energía para el animal cercana del 8 a 12% de la energía total consumida (Johnson y Jonhson, 1995), y es principalmente liberado a través del eructo (90%; Hook et al., 2010).

3.2.1 Monóxido de carbono

Este gas contribuye indirectamente al calentamiento global y también reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno a los órganos del cuerpo. Se conoce como precursor del ozono (O₃) y es fuente de (CO₂). Además, el (CO) es responsable de la emisión directa superficial y la oxidación de los hidrocarburos (Duncan et al., 2007). Puede reaccionar químicamente con otros constituyentes atmosféricos (principalmente el radical hidroxilo, OH.) que de otro modo destruirían el metano. La vida química del CO es relativamente corta y espacialmente variable en concentración, dependiendo de las concentraciones de (OH) (Lawrence et al., 2003). La naturaleza y el alcance de estas emisiones se emplean para desarrollar políticas para mitigar su impacto. La quema de biomasa y combustibles fósiles, así como las emisiones vehiculares son las fuentes más importantes para la formación de monóxido de carbono (CO), aunque una menor cantidad de (CO) se deriva del océano y la actividad geológica (Reddy et al., 2008).

3.2.2 Sulfuro de hidrógeno

El sulfuro de hidrógeno originado es un gas tóxico, denso y altamente corrosivo. Su toxicidad de este, a nivel humano y a gran escala, puede confirmarse tras examinar las numerosas muertes que se han notificado después del ingreso en las fosas sépticas, con falta de ventilación, y sin dispositivos de protección (mascarillas de gas y bombona de aire). La corrosión se evidencia cuando se visita alguna instalación de tratamiento de aguas residuales por lagunaje que no ha tenido una inspección exhaustiva de mantenimiento: oxidación de los barrotos metálicos que protegen las lagunas, así como las cajas de control de registro (Lopez et al., 2010).

El sulfuro de hidrógeno (H₂S) se forma durante la precipitación de sulfuros y durante la pre-reducción – neutralización de la lejía. Este gas es altamente tóxico, en bajas concentraciones (1-5 ppm) no solo causa molestias por un olor desagradable persistente, sino que también afecta negativamente a la salud. También se caracteriza por una alta tasa de fallas de dispositivos en componentes electrónicos debido a su corrosividad (Romero et. al 2005).

3.3.3 Contribución de la ganadería

Los desafíos que plantean los problemas globales y las incertidumbres con respecto a la seguridad alimentaria requieren la exploración de nuevos métodos para alimentar al ganado que sean accesibles, fáciles de implementar y que ayuden a preservar el medio ambiente. La producción animal está dominada por los alimentos, que representan del 50 al 80% de los costos de producción. La disponibilidad de fuentes de calidad y el alto costo de los insumos tradicionales hacen que la provisión de proteínas sea un tema crítico para la crianza de rumiantes (bovinos, ovinos y caprinos). Esto lleva a identificar fuentes de proteínas para la alimentación animal, particularmente aquellas que contienen productos o subproductos que no son aptos para el consumo humano (Berenz et al., 1997).

Los desechos orgánicos de la industria pesquera se utilizan para producir productos alimenticios, incluidos aceites, harinas, suplementos, líquidos y ensilaje químico o biológico. Esta ha sido una práctica común para minimizar la eliminación de desechos y reducir el impacto ambiental (Alvelo et al., 2001).

3.4 Residuos pesqueros

Las grandes cantidades de residuos generados en la pesca, acuicultura o procesamiento de la industria pesquera, incluyendo grandes mercados o centros de distribución, generan contaminación al medio ambiente (Kosseva, 2013).

La realización de la actividad pesquera provoca daños al medio ambiente marino, muchos de ellos, se derivan de las actividades humanas en tierra, y son resultado de la aplicación del modelo de desarrollo adoptado por las sociedades modernas. En cualquier caso, los océanos del planeta forman un todo, y cualquier problema surgido en una zona marina, puede tener repercusiones al otro lado del mundo. (Estrategia Ambiental Nacional 2016 al 2020, 2015).

Los desechos son uno de los mayores problemas que se ocasionan en el medio ambiente con que se enfrenta el ser humano, y este problema es de mucha gravedad en el denominado mundo desarrollado, y en especial para el sector pesquero.

Los restos de pescado tales como: cabezas, espinas, vísceras, branquias, músculos oscuros, aletas y piel, los cuales, una vez que se transforman conforman una fuente de suma importancia de minerales, proteínas y grasa que son utilizados en la elaboración de varios productos.

En los últimos años el mundo ha puesto su atención en el aprovechamiento de los residuos de la pesca, por su importancia a nivel económico, social y ambiental.

3.4.1 Utilización en la nutrición de rumiantes

El ensilaje es un método de conservación de alimento húmedo y su propósito es mantener el valor nutritivo del alimento durante el almacenamiento. En las granjas modernas los forrajes son cortados en la fase donde tienen mayor productividad y el valor nutricional están al máximo y se ensilan para garantizar un suministro constante de alimento durante todo el año (Molina et. al.,2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Revista Lasallista de Investigación, 1 (1), 67-71).

Asociado al ensilaje de desechos pesqueros, es un producto liquido pastoso que se obtiene a partir de desechos pesqueros o pescado no utilizable para consumo humano cuya conservación es en un ambiente ácido. (J. E., Toledo, J., & Lazo de la Vega, J. (2010). Sistema HACCP para el aseguramiento de la calidad del ensilaje de residuos pesqueros. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 11(4).

El pescado ensilado podría marcar la diferencia en términos de; a) disminuyendo los niveles de residuos y reducir el impacto ambiental, b) proporciona sanidad animal y beneficia proporcionando nutrientes y componentes bioactivos, c) los productos se convierten en productos valiosos que pueden reemplazar los costos en los ingredientes de las raciones o son utilizados como fertilizantes, dando así beneficios económicos

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del área

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la posta porcina ubicada en la unidad experimental Tuxpan, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, dependiente de la Universidad Autónoma de Guerrero, localizada en el kilómetro 2.5 de la carretera Iguala -Tuxpan, con las siguientes coordenadas geográficas 18° 21' 34" latitud norte 99° 29' 50" longitud oeste.

El trabajo de laboratorio de bromatología se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UAEMex, ubicada en el Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Mex.

4.2 Composición del ensilado de pescado

Cuadro 1. Composición del ensilado de pescado

INGREDIENTES	CANTIDAD
Yogurt natural	1 L
Pescado sapo	6 L
Melaza	13 L
Total	20 L

4.3 Dietas experimentales

Los tratamientos consistieron en la evaluación de dietas experimentales balanceadas en función de los requerimientos nutricionales del ganado rumiante y la mayoría de los ingredientes para su elaboración se obtuvieron de una forrajera local, con excepción del ensilado de pescado sapo. La elaboración de los ensilajes se realizó en el municipio de Iguala de la Independencia, Guerrero, México, utilizando desechos (viseras, esqueleto y cabeza) de pescado sapo (*Hypostomus plecostomus*) obtenidos de una pescadería del municipio. Antes de ensilar los desechos se picaron y se mezclaron con melaza, residuos de frutas tropicales y para su ensilaje se utilizó una cubeta de 20 L, las cuales después de llenarse se sellaron herméticamente y se almacenaron a temperatura ambiente en un área libre de radiación solar directa y

humedad. Después de 30 días de fermentación se abrieron los ensilajes y se tomó ensilado fresco para realizar las dietas que se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Porcentaje de ingredientes y composición química de dietas balanceadas para rumiantes con la inclusión de diferentes niveles de ensilado de pescado sapo (*Hypostomus plecostomus*)

Ingredientes	Nivel de inclusión de ensilado de pescado sapo			
	0	8	14	20
Grano de maíz	73.5	67.5	61.5	55.5
Rastrojo de maíz	15.0	15.0	15.0	15.0
Soya en grano	9.0	7.0	7.0	7.0
Ensilado de pescado*	0.0	8.0	14.0	20.0
Sales minerales	2.5	2.5	2.5	2.5
Composición química				
Proteína	12	14	14	14
Fibra detergente neutra	4	4.2	4.2	5.2
Fibra detergente ácida	2.2	2.2	2.3	3.5
Cenizas	9	9	9	9.5

* El pH del ensilado fue de 4.0



FIGURA 1. Adición del ensilaje de pescado a las dietas.



FUGURA 2. Preparación de las dietas.

4.4 Composición química

Al momento de abrir los ensilajes se determinó el pH siguiendo la metodología de Wilson y Wilkins (1972), la cual consiste en mezclar 25 g de forraje fresco con 225 ml de agua destilada y también se obtuvieron cuatro muestras representativas para el análisis de la composición química. De igual manera, se tomó un kilogramo de cada dieta y se trituroó en un molino de martillos (Thomas Wiley® modelo 4) con tamiz de 2 mm para su evaluación de producción de gases *in vitro*. El contenido de materia orgánica se obtuvo sustrayendo el valor obtenido en cenizas (C) a 100g, y las cenizas se estimaron mediante el método de Thiex et al. (2012). La proteína cruda (PC) se determinó estimando la cantidad de nitrógeno (Horneck y Miller, 1998) y multiplicando el valor obtenido por el factor de conversión 6.25. La fibra detergente neutra (FDN) y ácida mediante la metodología descrita por Van Soest et al. (1991) y utilizando el analizador de fibras ANKOM²⁰⁰ (ANKOM Technology Corp., Macedon, NY, USA), mientras que la lignina ácido detergente se determinó por solubilización con una solución de ácido sulfúrico (Faichney et al., 1983). El extracto etéreo (EE) siguiendo el método de Padmore (1990), mientras que los carbohidratos no fibrosos (CNF) y los

totales (CT) con las ecuaciones de Mertens (1997) y Sniffen et al. (1992): $CNF = 100 - (CP + FDN + EE + C)$ y $CT = 100 - (CP + EE + C)$.



FIGURA 3. Trituración de dietas en un molino de martillos.

4.5 Fermentación *in vitro*

Se preparó un medio nutritivo siguiendo la metodología de Goering y Van Soest (1970) el cual consiste en elaborar un medio nutritivo que lleva una solución de micronutrientes, macronutrientes, buffer, resazurina y agua destilada. La cual se utilizó como inóculo el líquido ruminal de cuatro bovinos (400 ± 30 kg PV) y cuatro ovinos sacrificados (45 ± 5 kg PV) en el rastro municipal de Toluca, Estado de México, México, para el uso de cada inóculo se mezcló el líquido ruminal de los cuatro animales de cada especie, es decir, se obtuvieron dos tipos de inóculos, después se filtró con cuatro capas de estopilla para su posterior uso.

Se pesaron 500 mg de cada dieta balanceada, se colocaron en frascos de vidrio con capacidad de 160 mL y se añadieron 40 mL de medio nutritivo y 10 mL de líquido ruminal. Los frascos se sellaron con tapones de goma butílica y sellos de aluminio, y se incubaron en una incubadora (Binder® serie BD) a 39°C durante 48 h, no sin antes agitarlos ligeramente. En total se incubaron 30 frascos, 12 con cada inóculo y 3 blancos de cada especie para la corrección de los datos obtenidos.



FIGURA 4. Preparación de medio nutritivo.

4.5.1 Producción ruminal de gas total, metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno

El volumen de gas total se midió en PSI (libras por pulgada cuadrada) a las 2, 4, 6, 24, 28, 30 y 48 h de incubación, siguiendo la metodología de (Theodorou et al.1994) y utilizando un manómetro digital de presión Extech® Instruments, modelo 407910 y con precisión de ± 2 %. En el caso del metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, se utilizó la metodología propuesta por Acosta et al. (2022), que consiste en extraer gas de los frascos de vidrio con una jeringa estéril de plástico (BD Plastipak™, 5 mL 21G x 32 mm) e inyectarlo a un detector portátil de gases (Dräger X-am®, modelo 2500) por medio de una bomba externa (Dräger X-am®).



FIGURA 5. Medición de producción de gas total.

4.5.2 Degradación aparente de la materia seca

Al concluir la incubación a las 48 h, se filtró el contenido de los frascos para separar el residuo de las dietas experimentales del contenido líquido y determinar el pH utilizando un potenciómetro con electrodo de vidrio (Hanna® Instruments modelo HALO® HI11102). El residuo obtenido se lavó con abundante agua de la llave y se deshidrató en una estufa de circulación de aire forzado a 60 °C por 48 h para obtener el peso sin humedad, y a partir de este valor se estimó la degradación aparente de la materia seca restando el peso final de la dieta al peso inicial (Elghandour et al., 2014).



FIGURA 6. Filtración de frascos.

4.5.3 Cálculos

Los datos obtenidos en PSI se transformaron a mL, y se calculó la cinética de producción de gas total, metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno ajustando el volumen de cada gas con el procedimiento NLIN de SAS (2002), y según el modelo propuesto por France et al., (2000):

$$(1) y = b \times [1 - e^{-c(t-L)}]$$

Dónde:

y = volumen de producción de gas al tiempo t

b = producción de gas asintótica (mL g⁻¹ MS)

c = ritmo de producción de gas (/h) de la fracción de b de alimento fermentable lentamente

Lag = intervalo discontinuo antes de la producción de gas

La energía metabolizable (EM; MJ kg⁻¹ MS) se calculó con la ecuación propuesta por Menke *et al.* (1979):

$$(2) EM = 2.20 + 0.136 PG \text{ (mL } 0.5 \text{ g}^{-1} \text{ MS)} + 0.057 PC \text{ (g kg}^{-1} \text{ MS)}$$

Dónde:

PC = proteína cruda (%)

C = cenizas (%)

PG = producción de gas (mL gas 200 mg⁻¹ de muestra seca después de 24 h)

Las concentraciones de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) se calcularon de acuerdo con Getachew *et al.* (2002) como:

$$(3) AGCC \text{ (mmol } 200 \text{ mg}^{-1} \text{ MS)} = 0.0222 PG - 0.00425$$

Dónde:

PG = PG neta en 24 h (mL 200 mg⁻¹ MS)

Adicionalmente, se calculó la producción de metano por unidad de energía metabolizable (g MJ⁻¹), materia orgánica (mL g⁻¹) y ácidos grasos de cadena corta a las 24 h (mmol mmol⁻¹).

4.6 Análisis Estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 2×3 , donde el factor A fueron dos fuentes de inóculo ruminal y el factor B tres niveles de inclusión de ensilado de pescado sapo, más el control y las tres repeticiones. El análisis de los datos se realizó mediante el procedimiento GLM de SAS (2002) y de acuerdo con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (A \times B)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde

Y_{ijk} : variable de respuesta

μ : media general

A_i : efecto de la fuente de inóculo ruminal

B_j : efecto del nivel de inclusión de ensilado de pescado

$(A \times B)_{ij}$: efecto de la interacción entre la fuente de inóculo ruminal y el nivel de inclusión de ensilado de pescado

ε_{ijk} : error experimental

Además, se utilizaron contrastes de polinomios lineales y cuadráticos para examinar la respuesta de los niveles de inclusión de ensilado de pescado con cada fuente de inóculo ruminal, y se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) en la comparación de medias.

V. RESULTADOS

5.1 Producción ruminal de gas total

En el cuadro 3 se muestran los resultados de la producción de gas total del ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando como inóculo ruminal bovino y ovino

Cuadro 3. Parámetros y producción de gas total del ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando como inóculo ruminal bovino y ovino

Fuente de Inoculo Ruminal (RIS)	Porcentaje de ensilado de pez (PFS)	Probiótico (PB)	Parámetros ¹			mL gas total g ⁻¹ MS incubada			
			B	C	Lag	2 h	24 h	48 h	
Bovino	0	Sin	294.83	0.0398	6.92	23.92	182.58	284.81	
		Con	235.50	0.0423	3.35	30.21	203.64	228.68	
	8	Sin	299.03	0.0389	5.46	26.89	199.58	288.80	
		Con	303.97	0.0478	5.96	32.64	257.13	294.82	
	14	Sin	276.10	0.0367	3.84	29.71	191.59	266.24	
		Con	231.47	0.0399	5.21	34.37	246.54	278.04	
	20	Sin	298.37	0.0356	3.39	33.84	203.56	286.50	
		Con	283.60	0.0573	7.32	35.61	222.85	262.19	
			SEM ²	20.710	0.00155	2.193	0.713	8.751	9.463
			PFS	0.0036*	0.0092*	0.0328*	<0.0001**	0.0070*	0.0166*
			Lineal	0.0008**	0.0152*	0.9357ns	<0.0001**	0.0355*	0.0813ns
			Cuadrático	0.3782ns	0.7143ns	0.0709ns	0.0824ns	0.0520ns	0.4327ns
			PB	<0.0001**	0.0450*	0.3027ns	<0.0001**	<0.0001**	0.0326*
		PFS x PB	0.0168*	0.0497*	0.1263ns	0.0266*	0.0707ns	0.0088*	
Ovino	0	Sin	229.90	0.0383	4.73	25.44	162.08	223.38	
		Con	326.33	0.0462	5.65	37.57	273.57	318.04	
	8	Sin	177.93	0.0164	7.64	28.02	75.93	147.40	
		Con	285.60	0.0414	3.87	38.52	239.34	277.72	
	14	Sin	154.97	0.0173	10.35	27.81	80.11	132.98	
		Con	224.07	0.0377	2.21	34.44	174.68	212.23	
	20	Sin	197.10	0.0161	6.82	29.32	80.73	157.14	
		Con	122.08	0.0286	7.76	32.91	101.60	116.75	
			SEM ²	9.556	0.00341	0.936	1.577	11.419	17.708
			PFS	<0.0001	<0.0001	0.3159ns	0.4879	<0.0001	<0.0001
			Lineal	0.1559	0.0018	0.5903	0.8088	<0.0001	<0.0001
			Cuadrático	<.0001	<0.0001	0.6689	0.8937	0.0145	0.0587

	PB	0.0192	<0.0001	0.6175	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	PFS x PB	0.0233	<0.0001	0.1850	0.0626	0.0001	0.0012
Agrupado SEM ²		16.128	0.00265	1.686	1.224	10.173	14.197
<i>valor p</i>							
	RIS	<0.0001	<0.0001	0.2699	0.1723	<0.0001	<0.0001
	PFS	<0.0001	<0.0001	0.5909	0.0022	<0.0001	<0.0001
	Lineal	0.0042	0.0003	0.6393	0.0002	<0.0001	<0.0001
	Cuadrático	<0.0001	<0.0001	0.2546	0.5267	0.3758	0.1663
	PB	0.9328	0.1408	0.3819	<0.0001	<0.0001	0.0012
	RIS x PFS	<0.0001	0.0002	0.0644	0.0001	<0.0001	<0.0001
	RIS x PB	<0.0001	<0.0001	0.9601	0.0061	<0.0001	<0.0001
	PFS x PB	0.0404	0.0018	0.1327	0.0032	<0.0001	0.0001
	RIS x PFS x PB	0.0041	0.0062	0.1775	0.5735	0.0036	0.0012

b = es la producción total de gas asintótico (mL gas total g⁻¹ MS); c = es la tasa de producción total de gas (mL gas total h⁻¹); Lag = es el retraso inicial antes de que comience la producción total de gas (h). SEM² = error estándar de la media. Porcentaje de pescado en el ensilaje (PFS); Fuente de inóculo ruminal (RIS).

La cinética de producción ruminal de gas total se muestra en la figura 7 en ella se observan los tiempos de incubación a las 2, 5, 15, 24, 27, 30 y 48 horas con líquido ruminal de bovinos y ovinos, el cual mantuvo un efecto lineal donde se observa que a partir de las 2 h (31.75 mL gas total g⁻¹ MS incubada) se denota un aumento en la producción de gas total hasta las 30 h (256.041 y 174.664 mL gas total g⁻¹ MS incubada) para bovinos y ovinos respectivamente y con mayor producción de gas total en bovinos y ovinos con 273.758 mL gas total g⁻¹ MS incubada y 198.204 mL gas total g⁻¹ MS incubada, respectivamente con esto se observa que la producción ruminal de gas de los bovinos es 38.12 % mayor que el de los ovinos.

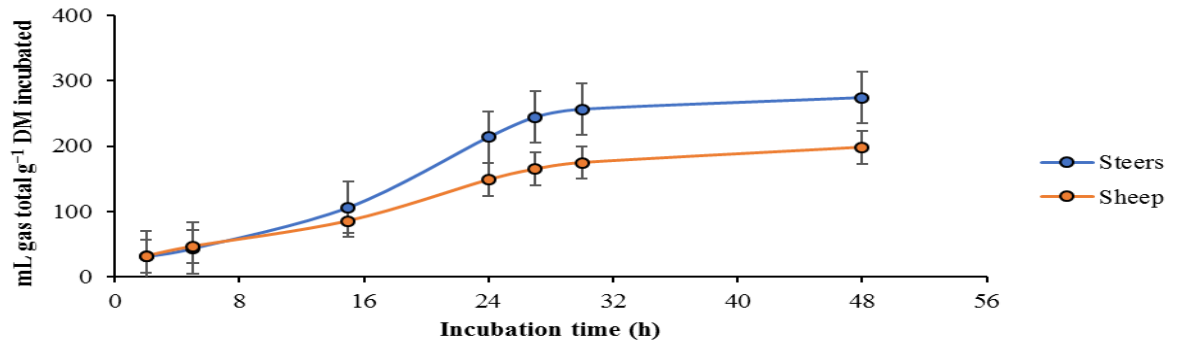


Figura 7. Cinética de producción ruminal de gas total del ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal

La cinética de producción ruminal de gas total del ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado se muestra en la figura 8, en la cual se observan los periodos de incubación a las 2, 5, 15, 24, 30 y 48 h manteniendo un efecto lineal a las 2 h (32.920 mL gas total g⁻¹ MS incubada) con líquido ruminal de bovinos y ovinos, donde se observa a un aumento a las 30 h (244.380 mL gas total g⁻¹ MS incubada) y con menor producción de gas a las 48 h (205.644 mL gas total g⁻¹ MS incubada) al 20% de ensilaje de pescado con esto observamos que es mejor a la digestibilidad ruminal.

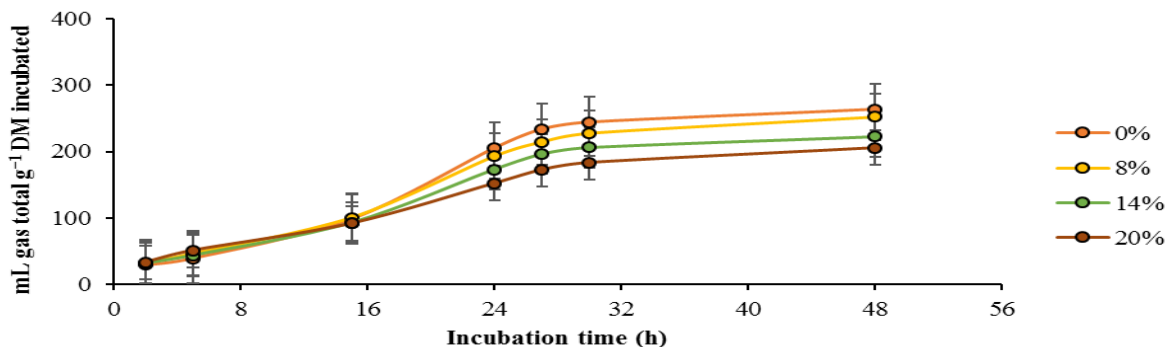


Figura 8. Cinética de producción ruminal de gas total del ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*)

La cinética de producción ruminal de gas total sin adición y con adición de probiótico, se muestran en la figura 9, donde se observa los tiempos de incubación a las 2, 5, 15, 24, 27, 30 y 48 horas, los cuales tuvieron un efecto lineal a las 2 h (34.532 mL gas total g⁻¹ MS incubada) pero con mayor cantidad de producción ruminal de gas total a las 30 h (327.838 mL gas total g⁻¹ MS incubada) en el caso de la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118). Comparando las muestras las cuales no se les adicione probiótico a las 30 h (220.304 mL gas total g⁻¹ MS incubada) y 48 h (248.558 mL gas total g⁻¹ MS incubada) presentaron menor cantidad de gas total ruminal. Con esto se observa que la producción ruminal de gas total sin probiótico es del 12.82 % mayor que el que si se le adicione probiótico.

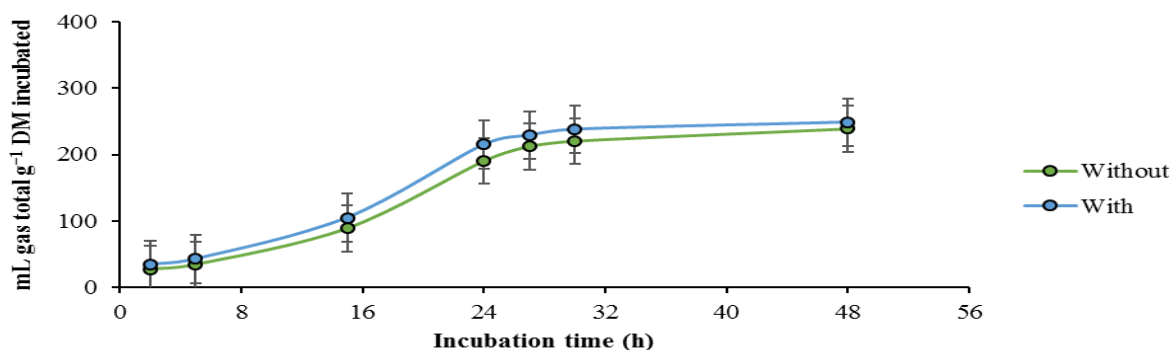


Figura 9. Cinética de producción ruminal de gas total del ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118)

5.2 Producción ruminal de metano

En el cuadro 4 se muestran los parámetros y producción de metano (CH₄) de ensilado con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118) y usando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

Cuadro 4. Parámetros y producción de metano (CH₄) de ensilado con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118) usando bovinos y ovinos

Fuente de Inoculo Ruminal (RIS)	Porcentaje de ensilado de pez (PFS)	Probiótico (PB)	Parámetros ²			mL CH ₄ g ⁻¹ DM incubado			mL CH ₄ 100 mL total de gas			
			<i>b</i>	<i>c</i>	<i>Lag</i>	2 h	24 h	48 h	2 h	24 h	48 h	
Bovinos	0	Sin	53.58	0.0604	15.83	0.46	23.84	53.10	1.92	13.02	18.68	
		Con	19.85	0.0409	16.86	0.08	5.60	18.78	0.25	2.69	8.19	
	8	Sin	51.82	0.0558	14.48	0.61	25.10	51.12	2.25	12.63	17.96	
		Con	25.52	0.0328	19.95	0.00	4.32	21.17	0.00	1.69	7.44	
	14	Sin	25.38	0.0505	14.72	0.50	11.26	25.01	1.67	5.88	9.38	
		Con	19.04	0.0400	12.55	0.00	8.68	18.46	0.00	3.56	6.94	
	20	Sin	36.13	0.0519	16.24	0.34	13.35	35.63	1.00	6.50	12.42	
		Con	10.56	0.0529	14.29	0.00	4.30	10.20	0.00	1.88	4.00	
			SEM ²	9.238	0.01845	3.069	0.034	3.191	5.363	0.110	1.613	2.069
			PFS	<0.0001	0.008	0.0025	0.0086	0.1711	0.0197	0.0001	0.0980	0.0324
			Lineal	<0.0001	0.0442	0.1269	0.0109	0.0833	0.0273	<0.0001	0.0372	0.0225
			Cuadrático	0.0321	0.0041	0.0004	0.3197	0.5230	0.1171	0.6684	0.3655	0.1563
			PB	0.6931	0.9203	0.1189	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
		PFS × PB	0.3416	0.2549	0.2498	0.0053	0.0414	0.0881	0.0004	0.0410	0.2069	
Ovinos	0	Sin	32.02	0.0741	20.64	0.15	2.84	30.40	0.50	1.75	12.38	
		Con	52.09	0.1007	23.00	0.00	9.68	51.70	0.00	3.56	17.69	
	8	Sin	16.89	0.0363	17.00	0.09	3.47	14.58	0.33	4.46	9.54	
		Con	50.93	0.1337	23.52	0.00	9.99	50.67	0.00	3.75	20.75	
	14	Sin	15.00	0.0473	13.19	0.14	4.14	13.75	0.50	5.13	9.96	

20	Con	34.75	0.0982	21.64	0.00	8.23	34.76	0.00	4.69	16.44
	Sin	20.27	0.0593	19.07	0.10	2.89	17.93	0.33	3.58	11.25
	Con	18.38	0.1015	20.94	0.00	5.04	18.46	0.00	4.50	16.38
	SEM ²	5.440	0.005	1.074	0.024	1.602	8.722	0.083	0.906	3.464
	PFS	0.0111	0.0059	0.1509	0.6083	0.3435	0.0875	0.5847	0.1373	0.9281
	Lineal	0.8225	0.0277	0.4324	0.3411	0.1713	0.0186	0.3322	0.1460	0.7295
	Cuadrático	0.005	0.0247	0.2455	0.7079	0.4500	0.4873	0.5717	0.0647	0.6887
	PB	0.3102	0.8421	0.8154	<0.0001	0.0005	0.0056	<0.0001	0.5455	0.0111
	PFS × PB	0.5875	0.3106	0.4921	0.6083	0.4411	0.2785	0.5847	0.4866	0.7980
SEM ² agrupados	7.581	0.014	2.299	0.029	2.525	7.240	0.098	1.308	2.853	
<i>valor p</i>										
	RIS	0.9598	<0.0001	0.0008	<0.0001	<0.0001	0.9665	<0.0001	0.0037	0.0149
	PFS	0.0031	0.0364	0.0256	0.0138	0.0636	0.0029	0.0001	0.4095	0.1805
	Lineal	0.0021	0.0953	0.8210	0.0065	0.0285	0.0014	<0.0001	0.2270	0.1199
	Cuadrático	0.1174	0.1561	0.0140	0.2981	0.8148	0.1504	0.4913	0.8739	0.2739
	PB	0.4895	0.8252	0.4479	<0.0001	0.0043	0.5543	<0.0001	<0.0001	0.7449
	RIS × PFS	<0.0001	0.0002	0.1892	0.0241	0.4865	0.7355	0.0004	0.0194	0.7069
	RIS × PB	0.2766	0.8690	0.7508	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	PFS × PB	0.2211	0.2995	0.2978	0.0191	0.1568	0.2260	0.0008	0.0734	0.6701
	RIS × PFS × PB	0.9839	0.2777	0.6555	0.0069	0.0150	0.1441	0.0010	0.0388	0.4663

1b= es la CH₄production asintótica (mL CH₄g⁻¹DM); c= es la tasa de producción de CH₄ (mL CH₄h⁻¹); Lag= es el retraso inicial antes de que comience la producción de CH₄(h). ²SEM = error estándar de la media. Porcentaje de pescado en el ensilaje (PFS); Fuente de inóculo ruminal (RIS).

La cinética de producción ruminal de gas metano se muestra en la figura 10 en ella se observan los tiempos de incubación a las 2, 5, 15, 24, 27, 30 y 48 horas con líquido ruminal de bovinos y ovinos, el cual mantuvo un efecto lineal donde se observa que a partir de las 2 h (0.060 mL gas total g⁻¹ MS incubada) se denota un aumento en la producción de metano hasta las 30 h (20.940 y 19.406 mL gas total g⁻¹ MS incubada) para bovinos y ovinos donde observa una mayor producción de gas metano en bovinos y ovinos con 29.031 mL gas total g⁻¹ MS incubada, respectivamente con esto se observa que la producción ruminal de metano de los bovinos y ovinos tuvieron la misma producción de gas metano.

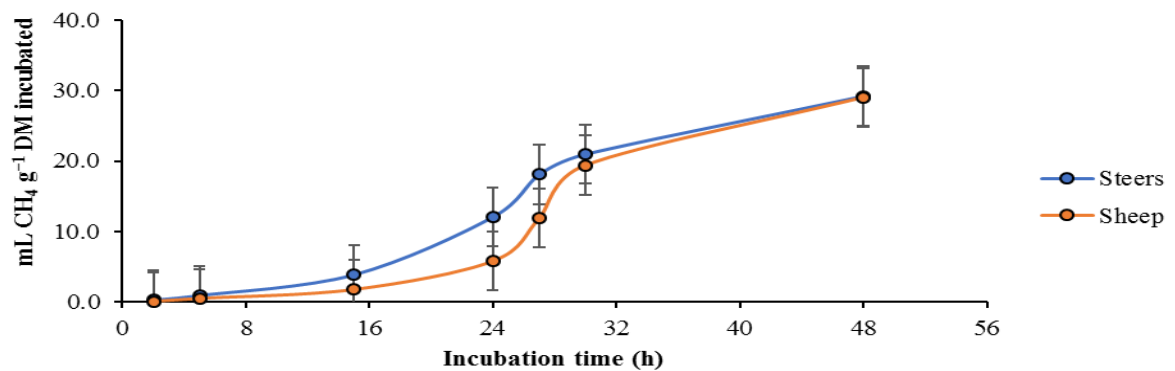


Figura 10. Cinética de producción de metano (CH₄) ruminal ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), utilizando novillos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

La cinética de producción ruminal de gas metano del ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado se muestra en la figura 11, en la cual se observan los periodos de incubación a las 2, 5, 15, 24, 27, 30 y 48 horas manteniendo un efecto lineal a las 2 h (0.0109 mL gas total g⁻¹ MS incubada) con líquido ruminal de bovinos y ovinos, donde se observa a un aumento a las 30 h (25.056 mL gas total g⁻¹ MS incubada) al 8% de ensilaje de pescado y con menor producción de gas metano a las 48 h (20.555 mL gas total g⁻¹ MS incubada) al 20% de ensilaje de pescado con esto observamos que es mejor a la digestibilidad ruminal.

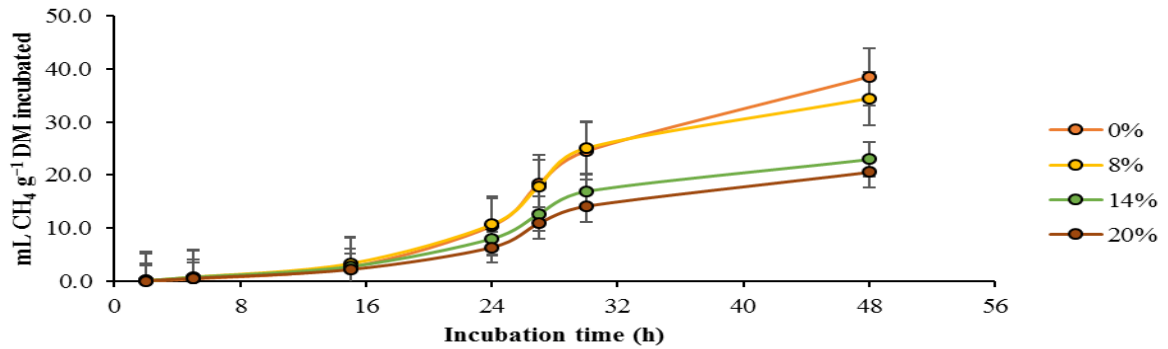


Figura 11. Cinética de producción de metano (CH₄) ruminal de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*).

En la figura 12 se muestra la cinética de producción ruminal de gas metano sin adición y con adición de probiótico muestran los tiempos de incubación a las 2, 5, 15, 24, 27, 30 y 48 horas los cuales tuvieron un efecto lineal a las 2 h (0.009 mL gas total g⁻¹ MS incubada) pero con mayor cantidad de producción ruminal de gas total a las 30 h (20.598 mL gas total g⁻¹ MS incubada) en el caso de la adición de probióticos (*Pedococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118). Comparando las muestras las cuales se les adicione probiótico a las 30 h (19.747 mL gas total g⁻¹ MS incubada) y 48 h (28.026 mL gas total g⁻¹ MS incubada) presentaron menos cantidad de gas metano ruminal. Con esto se observa que la producción ruminal de metano sin probiótico es del 41.92 % mayor que el que si se le adicione probiótico.

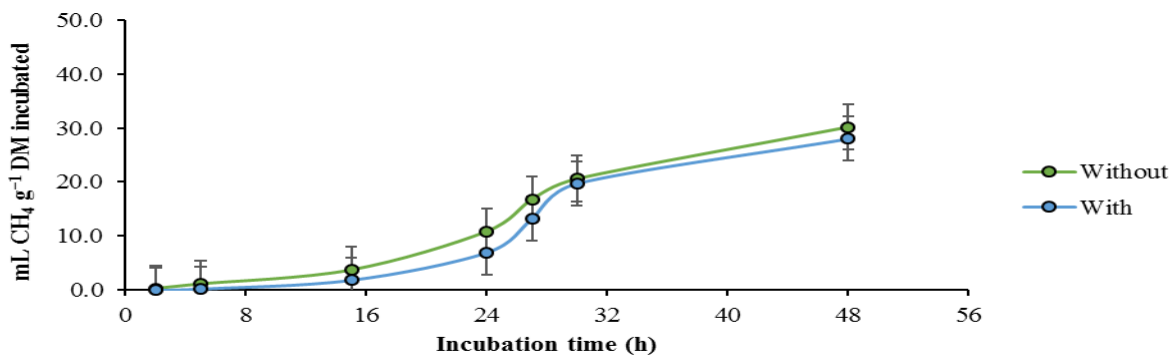


Figura 12. Cinética de producción de metano (CH₄) ruminal de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con adición de probiótico (*Pedococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118).

5.3 Producción ruminal de monóxido de carbono

En el cuadro 5 se muestran los parámetros y producción de monóxido de carbono (CO) de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118) y usando bovino y ovinos como fuente de inóculo ruminal

Cuadro 5. Parámetros y producción de monóxido de carbono (CO) de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118) y usando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal

Fuente de Inoculo Ruminal (RIS)	Porcentaje de ensilado de pez (PFS)	Probiótico (PB)	Parámetros ¹			mL CO g ⁻¹ DM incubado			
			<i>b</i>	<i>c</i>	<i>Lag</i>	2 h	24 h	48 h	
Bovino	0	Sin	0.0183	0.00001	0.0017	0.00007	0.00843	0.01814	
		Con	0.0748	0.00006	0.0124	0.00042	0.04358	0.07280	
	8	Sin	0.0141	0.00001	0.0014	0.00010	0.00778	0.01398	
		Con	0.0784	0.00006	0.0143	0.00119	0.04309	0.07533	
	14	Sin	0.0150	0.00001	0.0013	0.00010	0.00890	0.01490	
		Con	0.0993	0.00007	0.0149	0.00141	0.05558	0.09618	
	20	Sin	0.0165	0.00001	0.0015	0.00009	0.00817	0.01626	
		Con	0.0995	0.00005	0.0108	0.00134	0.05868	0.09799	
	SEM ²			0.09020	0.000036	0.00183	0.000074	0.003984	0.005080
	PFS			<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1324	0.0466
	Lineal			<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0811	0.0357
	Cuadrático			0.0008	<0.0001	<0.0001	0.0006	0.4741	0.3494
	PB			0.9445	0.1150	0.3031	<0.0001	<0.0001	<0.0001
PFS x PB			0.8969	0.0111	0.0093	<0.0001	0.1618	0.0336	
Ovino	0	Sin	0.2209	0.00005	0.0112	0.00053	0.14134	0.21699	
		Con	1.4006	0.00009	0.0203	0.00013	0.53225	1.36220	
	8	Sin	0.5294	0.00003	0.0149	0.00083	0.13430	0.45366	
		Con	0.8927	0.00020	0.0227	0.00012	0.22860	0.87301	
	14	Sin	0.3426	0.00003	0.0099	0.00120	0.13970	0.31584	

20	Con	0.9287	0.00008	0.0192	0.00010	0.35595	0.91568
	Sin	0.3447	0.00004	0.0205	0.00086	0.04616	0.27726
	Con	0.4585	0.00009	0.0198	0.00008	0.17935	0.44540
	SEM ²	0.00529	0.000004	0.00077	0.000227	0.056396	0.080357
	PFS	<0.0001	0.0262	0.0011	0.5903	0.0073	0.0006
	Lineal	0.0028	0.243	0.003	0.5484	0.0011	<0.0001
	Cuadrático	<0.0001	0.0179	0.0047	0.2251	0.6433	0.5706
	PB	0.0187	0.3071	0.0042	0.0003	<0.0001	<0.0001
	PFS x PB	0.0008	0.2551	0.0718	0.5215	0.0785	0.0001
SEM ² agrupados	0.06389	0.000025	0.00141	0.000169	0.039977	0.056935	
<i>valor p</i>							
RIS	<0.0001	0.0014	<0.0001	0.2091	<0.0001	<0.0001	
PFS	<0.0001	0.0002	<0.0001	0.0117	0.0037	0.0001	
Lineal	<0.0001	0.0157	<0.0001	0.0161	0.0006	<0.0001	
Cuadrático	<0.0001	0.0018	<0.0001	0.0170	0.6050	0.5275	
PB	0.0137	0.3823	0.0120	0.1415	<0.0001	<0.0001	
RIS x PFS	<0.0001	0.2827	0.0043	0.5604	0.0024	<0.0001	
RIS x PB	0.0135	0.2337	0.0014	<0.0001	0.0002	<0.0001	
PFS x PB	0.0001	0.1653	0.0118	0.7110	0.0685	<0.0001	
RIS x PFS x PB	0.0001	0.3110	0.1162	0.0108	0.0536	<0.0001	

¹b= es la producción asintótica de CO (mL CO g⁻¹DM); c= tasa de producción de CO (mL CO h⁻¹); Lag= es el retraso inicial antes de que comience la producción de CO (h).

²SEM = error estándar de la media. Porcentaje de pescado en el ensilaje (PFS);

Fuente de inóculo ruminal (RIS).

La cinética de producción ruminal de gas CO se muestra en la figura 13 en ella se observan los tiempos de incubación a las 2, 5, 15, 24, 27, 30 y 48 horas con líquido ruminal de bovinos y ovinos, el cual mantuvo un efecto lineal donde se observa que a partir de las 5 h (0.0010 mL gas total g⁻¹ MS incubada) se denota un aumento en la producción de gas hasta las 30 h (0.047 y 0.547 mL gas total g⁻¹ MS incubada) para bovinos y ovinos donde se observa una mayor producción de gas total en bovinos y ovinos con 163.82 mL gas total g⁻¹ MS incubada, respectivamente con esto se indicó que la producción ruminal de CO de los bovinos y ovinos no se observó la misma producción.

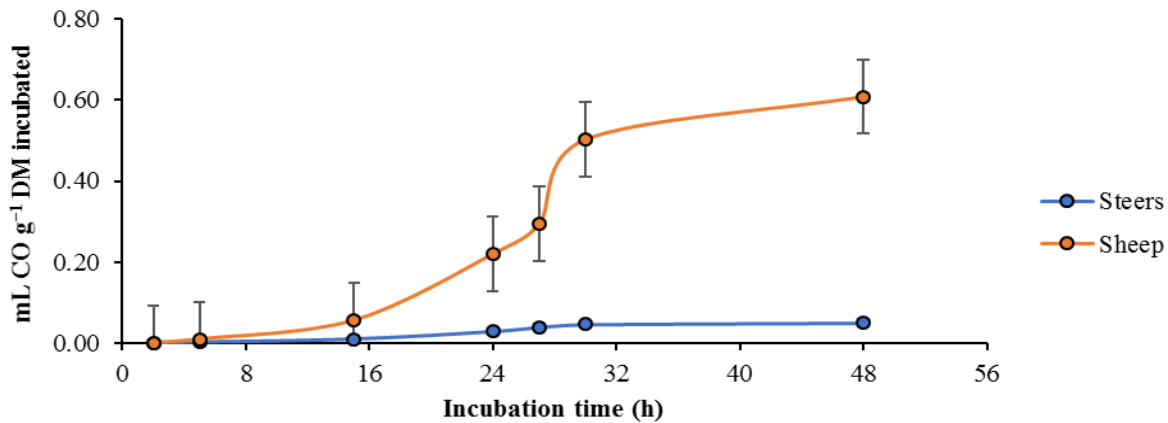


Figura 13. Cinética de producción de monóxido de carbono (CO) ruminal ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), utilizando novillos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

La cinética de producción ruminal de gas CO del ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado se muestra en la figura 14 en la cual se observan los periodos de incubación a las 2, 5, 15, 24, 27, 30 y 48 horas manteniendo un efecto lineal a las 2 h (0.001 mL gas total g⁻¹ MS incubada) con líquido ruminal de bovinos y ovinos donde se observa a un aumento a las 30 h (0.382 mL gas total g⁻¹ MS incubada) al 0% (testigo) de ensilaje de pescado y con menor producción de gas a las 48 h (0.20 mL gas total g⁻¹ MS incubada) al 20% de ensilaje de pescado con esto observamos que es mejor a la digestibilidad ruminal.

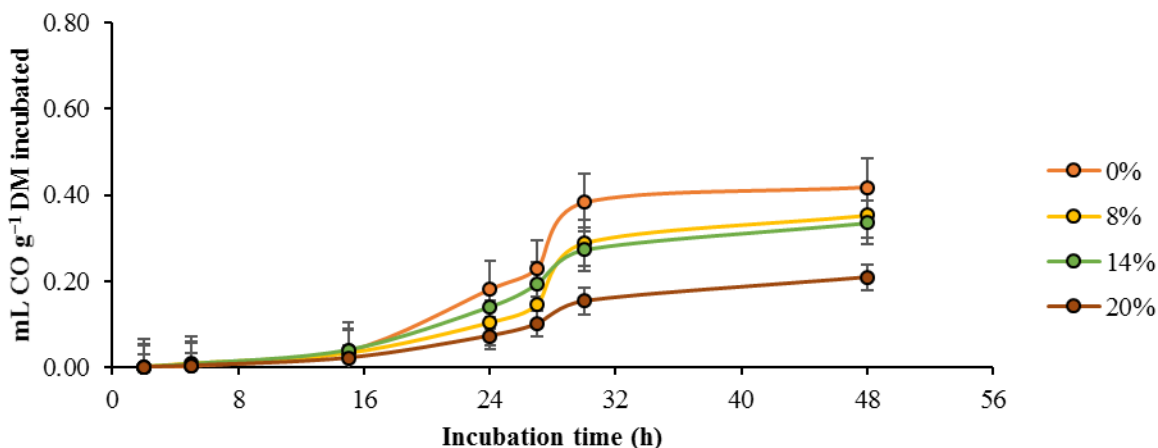


Figura 14. Cinética de producción de monóxido de carbono (CO) ruminal de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*).

En la figura 15 se observa la cinética de producción ruminal de gas CO sin adición y con adición de probiótico muestran los tiempos de incubación a las 2, 5, 15, 24, 27, 30 y 48 horas los cuales tuvieron un efecto lineal a las 2 h (0.001 mL gas total g⁻¹ MS incubada) pero con mayor cantidad de producción ruminal de gas CO a las 30 h (0.447 mL gas total g⁻¹ MS incubada) en el caso de la adición de probióticos (*Pedococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118). Comparando las muestras las cuales no se les adiciono probiótico a las 30 h (0.101 mL gas total g⁻¹ MS incubada) y 48 h (0.166 mL gas total g⁻¹ MS incubada) presentaron menos cantidad de gas total ruminal. Con esto se observa que la producción ruminal de gas CO con probiótico es del 64.35 % mayor que el que no se le adiciono probiótico.

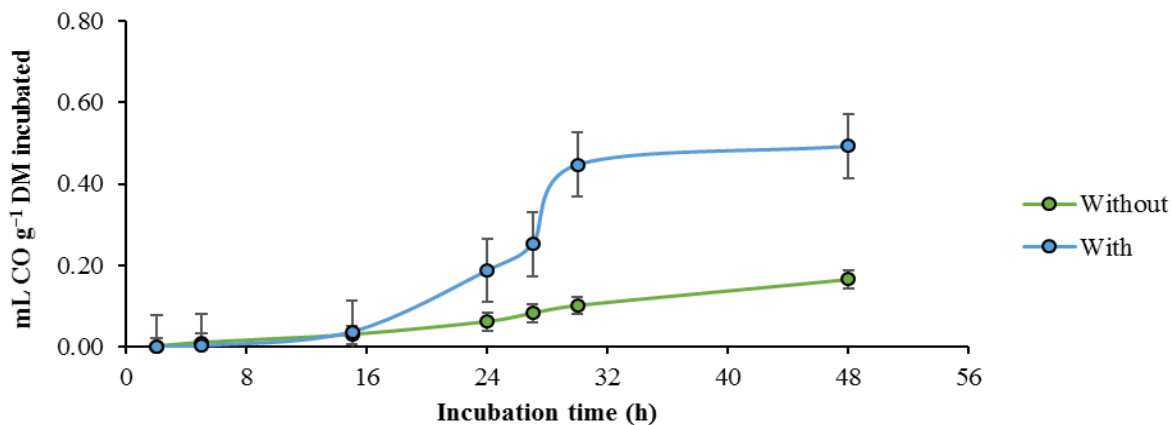


Figura 15. Cinética de producción ruminal de monóxido de carbono (CO) de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118)

5.4 Producción ruminal de sulfuro de hidrógeno

En el cuadro 6 se muestran los parámetros y producción de sulfuro de hidrógeno (H₂S) de ensilado con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118) y usando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

Cuadro 6. Parámetros y producción de sulfuro de hidrógeno (H₂S) de ensilado con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118) y usando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal

Fuente de Inoculo Ruminal (RIS)	Porcentaje de ensilado de pez (PFS)	Probiótico (PB)	Producción de H ₂ S						
			Parámetros ¹			mL H ₂ S g ⁻¹ DM incubado			
			<i>b</i>	<i>c</i>	<i>Lag</i>	2 h	24 h	48 h	
Bovino	0	Sin	0.0945	0.00010	0.0228	0.00010	0.01615	0.09454	
		Con	0.0601	0.00005	0.0209	0.00000	0.00135	0.00603	
	8	Sin	0.0481	0.00004	0.0163	0.00013	0.01390	0.05698	
		Con	0.0733	0.00005	0.0146	0.00002	0.00123	0.00656	
	14	Sin	0.0060	0.00001	0.0021	0.00018	0.01613	0.04569	
		Con	0.0066	0.00001	0.0022	0.00002	0.00539	0.01102	
	20	Sin	0.0112	0.00000	0.0014	0.00019	0.03313	0.07238	
		Con	0.0044	0.00001	0.0022	0.00002	0.00100	0.00437	
			SEM ²	0.00287	0.000003	0.00040	0.000027	0.004645	0.008641
			PFS	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.2401	0.2160	0.0963
			Lineal	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0741	0.0925	0.1870
			Cuadrático	0.0001	<0.0001	<0.0001	0.3687	0.6012	0.0486
			PB	0.5234	0.0628	0.2975	<0.0001	<0.0001	<0.0001
			PFS x PB	0.0202	<0.0001	0.3860	0.5259	0.1228	0.0371
	Ovino	0	Sin	0.0521	0.00006	0.0150	0.00010	0.02794	0.05227
Con			0.0048	0.00002	0.0026	0.00000	0.00031	0.00477	
8		Sin	0.0364	0.00004	0.0141	0.00011	0.01309	0.03449	
		Con	0.0031	0.00001	0.0026	0.00000	0.00025	0.00313	
14		Sin	0.0320	0.00004	0.0130	0.00011	0.01381	0.03112	
		Con	0.0025	0.00001	0.0027	0.00000	0.00016	0.00240	
20		Sin	0.0392	0.00004	0.0142	0.00012	0.01392	0.03677	
		Con	0.0016	0.00001	0.0026	0.00000	0.00010	0.00139	
			SEM ²	0.00833	0.000005	0.00087	0.000006	0.000446	0.002686
			PFS	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.6171	<0.0001	0.0021
			Lineal	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.2027	<0.0001	0.0029
			Cuadrático	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.8693	<0.0001	0.0080
			PB	0.1898	<0.0001	0.8954	<0.0001	<0.0001	<0.0001
			PFS x PB	0.0089	0.0010	0.1235	0.6171	<0.0001	0.0145
			SEM 2 agrupados	0.0062	0.0000	0.0007	0.000020	0.003300	0.006398
		valor p							
		RIS	<0.0001	0.0045	<0.0001	0.0128	0.1661	<0.0001	
		PFS	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1536	0.1457	0.0043	

Lineal	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0389	0.7993	0.0245
Cuadrático	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.3547	0.1661	0.0061
PB	0.2955	0.0001	0.3621	<0.0001	<0.0001	<0.0001
RIS x PFS	0.0031	<0.0001	<0.0001	0.3487	0.0201	0.6283
RIS x PB	0.8662	0.3892	0.3083	0.3061	0.8573	0.0005
PFS x PB	0.0007	<0.0001	0.3470	0.4168	0.0508	0.0024
RIS x PFS x PB	0.2252	0.0030	0.2566	0.6478	0.0179	0.2468

¹ b=es la producción asintótica de H₂S (mL H₂S g⁻¹ DM); ^c= es la tasa de producción de H₂S (mL H₂S h⁻¹); Lag= es el retardo inicial antes de que comience la producción de H₂S (h). ²SEM = error estándar de la media. Porcentaje de pescado en el ensilaje (PFS); Fuente de inóculo ruminal (RIS).

La cinética de producción ruminal de gas H₂S se muestra en la figura 16, en ella se observan los tiempos de incubación a las 2, 5, 15, 24, 27, 30 y 48 horas con líquido ruminal de bovinos y ovinos, el cual mantuvo un efecto lineal donde se observa que a partir de las 2 y 5 h (0.000 mL gas total g⁻¹ MS incubada) no se observó ningún aumento de gas y a las 15 h (0.003 mL gas total g⁻¹ MS incubada) se denota un aumento en la producción de este gas hasta las 30 h (0.037 y 0.021 mL gas total g⁻¹ MS incubada) para bovinos y ovinos donde observa una mayor producción de gas total en bovinos y ovinos con 56.75 mL gas total g⁻¹ MS incubada, respectivamente con esto se indicó que la producción ruminal de gas de los bovinos y ovinos no se observó la misma producción de H₂S.

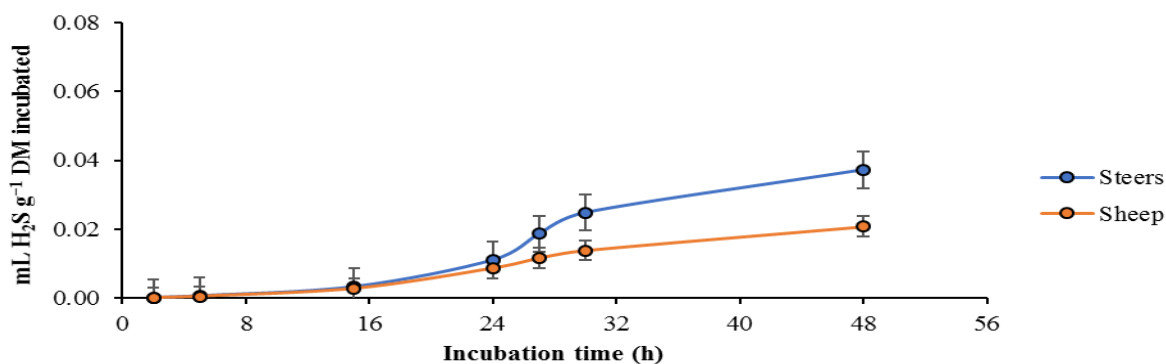


Figura 16. Cinética de producción ruminal de sulfuro de hidrógeno (H₂S) ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal

La cinética de producción ruminal de gas H₂S del ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado se muestra en la figura 17, en la cual se observan los periodos de incubación a las 2, 5, 15, 24, 27, 30 y 48 horas manteniendo un efecto lineal a las 2 h (0.000 mL gas total g⁻¹ MS incubada) con líquido ruminal de bovinos y ovinos, donde se observa a un aumento a las 30 h (0.029 mL gas total g⁻¹ MS incubada) al 0% (testigo) de ensilaje de pescado y con menor producción de gas a las 48 h (0.023 mL gas total g⁻¹ MS incubada) al 14% de ensilaje de pescado con esto observamos que es mejor a la digestibilidad ruminal.

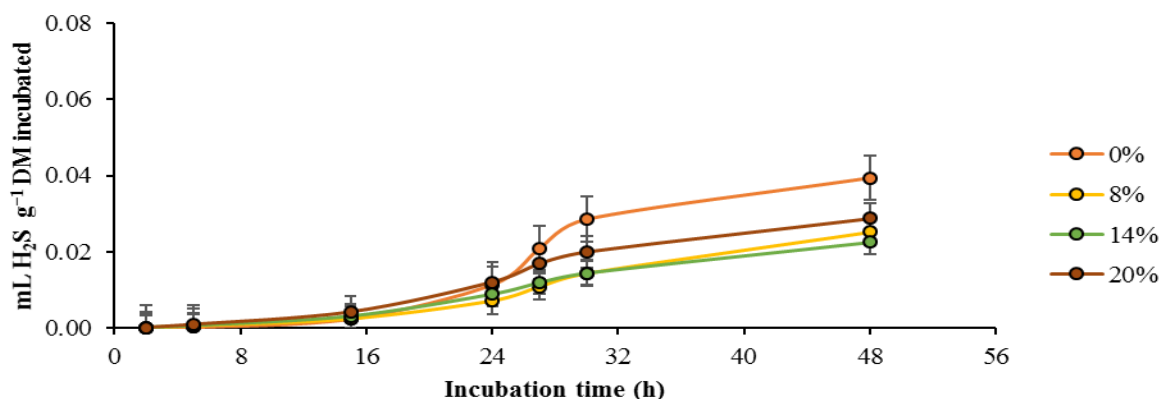


Figura 17. Cinética de producción de sulfuro de hidrógeno (H₂S) ruminal de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*).

La cinética de producción ruminal de gas total sin adición y con adición de probiótico que se muestra en la figura 18 muestran los tiempos de incubación a las 2, 5, 15, 24, 27, 30 y 48 horas los cuales tuvieron un efecto lineal a las 2 h (0.000 mL gas total g⁻¹ MS incubada) pero con mayor cantidad de producción ruminal de sulfuro de hidrógeno a las 30 h (0.053 mL gas total g⁻¹ MS incubada) en el caso de la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118). Comparando las muestras las cuales no se les adicione probiótico a las 30 h (0.026 mL gas total g⁻¹ MS incubada) y 48 h (0.053 mL gas total g⁻¹ MS incubada) presentaron mayor cantidad de gas H₂S ruminal. Con esto se observa que la producción ruminal de gas H₂S sin probiótico es del 49.05 % mayor a la cual se le adicione probiótico.

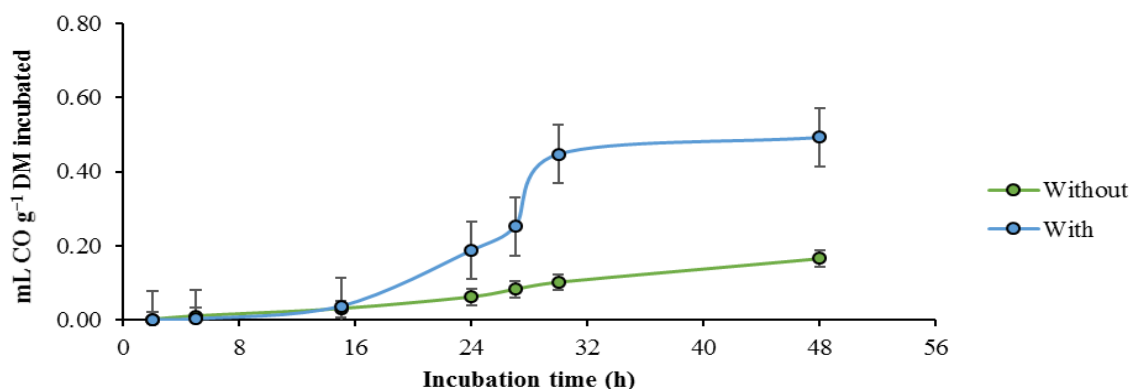


Figura 18. Cinética de producción ruminal de sulfuro de hidrógeno (H_2S) de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118)

5.5 Características de la fermentación ruminal y eficiencia de conversión de metano

En el cuadro 7 se muestra el perfil de fermentación ruminal y eficiencia de conversión CH_4 de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118) y usando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal, donde se observa que en bovinos oscilo el pH entre 5.85-5.98 con el uso de probiótico y 6.57- 7.07 sin el uso de probiótico, para ovino se encontró un pH de 6.42- 6.60 con el uso del probiótico y 6.81- 6.95 sin probiótico.

En cuanto a la materia seca degradada (DMD) en bovino, el mejor tratamiento fue sin probiótico con una inclusión del 20% de ensilado, donde se degradó un 86.13%; este mismo parámetro se mostro el mayor porcentaje en ovino en el tratamiento sin probiótico y con un 0% de inclusión de ensilado. Para los ácidos grasos de cadena corta (SCFA) y energía metabolizable (ME) los mejores resultados fueron: en bovinos usando probiótico y con una inclusión de ensilado al 8%; y para ovinos fue con probiótico y sin ensilado de pescado, es decir al 0%.

Cuadro 7. Perfil de fermentación ruminal y eficiencia de conversión CH₄ de ensilaje con diferentes porcentajes de residuos de pescado (*Hypostomus plecostomus*), sin y con la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118) y usando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal

Fuente de Inoculo Ruminal (RIS)	Porcentaje de ensilado de pez (PFS)	Probiótico (PB)	Perfil de fermentación ruminal ¹				Eficiencia de conversión CH ₄ ²		
			pH	DMD (%)	SCFA (mmol g ⁻¹ ¹ DM)	YO (MJ kg ⁻¹ ¹ DM)	CH ₄ :SCFA (mmol mmol ⁻¹)	CH ₄ :ME (g MJ ⁻¹)	CH ₄ :OM (ml g ⁻¹)
Novillos	0	Sin	6.57	83.79	4.03	5.99	170.75	18.49	25.76
		Con	5.91	66.57	4.65	6.30	35.23	4.15	6.06
	8	Sin	6.99	85.38	4.41	6.18	165.55	18.90	27.12
		Con	5.90	62.10	5.69	6.84	22.10	2.94	4.67
	14	Sin	6.88	85.42	4.34	6.15	202.13	23.35	33.74
		Con	5.85	53.50	5.45	6.72	46.67	6.03	9.37
	20	Sin	7.07	86.13	4.50	6.23	85.22	9.93	14.43
		Con	5.98	55.86	5.24	6.61	24.57	3.05	4.64
		SEM ³	0.072	1.933	0.203	0.104	49.021	5.745	8.369
		PFS	0.0078	0.0370	0.0163	0.0160	0.5639	0.5733	0.5721
		Lineal	0.0012	0.0457	0.0193	0.0188	0.3411	0.4132	0.4579
		Cuadrático	0.8036	0.0456	0.1159	0.1096	0.3002	0.2617	0.2405
			PB	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0026	0.0040
		PFS × PB	0.0243	0.0056	0.3598	0.3487	0.7670	0.8051	0.8250
Oveja	0	Sin	6.81	83.47	3.58	5.76	22.97	2.29	3.07
		Con	6.60	73.35	6.05	7.03	46.65	6.42	10.45
	8	Sin	6.92	71.21	1.66	4.77	58.90	3.36	3.75
		Con	6.42	73.80	5.37	6.68	49.12	6.65	10.80

14	Sin	6.94	72.65	1.76	4.82	67.68	3.98	4.47
	Con	6.51	73.77	3.86	5.90	61.50	6.48	8.90
20	Sin	6.95	72.92	1.77	4.83	47.32	2.78	3.12
	Con	6.46	68.35	2.23	5.07	59.28	4.46	5.44
	SEM ³	0.053	1.080	0.271	11.929	0.139	1.139	1.731
	PFS	0.7351	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1337	0.5075	0.3434
	Lineal	0.9753	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1407	0.5260	0.1713
	Cuadrático	0.6815	0.1794	0.0212	0.0216	0.0642	0.2259	0.4498
	PB	<0.0001	0.0024	<0.0001	<0.0001	0.5680	0.0024	0.0005
	PFS × PB	0.0494	<0.0001	0.0002	0.0002	0.4781	0.7366	0.4411
SEM 3 agrupados		0.063	1.565	0.240	0.123	35.675	4.141	6.043
<i>valor p</i>								
RIS		<0.0001	0.0952	<0.0001	<0.0001	0.0238	0.0047	0.0037
PFS		0.0306	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.4633	0.4289	0.4132
Lineal		0.0034	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.5614	0.3492	0.3084
Cuadrático		0.9660	0.0148	0.3026	0.3112	0.1407	0.1753	0.1863
PB		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0022	0.0143	0.0294
RIS × PFS		0.0120	0.0718	<0.0001	<0.0001	0.5641	0.7301	0.7287
RIS × PB		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0010	0.0004	0.0003
PFS × PB		0.0007	0.0224	<0.0001	<0.0001	0.6697	0.8612	0.9035
RIS × PFS × PB		0.7914	<0.0001	0.0021	0.0021	0.8277	0.7439	0.7091

¹ pH = pH ruminal; DMD = es degradabilidad de la materia seca; SCFA = ácidos grasos de cadena corta; ME = es la energía metabolizable. ² CH₄: SCFA = es metano: relación de ácidos grasos de cadena corta; CH₄: ME = es metano: relación de energía metabolizable; CH₄: OM = es la relación metano: materia orgánica.

³ SEM = error estándar de la media. Porcentaje de pescado en el ensilaje (PFS); Fuente de inóculo ruminal (RIS). Porcentaje de pescado en el ensilaje (PFS); Fuente de inóculo ruminal (RIS).

VI. DISCUSIÓN

6.1 Producción ruminal de gas total

Se observó mayor producción de gas total en bovinos con un 38.12% mayor que en ovinos, esto es similar a un estudio realizado por Ku, (2019), quien mostro que la emisión de gases en la ganadería varía entre rumiantes, comparando los resultados de los bovinos los cuales tuvieron un 83.58% más de producción de gas que los ovinos.

En cuanto al porcentaje de inclusión del ensilado de pescado mostro una mejor digestibilidad al 20%, esto es parecido a los resultados de Cortes, (2019), donde midió el rendimiento del uso de ensilado de pescado sapo (*Hypostomus plecostomus*) como alimento para cerdas lactantes, reflejado en la ganancia de peso de lechones lactantes, para ello evaluó 0, 6 y 12% de inclusión de ensilado de pescado sapo (*Hypostomus plecostomus*), obteniendo en sus resultados que la dieta con 12 % de inclusión fue la mejor alternativa para la alimentación de

los cerdos como ingrediente no tradicional. Esto podría deberse a que el ensilado tiene una alta cantidad de proteína y mientras mas se aumenta el porcentaje de inclusión de ensilado de pescado existe mayor digestibilidad y se ve reflejado en ganancia de peso en estudios *in vivo*.

Los resultados de la producción ruminal de gas total indicaron que las muestras sin probiótico produjeron 12.82% más de gas total que las que se les adiciono el probiótico, esto podría deberse a que el probiótico contiene microorganismos vivos, los cuales tienen efectos favorecedores en la fermentación ruminal ya que incrementan las bacterias intestinales benéficas y disminuyen microorganismos patógenos que generan mayor cantidad de gases (Gelvis *et al.*, 2021).

6.2 Producción ruminal de metano

En la producción de gas metano no hubo diferencia entre los inóculos que se utilizaron, en cuanto a los resultados de inclusión de ensilado de pescad<o en las dietas, mostro que a mayor cantidad, es decir al 20 % de inclusión ensilado hubo menor producción de gas metano, esto coincide con lo que reporto Barrera, (2019), quien evaluó la producción de gas *in vitro* de ensilado de pez sapo (*Hypostomus plecostomus*) en dietas de 0, 6, 12 y 18%, usando inóculo de heces en equinos, en sus resultados reporto que el de 18% de ensilado en la dieta produjo menor cantidad de gas metano que la del control, de manera similar Estrada *et al.*, (2015) quienes mencionan que los bajos niveles de metano al usar ensilajes podrían deberse a que las propiedades nutricionales del ensilado disminuye la metanogénesis ayudando a conservar la energía para el desarrollo animal.

Con los resultados obtenidos del probiótico, hubo 41.92% más de gas metano en las dietas que no se agregó el probiótico que con las dietas que si tenían el probiótico, así pues, otros autores han publicado resultados semejantes, donde sugieren que esto podría deberse a que disminuyen la cantidad de protozoarios y aumentan las bacterias como las celulíticas, estas últimas aumentan la producción de propionato (Bonilla y Lemus, 2012; Estrada *et al.*, 2015).

6.3 Producción ruminal de monóxido de carbono

Para este gas hubo mayor producción en bovino que en ovino en la materia seca incubada, en el porcentaje de inclusión del ensilado tuvo menor producción de gas CO al 20% y en cuanto al uso de probiótico se produjo un 64.35% mas gas CO que al que no se adiciono, esto podría deberse a la fase de acidogénesis de la metanogénesis, el cual consiste en aprovechar los compuestos orgánicos solubles para hidrolizarlos y convertirlos en ácidos orgánicos como acético, propiónico y butírico, durante este proceso se generan varios gases entre ellos el CO (Acosta y Obaya, 2005).

6.4 Producción ruminal de sulfuro de hidrógeno

En la producción de sulfuro de hidrógeno (H₂S) tuvo mayor cantidad de gas en bovino que en ovino y la inclusión del 14% de ensilado de pescado fue la que ocasiono menor proporción de este gas.

Esto podría ser consecuencia a que hubo una cantidad considerable de sulfatos en las dietas, donde las bacterias metanogénicas llamadas sulfobacterias que están presentes en los inóculos ruminales (tanto bovino como ovino) de manera natural. Estas sulfobacterias forman el gas H₂S con el sulfato soluble disponible, sin embargo, si la concentración de estos de sulfuros solubles excede a 160 mg/L las bacterias se inhiben, disminuyendo la producción del gas H₂S (Acosta y Obaya, 2005).

6.5 Características de la fermentación ruminal y eficiencia de conversión de metano

En la medición de pH tanto en bovino como ovino fue ligeramente más ácido con la adición del probiótico, sin embargo, esta dentro del rango (5.5 a 7.0) para una óptima fermentación ruminal de acuerdo con Zavala, (2015). La digestibilidad de materia seca que se obtuvo en el presente trabajo vario entre los rangos de 53.50-86.13% y 68.35-83.47% en bovino y ovino respectivamente, estos datos sugieren que la inclusión de ensilado de pescado y probiótico en las dietas tienen una buena relación con la concentración de nutrientes y beneficia a la nutrición animal (Escobar *et al.*, 2020).

En los parámetros de ácidos grasos de cadena corta y energía metabolizable la mayor cantidad en bovino fue en el tratamiento que tuvo porcentaje de inclusión al 8% de ensilado de pescado con probiótico y para el caso de ovinos fue el testigo (0% de ensilado de pescado) con probiótico. Esto coincide con la información que hay en los procesos digestivos del rumen debido a la acción de las bacterias y protozoarios, quienes producen degradación fermentativa de los alimentos en el rumen formando ácidos grasos de cadena corta y estos son convertidos en glucosa y ácidos aminados para posteriormente transformarse en energía metabolizable, cabe mencionar que

depende de la composición de las dietas puede aumentar o disminuir la producción de estos ácidos, por ejemplo si se agrega un alto contenido de proteínas y carbohidratos fácilmente fermentables habrá mayor cantidad de ácidos grasos, caso contrario si solo se utilizan forrajes (Zavala, 2015)

VII. CONCLUSIONES

- El inóculo de bovino produjo mayor cantidad de gases de efecto invernadero y la inclusión de ensilado de pescado ayudo a disminuir estos gases.
- El 20% de inclusión de ensilado de pescado (*Hypostomus plecostomus*) en ambos inóculos fue quien mejor mitigo los principales gases de efecto invernadero
- La utilización de ensilado de pescado sapo (*Hypostomus plecostomus*) es una alternativa viable para la reducción de gases de efecto invernadero en bovinos y ovinos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonilla Cárdenas, J. A., & Lemus Flores, C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático: Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(2), 215–246.
- Cárdenas-Villanueva, L. A., Bautista-Pampa, J. L., Zegarra-Paredes, J. L., Ramos-Zuniga, R., Gómez-Quispe, O. E., & Barreto-Carbajal, J. S. (2016). Degradabilidad in situ de la Materia Seca y Proteína Cruda de las Hojas y Peciolo del Pisonay (*Erythrina falcata*). *Revista de investigaciones veterinarias del Peru*, 27(1), 39.
- Carmona, J. C., Bolívar, D. M., & Giraldo, L. A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista colombiana de ciencias pecuarias*, 18(1), 49–63.
- Corredor-Rojas, L. M., (2011). Revisión de los materiales fotocatalíticos para la producción de hidrógeno a partir de H₂S. *Ingeniería y Universidad*, 15(1), 171-195.
- Cueto Romero, F., Fuentes Camacho, R., Rondón Medina, E., & Zaldivar Hidalgo, V. (2005). DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR SULFURO DE HIDRÓGENO EN LA TECNOLOGÍA ÁCIDA DE NÍQUEL Y COBALTO. *Revista Cubana de Química*, XVII (3), 92.
- Elghandour, M.M.M.Y., Vallejo, L.H., Salem, A.Z.M., Mellado, M., Camacho, L.M., Cipriano, M., Olafadehan, O.A., Olivares, J., Rojas, S.: Moringa oleifera leaf meal as an environmental friendly protein source for ruminants: biomethane and carbon dioxide production, and fermentation characteristics. *J. Clean. Prod.* 165, 1229-1238 (2017).
- Estrada-Álvarez, J., Villa-Duque, N., & Henao-Urbe, F. J. (2015). Digestibilidad de un ensilaje de caña de azúcar con porcinoza, y su evaluación en un sistema bovino de doble propósito. *Pastos y forrajes*, 38(4), 425–430.
- Faichney, J.G., White, G.A.: *Methods for the Analysis of Feeds Eaten by Ruminants*. Division of Animal Production, Ian Clunies Ross Animal Research Laboratory and Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. (1983).

- Galindo, J., Elías, A., Palenzuela, T., Pérez, M. D., & Aldama, A. I. (2003). Efecto del monensín en la producción de metano in vitro en tres sistemas ecológicos ruminales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(2), 183-188.
- Goering, M.K., Van Soest, P.J.: Forage Fibre Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications), pp. 1–24. Agricultural Research Service USDA, Washington, DC (1970).
- González, R., Delgado, D. y Cairo, J. (2007). Efecto de la inclusión de *Sapindus saponaria* en la producción de gas y metano en la fermentación in vitro de *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-115. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(1), 39-41.
- Guhl Corpas, A., (2008). Aspectos éticos del calentamiento climático global. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 8(2), 20-29.
- Horneck D.A., Miller, R.O.: Determination of total nitrogen in plant tissue. In: Handbook of reference methods for plant analysis (eds.) Karla Y. P., pp. 75-83 (1998). CRC Press, Boca Raton, Florida, United States of America.
- Knowles M M, Esparza C, Pabón M L y Carulla J E 2008: Utilización de un inóculo preparado a partir de heces de ovino o bovino en la determinación de la digestibilidad ruminal in vitro de forrajes. Volume 20, Article #152. Retrieved July 16, 2023, from.
- López Pérez, J., Jiménez, J., Fabregat, A., & Gutiérrez, J. (2010). MICROBIOLOGÍA DE LA PRODUCCIÓN CONTROLADA DE SULFURO DE HIDRÓGENO. UNA EXPERIENCIA DE TRABAJO EN EL LABORATORIO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(2), 573-578.
- Lorenzo-Acosta, Y., (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, XL (2), 10-17.
- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., Schneider, W.: The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *J. Agric. Sci.* 93, 217-222 (1979).

- Mertens, D.R.: Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80,1463-1481 (1997).
- Molina, A. (2019). Probióticos y su mecanismo de acción en alimentación animal¹.
- Padmore, J.M.: Animal Feed. In: *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (eds.) Helrick K., pp. 69-90. AOAC, Arlington, Virginia, United States of America. (1990).
- Ramírez, J. F., Posada Ochoa, S., & Noguera, R. (2014). Metanogénesis ruminal y estrategias para su mitigación. *CES medicina veterinaria y zootecnia*, 9(2), 307–323.
- Sánchez-Duran, M. A., Gelvis-Alva, D. H., & Guzman, M. J. M. (2021). USO DE PROBIÓTICOS EN LA NUTRICIÓN DE BOVINOS. ResearchGate.
- Sniffen, C.J., O'connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J. B.: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70, 3562-3577 (1992).
- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B., France, J.: A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48, 185-197 (1994).
- Thiex, N., Novotny, L., Crawford, A.: Determination of ash in animal feed: AOAC official method 942.05 revisited. *J. AOAC Int.* 95,1392-1397 (2012).
- Torres-Cardona, Campos-Montiel, Soriano-Robles, Fernández-Luqueño, Medina-Pérez, Razo-Rodríguez, D., & Almaraz-Buendía. (s/f). POTENCIAL DE EMISIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO DE PLANTAS FORRAJERAS POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA POTENTIAL OF GREENHOUSE GAS EMISSION BY FORAGE PLANTS FROM ENTERIC FERMENTATION.
- Van Soest, P.V., Robertson, J.B., Lewis, B.A.: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597 (1991).

Vol. 1 núm. 3 (2017): Revista CTSCAFE Volumen I- n°3 noviembre 2017 | Revista de Investigación Multidisciplinaria CTSCAFE. (s. f.).