



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES

“ESTUDIO DE DIETAS SUSTENTABLES EN RUMIANTES”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

LIZBETH ESMERALDA ROBLES JIMÉNEZ



El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, noviembre 2020



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES

“ESTUDIO DE DIETAS SUSTENTABLES EN RUMIANTES”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

LIZBETH ESMERALDA ROBLES JIMÉNEZ

COMITÉ DE TUTORES

Dr. MANUEL GONZÁLEZ RONQUILLO

Dr. OCTAVIO ALONSO CASTELÁN ORTEGA

Dr. JORGE OSORIO AVALOS



El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, noviembre 2020

DEDICATORIA

Para mi papá y mi mamá por ser las personas que más admiro en esta vida.

Para mi hermana Laura por estar siempre a mi lado y nunca abandonarme.

Para el Dr. Manuel González Ronquillo por creer en mí y por enseñarme que, con trabajo, paciencia y mucha dedicación los sueños se pueden cumplir.

AGRADECIMIENTOS

Al **Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por el apoyo para la realización de los estudios de Doctorado en la Universidad Autónoma del Estado de México.

Al Departamento de Ciencias Animales de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, de la **Pontificia Universidad Católica de Chile** por el apoyo proporcionado durante mi estancia de investigación.

Al **Dr. Octavio Alonso Castelán Ortega** y **Dr. Jorge Osorio Avalos** por su paciencia y apoyo durante la investigación.

A la **Dra. Paula Toro Mujica** por ser mi tutora durante 9 meses, por todo el tiempo, conocimientos y apoyo proporciono.

A mis amigas **Pau, Laura, Angie, Alondra, Melisa, Juanita** y mis amigos **Rafa, Cristian** y **Eduardo** que sin importar el país donde se encontraban (México, Perú, Ecuador, Chile, Argentina, Colombia) siempre me estuvieron apoyan.

CONTENIDO

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
I. INTRODUCCIÓN	5
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
III. JUSTIFICACIÓN.....	7
IV. OBJETIVOS	7
4.1. Objetivos generales	7
4.2. Objetivos específicos	7
V. HIPÓTESIS	8
VI. ANTECEDENTES.....	8
6.1. Dietas sustentables.....	8
6.2. Dietas sustentables en rumiantes	11
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	13
7.1. Meta-análisis	13
7.1.1 Recopilación de datos	13
7.1.2. Criterios de inclusión	13
7.1.3 Procedimiento meta-analítico	14
7.2. Antibióticos	15
7.3. Triticale.....	15
7.3.1. Cálculos.....	17
7.3.2. Análisis estadístico.....	18
7.4. Niveles de concentrado en la producción de leche, Metano y CO ₂ en vacas lecheras cruzadas en regiones de clima tropicales.....	19
7.4.1. Sitio experimental	19
7.4.2. Animales y dieta	19
7.4.3. Toma de muestra y análisis	19
7.4.4. Cálculos.....	20
7.4.5. Análisis estadístico	22
VIII. RESULTADOS.....	23

8.1.	A meta-analysis on the effect of the feeding type and production system on the carcass quality in lambs.....	25
8.2.	Veterinary Antibiotics in Animal Diet: Effects on Waste/Environment.....	28
8.3.	Forage yield, chemical composition and in vitro gas production of triticale varieties (<i>x Triticosecale Wittmack</i>) preserved by silage or hay.....	30
8.4.	Concentrate supplementation on milk yield, methane and CO ₂ production in crossbred dairy cows in tropical climate regions.....	33
IX.	DISCUSIÓN	35
X.	CONCLUSIONES	36
XI.	LITERATURA CITADA	37

RESUMEN

Los sistemas mundiales de producción pecuaria enfrentan desafíos sin precedentes, ya que para proporcionar servicios económicos y satisfacer el creciente y esperado aumento en la demanda de carne y productos lácteos, resultado de los cambios de las dietas humanas en el mundo en desarrollo, requieren adaptarse al cambio climático y a la socio-economía mundial. Esta adaptación, implica la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, para esto, la FAO en colaboración con un importante grupo internacional de expertos, desarrolló el concepto de Dietas Sostenibles para los Animales (StAnD, por sus siglas en inglés). La obtención de una dieta StAnD implica la utilización de los recursos alimenticios disponibles en localidad y que además no presenten un elevado costo para las personas, que estas dietas no contaminen el agua y que minimicen la contaminación del aire, así como el no uso de antibióticos o promotores de crecimiento sintéticos. De este modo, el objetivo del presente estudio fue utilizar los elementos que conforman el pilar medioambiental de las dietas StAnD para construir una perspectiva de lo que debe ser una alimentación sustentable en rumiantes. En la investigación se usaron nuevas alternativas forrajeras, se evaluaron diferentes sistemas de producción (sistema de producción en lotes de alimentación, sistema de producción al aire libre) para la producción de carne y leche en rumiantes, así como la cuantificación del impacto medioambiental de los gases de efecto invernadero emitidos al medio ambiente al utilizar estos recursos forrajeros, y por último la cuantificación de los residuos de los antibióticos utilizados para la producción pecuaria y su efecto en el medio ambiente.

ABSTRACT

Global livestock production systems are facing unprecedented challenges, as providing economic services and meeting the expected increase in demand for meat and dairy products resulting from changes in human diets in the developing world require adaptation to climate change and the global socio-economic environment. This adaptation implies reducing greenhouse gas emissions. To this end, FAO, in collaboration with a major international group of experts, developed the concept of Sustainable Animal Diets (StAnD). Achieving a StAnD diet involves using locally available food resources that are not expensive for people, that these diets do not pollute water and minimize air pollution, and that no antibiotics or synthetic growth promoters are used. Thus, the aim of the present study was to use the elements that make up the environmental pillar of StAnD diets to build a perspective of what sustainable ruminant feeding should be. The research used new fodder alternatives, evaluated different production systems (feedlot production system, open-air production system) for meat and milk production in ruminants, as well as the quantification of the environmental impact of greenhouse gases emitted into the environment when using these fodder resources, and finally the quantification of the residues of antibiotics used for livestock production and their effect on the environment.

I. INTRODUCCIÓN

La población mundial aumentará considerablemente hasta el 2050, provocando una demanda mayor de productos de origen animal, como carne, leche y huevos (Alexandratos y Bruinsma, 2012), generando un aumento en la demanda de alimentos para el ganado y una mayor tecnificación (FAO, 2012). Este aumento en la demanda sumado a las ineficiencias en los sistemas pecuarios y a las bajas inversiones en el sector, causan el rápido aumento de los gases de efecto invernadero (GHG) (Scholtz et al., 2013). Igualmente, la alimentación animal juega un papel importante en la sustentabilidad de los sistemas de producción pecuarios, además de que la elección de la dieta afecta las emisiones de GHG (Makkar, 2013).

Los sistemas mundiales de producción pecuaria enfrentan desafíos sin precedentes, ya que para proporcionar servicios económicos y satisfacer el creciente y esperado aumento en la demanda de carne y productos lácteos (Tilman y Clarck, 2014), requieren adaptarse al cambio climático y a la socio-economía mundial (Soussana, 2014).

En la actualidad los sistemas de producción pecuaria también requieren reducir las emisiones de GHG, que actualmente se estima representan el 15-17% de las emisiones antropogénicas mundiales (Ripple et al., 2014).

A pesar de la situación actual pecuaria, es posible aumentar la producción de carne y leche para satisfacer la demanda actual, propiciando el equilibrio con el medio ambiente y la economía de la sociedad, a partir del uso de dietas equilibradas y la transferencia de conocimiento científico (FAO, 2012).

Se espera que los sistemas de producción de rumiantes con bajos insumos proporcionen productos animales sanos y accesibles, sin afectar al medio ambiente (Hoffmann, 2011). Esto es un principio de producción sustentable que se ajusta a producir más alimento sin usar más recursos biológicos, tierra, agua y energía (Herrero et al., 2010).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha definido como dieta sustentable a “dietas con bajo impacto ambiental, que contribuyen a la seguridad alimentaria y nutricional, así como a una vida saludable para las generaciones

presentes y futuras” (FAO, 2012). Para evaluar la sustentabilidad de las dietas de animales, la FAO en colaboración con un importante grupo internacional de expertos (Makkar y Ankers, 2014), desarrolló el concepto de Dietas Sostenibles para los Animales (StAnD, por sus siglas en inglés). Este concepto, integra la importancia del uso eficiente de los recursos naturales, la producción del medio ambiente, los beneficios socioculturales, rentabilidad e integridad y sensibilidad ética (FAO, 2013).

Una dieta StAnD está basada en tres elementos (Economía, Sociedad y Medio Ambiente). Medioambientalmente una dieta StAnD debe de utilizar recursos alimenticios disponibles en localidad y que además no presenten un elevado costo para las personas, que estas dietas no contaminen el agua y que minimicen la contaminación del aire, así como el no uso de antibióticos o promotores de crecimiento sintéticos (Bindari y Makkar, 2016).

Por lo anterior el objetivo del presente estudio fue utilizar los elementos que conforman el pilar medioambiental de las dietas StAnD para construir una perspectiva de lo que sería una alimentación sustentable en rumiantes, por lo cual se usaron nuevas alternativas forrajeras, se evaluaron diferentes sistemas de producción (sistema de producción en lotes de alimentación, sistema de producción al aire libre) para la producción de carne y leche en rumiantes, así como la cuantificación del impacto medioambiental de los gases de efecto invernadero emitidos al medio ambiente al utilizar estos recursos forrajeros, y por último la cuantificación de los residuos de los antibióticos utilizados para la producción pecuaria y su efecto en el medio ambiente.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día se requiere que la alimentación de los rumiantes minimice su impacto con el medio ambiente, la sociedad y la economía. Para esto se requiere conocer los impactos adversos de las dietas y buscar nuevas alternativas de alimentación para los rumiantes que satisfagan sus demandas nutricionales, además de disminuir el uso de ingredientes comestibles por los humanos.

III. JUSTIFICACIÓN

Los sistemas mundiales de producción pecuario enfrentan un desafío sin precedente, dado el aumento de la demanda de productos de origen animal, y la necesidad de disminuir las emisiones de gases con efecto invernadero (FAO, 2012). En este contexto actual, el uso dietas en rumiantes basadas en los conceptos de StAnD puede ayudar a satisfacer la creciente demanda de leche y carne de la población sin dañar al medio ambiente.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivos generales

- Evaluar la producción de carne de cordero con dietas de concentrado (granos) y dietas de forrajes, con base a medidas objetivas de la canal.
- Evaluar alternativas forrajeras que no compitan con la alimentación humana y métodos de preservación de forrajes para épocas de estiaje.
- Cuantificar los residuos (antibióticos) utilizados para la producción de carne y leche, así como de gases de efecto invernadero (CH₄, N₂O, CO₂).

4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la utilización de diferentes variedades de triticale ensilado y henificado como alternativa forrajera.
- Evaluar parámetros de calidad de canales de cordero a base de dietas con concentrado (granos) y forrajes a través de la realización de un Meta-análisis.
- Evaluar el efecto del nivel de suplementación en la producción de metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y dióxido de carbono (CO₂) en vacas lecheras F1 en un sistema de alimentación en pastoreo y suplementado con concentrado.
- Revisar en la literatura científica el uso de antibióticos usados en alimentación animal y efecto en el medio ambiente de los residuos.

V. HIPÓTESIS

El uso de dietas en rumiantes basadas en los conceptos StAnD ayudará a producir leche y carne accesibles e inocuas, sin dañar al medio ambiente.

VI. ANTECEDENTES

6.1. Dietas sustentables

La alimentación de los animales es la base de los sistemas ganaderos, influyendo en el uso de la tierra, el cambio del suelo, la contaminación del agua y las emisiones de gases de efecto invernadero (FAO, 2012).

La alimentación en los sistemas ganaderos se relaciona con la salud animal, la producción y el bienestar animal, así como con la calidad e inocuidad de los productos obtenidos para la alimentación humana (FAO, 2012). Además, la alimentación es financieramente el elemento más importante de la ganadería, independientemente de las especies y el sistema de producción, representando hasta el 70 % del costo de producción (Makkar, 2013). La sustentabilidad de las dietas animales es crucial para el desarrollo sostenible de la producción ganadera en los sistemas de producción (Makkar y Ankers, 2014).

Los términos sustentabilidad y desarrollo sostenible fueron acuñados por primera vez por la Comisión Brundtland (formalmente la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas) en 1983. La Comisión Brundtland definió " Desarrollo Sostenible " como el desarrollo que satisface las necesidades de las actuales generaciones sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Alsaffar, 2016).

Las "dietas sustentables" se definen como "aquellas dietas con bajo impacto ambiental que contribuyen a la seguridad alimentaria y nutricional ". Las dietas sustentables son protectoras y respetuosas de la biodiversidad y los ecosistemas, culturalmente aceptables, accesibles, económicamente accesibles, nutricionalmente adecuadas, seguras y saludables, mientras optimizan los recursos naturales (FAO, 2012).

Para promover la sustentabilidad del sector ganadero, como ya se mencionó anteriormente, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

desarrolló el concepto de “Dietas Sostenibles para los Animales” (StAnD) en consulta con un gran grupo internacional de expertos (Makkar y Ankers, 2014; FAO 2013). El concepto StAnD se basa en las tres dimensiones de la sostenibilidad: Planeta, Población y Economía (3 P) (Figura 1). Integra la importancia del uso eficiente de los recursos naturales, la protección del medio ambiente, los beneficios socioculturales, la integridad ética y la sensibilidad, además de los criterios basados en la nutrición actualmente reconocidos para entregar productos animales económicamente viables y seguros, mediante la producción de alimentos. El concepto StAnD abarca todas las etapas de la producción de alimentos y la cadena de uso de alimentos (producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, comercialización y consumo). Una dieta animal sustentable es definida como la dieta que tiene los rasgos principales, es decir, equilibrada en todos los nutrientes, libre de componentes nocivos (antibióticos, hormonas, promotores del crecimiento sintéticos), cumpliendo con el objetivo de producción y generando productos animales que son seguros para el consumo humano, integrando las dimensiones de las Tres-P (Planet, People and Profitability), además de la ética (Makkar y Ankers, 2014; FAO 2013).

Figura 1. Sustentabilidad en términos de los tres conceptos (Tres-P): Beneficio (Economía), Gente (Sociedad) y Planeta (Medio Ambiente) (Bindari y Makkar, 2016).



Para entender mejor las 3-P que conforman el concepto StAnD, Bindari y Makkar (2016) han descrito algunos elementos que deben cumplirse en cada pilar:

Pilar social de StAnD (Dimensión de las personas)

La producción de StAnD y su alimentación deberían:

- "No competir con la alimentación humana (ejemplo: cereales)".
- "No utilizar cultivos transgénicos – genéticamente modificados".
- "Empoderar a las mujeres".
- "Promover y preservar el conocimiento local".
- "Respetar las percepciones, creencias, valores y ser socialmente aceptables por las poblaciones locales".
- "Evitar el uso excesivo de un proceso legal desfavorable".
- "Romper las barreras sociales y promover la armonía social".
- "Promover el bienestar animal".
- "Considerar el aspecto social en la cría de ganado".
- "No deben ser culturalmente ofensivas para los productores y consumidores de productos animales".

- "Dar como resultado productos animales que sean accesibles para los consumidores".

Pilar económico de StAnD (Dimensión de beneficio)

La producción de StAnD y su alimentación deberían:

- "Mejorar la relación costo: beneficio para todos los interesados".
- "Los costos socio-ambientales deben ser al costo real de producción".
- "Recibir incentivos para promover la producción sustentable".
- "Mejorar la productividad laboral"

Pilar medioambiental de StAnD (Dimensión del planeta)

La producción de StAnD y su alimentación:

- "No deberían conducir a la deforestación y la degradación de la tierra; y deben proteger la biodiversidad".
- "Preferiblemente usar los recursos alimenticios disponibles localmente".
- "Usar energía mínima".
- "No contaminar el agua y minimizar su uso".
- "Minimizar la contaminación del aire y dejar una huella de carbono mínima".
- "Respetar la diversidad del paisaje".
- "No usar antibióticos o promotores de crecimiento sintéticos".
- "No utilizar ingredientes alimenticios producidos a través de la agricultura de alto insumo".

6.2. Dietas sustentables en rumiantes

La ganadería tiene una gran importancia para la población mundial, ya que tiene que proveerla de alimentos con un alto valor proteico. Para cumplir este objetivo, alrededor del 70% de los granos en los países en desarrollo son utilizados para la alimentación animal, y de los cuales el 40% son destinados para la alimentación de rumiantes (FAO, 2002). Si

estos granos se utilizaran para el consumo humano tendrían el potencial de alimentar a más de 3,500 millones de personas en el mundo (Eisler et al., 2014).

La alimentación con granos en rumiantes aumenta la eficiencia alimentaria total, sin embargo, disminuye la base de insumos comestibles para el hombre (Makkar y Ankers, 2014) compitiendo con la alimentación humana. El uso de pastizales, forrajes, agro-productos y subproductos, pueden ser una alternativa viable para la alimentación animal, ya que no compite con la alimentación humana, a pesar de que la eficiencia animal podría ser menor que si utilizáramos granos de cereales (Bindari y Makkar, 2016).

El sector requiere una ganadería eficiente que realice buenas prácticas de manejo en la que se incluya una alimentación con pastizales o forrajes de calidad, además de que el enfoque de maximización de rendimiento sea cambiado por la optimización del uso del alimento, al no comprometer el alimento que puede ser utilizado en la alimentación humana (Makkar, 2017).

En la actualidad se necesita trabajar en la realización de dietas sustentables, para poder tener una ganadería en equilibrio con la población, el planeta y la economía. Esto implica utilizar recursos forrajeros naturales de la región, que no compitan con la alimentación humana, sean baratos y cubran los requerimientos nutricionales de los animales, así como ser resistentes a sequías extremas provocadas por los cambios climáticos (Makkar y Ankers 2014).

La alimentación en rumiantes siempre ha sido un tema de investigación importante, sin embargo, en la actualidad se ha retomado con mayor interés no solo en términos de minimización de gases de efecto invernadero, sino también porque la sociedad está demandando leche y carne con calidad nutricional (ejemplo: mejor perfil de ácidos grasos), que no presente residuos de hormonas ni antibióticos, y que tenga precios accesibles a la población (Makkar, 2017). Una alternativa para poder cumplir con estos resultados es realizar una dieta StAnD para rumiantes (Makkar y Ankers 2014).

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Meta-análisis

7.1.1 Recopilación de datos

La búsqueda de información fue centrada en estudios de canales de cordero producidos en diferentes sistemas de producción y áreas geográficas. Las publicaciones se obtuvieron de búsquedas en las bases de datos Scopus y Web of Science (WOS). Las cadenas de búsqueda consistían en palabras asociadas con un tema en particular, en combinación con el uso de operadores ("y", "o"). En la búsqueda exhaustiva, la aparición de todos los términos dentro de una cadena se verificó por título, resumen y palabras clave (es decir, la opción "tema" en la "Web of Science" y "ALL" para todos los términos o "TITLE-ABS- CLAVE" para título, resumen y palabras clave en Scopus). Los términos utilizados en la búsqueda de la base de datos fueron los siguientes: término 1 "carcasa"; término 2 "oveja" o "cordero"; término 3 "sistema"; término 4 "alimentación"; término 5 "predicción"; término 6 "composición"; término 7 "características"; término 8 "canal caliente" o "canal frío"; término 9 "peso" y cualquier pluralidad de los términos. La búsqueda permitió la identificación de 54 estudios que cumplían con los propósitos de este estudio.

7.1.2. Criterios de inclusión

El proceso de selección limitó los resultados a trabajos publicados entre 2005 y 2015. Para su inclusión en la base de datos final, los trabajos seleccionados fueron en cordero del: 1) sistema de producción en lotes de alimentación (en este sistema de producción los animales se mantienen confinados en corrales que tienen todo el equipo necesario para su cuidado) (Grooms y Kroll, 2015), 2) al aire libre (en este sistema de producción los animales pastan en praderas de pastos y árboles forrajeros durante todo el día, y pueden o no regresar a la granja por la noche) (Gaspar et al., 2008). Las dietas en los estudios fueron con o sin suplemento (concentrado) pero sin ningún promotor de crecimiento sintético (es decir, tipo esteroideo, somatotropinas o β -gonistas).

Cada artículo fue codificado individualmente; los artículos que presentaron más de un experimento fueron anotados individualmente y trabajados por separado. Los artículos

seleccionados incluyeron la siguiente información: 1) tipo de cubierta del cordero (lana o pelo), 2) procedimiento utilizado para asignar aleatoriamente los animales a los grupos de tratamiento y control claramente descrito, 3) suficiente información para determinar el tamaño del efecto del variables de interés en el meta-análisis, y 4) información sobre el tamaño de la muestra y la variabilidad de las variables de interés (es decir, desviación estándar, error estándar de la media, etc.). Las variables de interés en el meta-análisis incluyeron: peso corporal inicial (PCI, kg), peso corporal final (PCF, kg), peso de la carcasa caliente (PCC, kg), peso de la carcasa fría (PCF, kg), área de Longissimus dorsi (ALd, cm²), grosor de la grasa dorsal subcutánea (GDS, mm) y peso de sacrificio (kg).

Los artículos fueron delimitados de acuerdo a su región, dividiéndolos en tres categorías dependiendo de la ubicación geográfica donde se realizó el estudio, considerando los trópicos de Cáncer y Capricornio (zona intertropical, zona del hemisferio norte y zona sur del hemisferio), para los cuales, se tomó el criterio de la movilización internacional de los recursos zoogenéticos que se inició a principios del siglo XIX, ya que la transferencia de animales reproductores se promovió en todo el mundo, primero en Europa o entre las potencias coloniales (hemisferio norte), luego se establecieron las razas europeas, en el hemisferio sur y finalmente en la zona intertropical (FAO, 2010).

Entre las 54 referencias se seleccionaron las que incluyeran los criterios de un grupo de tratamiento control, corderos terminados en un lote de alimentación o con suplementación bajo sistemas extensivos, y medidas de varianza de muestra o información para calcularlo (es decir, estadísticas de prueba y valores de P). Las referencias que cumplieron con los criterios fueron 21 estudios de 9 trabajos de investigación.

7.1.3 Procedimiento meta-analítico

El tamaño del efecto se calculó utilizando el método propuesto por Hedges (1981). La estimación de los efectos fijos y aleatorios se calculó de acuerdo a Dersimonian y Laird (1986). Los estudios analizados fueron lo suficientemente diferentes, que a pesar de ser un conjunto muy grande de datos, para minimizar el efecto de la variación aleatoria, se estimaron diferentes cantidades. Por esta razón, se aplicó un análisis de efectos aleatorios. Un beneficio del uso de modelos de efectos aleatorios en el meta-análisis es que puede extenderse a modelos mixtos para detectar fuentes de heterogeneidad. Un valor de

heterogeneidad superior al 50% puede considerarse una heterogeneidad sustancial (Appuhamy et al., 2013).

Entre los estudios, la heterogeneidad se cuantificó utilizando la estadística I^2 , que describe el porcentaje de la variación total entre los estudios que se debe a la heterogeneidad más que al azar (Lean et al., 2009). La estadística I^2 se calculó de la siguiente manera:

$$I^2 = \frac{Q-(k-1)}{Q} \times 100,$$

Donde:

Q= heterogeneidad de X^2

k= número de ensayos

Todos los análisis se realizaron en el software estadístico R (R Core Team, 2016) utilizando el paquete "meta" versión 4.6-0 (Schwarzer, 2016).

7.2. Antibióticos

Se realizó una revisión bibliográfica de los principales antibióticos encontrados en los cuerpos de agua y en la tierra, así como el tiempo de degradación, sus efectos en las comunidades microbianas, junto con algunas estrategias que han sido propuestas por organizaciones globales para controlar el uso de antibióticos en la industria de producción ganadera.

7.3. Triticale

El experimento se estableció en el municipio de Toluca Estado de México, ubicado entre las coordenadas 19° 17' latitud norte y 99° 39' de longitud oeste, a una altura de 2675 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2000). La siembra fue realizada con una sembradora de precisión (tres repeticiones para cada una de las variedades). La unidad experimental contó con siete surcos, cada una de 50 m lineales por 30 cm de ancho (con dos líneas de siembra y una separación de 80 cm, cada unidad tenía una dimensión de 415 m² ocupando, el experimento, una superficie total rectangular de 10000 m². En cada unidad experimental se dejó un metro a cada lado para salvaguardar el área de influencia. La densidad de

siembra fue de 80,000 plantas/ ha⁻¹. Se fertilizaron con 130.43 kg de urea, 195.65 kg de superfosfato triple y 116.67 kg de cloruro de potasio por ha⁻¹ (60-90-70- de NPK respectivamente); asimismo, fue aplicado un riego post siembra.

Cada muestreo de rendimiento de materia seca (MS) y materia fresca (MF) se realizó cortando el forraje con una rozadera a una altura aproximada de 2 cm de la superficie del suelo cuando el grano se encontró en estado masoso-lechoso (145 días). El muestreo para la recolección de variedades fue aleatorio tomando áreas de 1 m² de las hileras centrales que forman la unidad experimental, obteniendo tres muestras de cada variedad. Se registro el peso del forraje fresco y se tomó una submuestra que se mantuvo en estufa a 60°C durante 48h para su desecación. Se identificó y se determinó el contenido de materia seca y humedad, para obtener el rendimiento de forraje (t/ha⁻¹). Después del muestreo todo el lote experimental fue cosechado con una maquina cortadora de motor.

De las muestras de forraje seleccionadas una parte se henificó (tres muestras de cada variedad, secadas al sol hasta alcanzar 85% de MS) aproximadamente y de la otra se elaboraron seis microensilados con 1.5 kg de forraje en tubos de policloruro de vinilo (PVC) de 20 cm, haciendo un buen compactado y sellado con bolsas de polietileno y cinta adhesiva para evitar la entrada de aire. A los 60 días se extrajeron las muestras, se pesaron 200 g y fueron secadas en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48h. Homogenizando las repeticiones de cada variedad y método, se molieron en un molino electromecánico tipo willey con una criba de 2mm Ø para tener un tamaño de partícula de 1mm de diámetro. Se determinaron por triplicado las concentraciones de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y nitrógeno, mediante el método Kjeldahl, multiplicando por el factor 6.25 para obtener el contenido de proteína cruda (PC) AOAC (1990), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina (LIG) utilizando un digestor de fibras ANKOM (Van Soest et al., 1991). Se determinó el contenido de humedad de los ensilados mediante destilación por tolueno (Tejada, 1992).

La energía neta de lactancia (NEL 3x, Mcal / kg MS), kilogramos de leche por tonelada de materia seca producida (kg leche / tonelada MS) y kilogramos de leche por hectárea (kg Leche / ha) se calcularon con MILK2006 (Shaver et al., 2006).

Para la técnica de producción de gas *in vitro*, se utilizaron dos bovinos adultos fistulados, como donadores de fluido ruminal. Los animales recibieron una dieta 50:50 de heno de avena: heno de alfalfa y suplemento con 1kg de concentrado. El alimento fue proporcionado *ad libitum* diariamente a las 08:00 y 16:00 h, con acceso libre de agua.

La producción de gas se determinó por el método propuesto por Theodorou et al. (1994), para lo cual se utilizaron frascos de 125 ml para cada muestra de forraje y métodos de conservación, por triplicado y en tres series de incubación. Se introdujo 0.8 g MS de cada una de las muestras en los frascos; posteriormente se le adicionó 90 ml de solución buffer gaseado con CO₂ y se guardaron en refrigeración (4 °C, durante 12 horas). Al día siguiente se tomaron 700 ml de líquido y 300 g de sólido del contenido ruminal. En el laboratorio se filtró a través de cuatro capas de gasa, manteniéndose el líquido ruminal a 39 °C que fue gaseado con CO₂, posteriormente se adicionaron a cada frasco 10 ml de fluido ruminal. Finalmente, los frascos se introdujeron en un baño de agua a 39 °C y se inició el registro de producción de gas utilizando un transductor de presión (DELTA OHM, Manometer, 8804). El volumen de gas producido fue medido a las 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 64, 72, 84 y 96 horas de incubación. Para correcciones por contaminación en el contenido ruminal se utilizaron dos frascos sin sustrato como blancos. Después del período de incubación (96h), se liberó el gas acumulado y los residuos de fermentación de cada frasco que fueron secados a 60 °C durante 48 horas para calcular la proporción de materia seca (MSd) y orgánica (MOD) desaparecida, FND y la producción de gas relativa (PGR, ml gas g⁻¹ MS desaparecida). Para estimar la degradabilidad y fermentación de los forrajes se utilizó la ecuación propuesta por Krishnamoorthy et al., (1991)

$$Pg = b (1 - e^{-ct})$$

dónde: Pg= producción de gas (ml gas/ g⁻¹ MS inicial); b= producción total de gas (ml gas/g⁻¹ MS inicial); c= tasa de degradación con respecto al tiempo (horas); t= tiempo (h).

7.3.1. Cálculos

La energía metabolizable (EM, MJ/kg MS) y la materia orgánica digestible (MOD) *in vitro* fueron estimadas de acuerdo con Menke et al. (1979) como:

$$EM = 2.20 + 0.136 GP \text{ (ml/0.5 g DM)} + 0.057 PC \text{ (g/kg MS)}$$

$$MOD = 148.8 + 8.89 GP + 4.5 CP \text{ (g/kg MS)} + 0.651 \text{ cenizas (g/kg MS)}$$

dónde: GP es la p producen de gas (ml/ 200 mg MS) a las 24 h de incubación, PC y cenizas expresados en g/ kg MS.

El factor de partición a las 96h de incubación (PF96, medida de eficiencia de fermentación) fue calculado como la relación de MS desaparecida *in vitro* (MSD, mg/g) con relación al volumen de gas (ml gas/ 96h) (i.e., MSD/Producción total de gas (GP96) de acuerdo con Blummel et al., (1997). La producción de gas a las 24 h (GY24) fue calculada como el volumen de gas (ml gas/g DM) producido después de las 24 h de incubación, dividido por la cantidad de MSD (g) como:

$$\text{Producción de gas a las 24 h (GY24)} = (\text{ml gas/g MS}) / \text{g MSD}$$

Los ácidos grasos de cadena corta (SCFA b) fueron calculados de acuerdo a Getachew et al., (2002) como:

$$\text{SCFA (mmol/200 mg MS)} = 0.0222 \text{ GP} - 0.00425$$

dónde: GP es la producción de gas a las 24 h (ml/200 mg MS).

La producción de proteína microbiana (MCP) fueron calculada de acuerdo a Blummel et al.; (1997) como:

$$\text{MCP (mg/g MS)} = \text{mg MSD} - (\text{ml gas} \times 2.2 \text{ mg/ml})$$

dónde: 2.2 mg/ml es el factor estequiométrico, el cual se expresa los mg de C, H y O requeridos para la producción de SCFA gas asociados con la producción de 1 ml de gas.

7.3.2. Análisis estadístico

Para los datos de composición química y producción de gas *in vitro* se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2, siendo los factores la variedad (3) y método de conservación (2), con tres repeticiones por tratamiento y su interacción. Los resultados se analizaron con un paquete estadístico SAS (2002) y para la comparación de medias (diferencias estadísticamente significativas, $P < 0.05$), se evaluaron a través de la prueba de Tukey.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ij}$$

Dónde: Y_{ijk} = variable respuesta en la repetición k, nivel de J (B), nivel i de (A)

μ = Media general

A_i = Efecto del factor A al nivel de i

B_j = Efecto del factor B al nivel de J, (AB)

(AB)_{ij}= Efecto de la interacción AB al nivel ij

E_{ijk} = Error aleatorio

7.4. Niveles de concentrado en la producción de leche, Metano y CO₂ en vacas lecheras cruzadas en regiones de clima tropicales

7.4.1. Sitio experimental

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Pecuaria Tropical (CEIEGT), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en el municipio de Tlapacoyán, Veracruz (20 ° 04' de latitud norte y 97 ° 03 de longitud oeste), a una altitud que oscila entre los 99 y 123 m sobre el nivel del mar, una temperatura media anual de 24,5°C y una precipitación media anual de 1991±352 mm (Castillo et al., 2005).

7.4.2. Animales y dieta

Se utilizaron doce vacas lecheras F1 cruzadas (*Bos taurus* - *Bos indicus*), con 60 días de lactancia y una producción media de 8,41 kg/día. Todos los animales pastoreaban en extensiones de pastos mixtos, compuestos por un 72% de especies autóctonas (*Paspalum notatum*, *P. conjugatum*, *Axonopus affinis*, *Desmodium triflorum*) y un 28% de especies introducidas (*Brachiaria Humidicola*, *Cynodon niemfluensis*, *Brachiaria brizantha* var. *Toledo*, *Brachiaria decumbens*, *Digitaria decumbens*, *Brachiari brizanta* var. *Marandu*). Además, las vacas se agruparon al azar y sus dietas se complementaron (0, 150, 300 y 450 g MS/kg de producción de leche) con concentrado lácteo comercial (ABATEZ®, 18,3% PC). El concentrado se ofreció durante el tiempo de ordeño (10:00 horas), en tres períodos experimentales de 15 días cada uno en un diseño cruzado. La tabla 1 muestra la composición química de los pastos y el concentrado suministrado en las dietas

7.4.3. Toma de muestra y análisis

Se obtuvieron 15 muestras de hierba de las praderas (1 kg en base húmeda) por período, mediante la técnica de mimetismo manual de aparcería (Wallis De Vries, 1995), y 15 muestras de concentrado (0,5 kg) por período, de las cuales se hicieron grupos de 5 muestras que representaban un lote de hierba o de concentrado por tratamiento y período, obteniéndose nueve muestras de hierba y nueve muestras de concentrado. Las muestras se

analizaron (AOAC, 1990) para determinar la materia seca (MS, método 934.01), las cenizas (método 942.05), el nitrógeno (N, método 954.01) y el extracto étereo (EE, método 920.39). El análisis de la fibra detergente neutra (FDN) (Van Soest y otros, 1991), la fibra detergente ácida (FDA) y la lignina (ADL) (AOAC, 1990), método 973.18) se realizó en una unidad de análisis de fibras ANKOM200 (ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY, EE.UU.), siguiendo el método 973.18 (AOAC, 1990). Sin embargo, en el caso del FDN el análisis se realizó sin el uso de una alfa amilasa pero con sulfito de sodio en el NDF.

En los últimos cinco días de cada período experimental se registró la producción diaria de leche por animal (kg d⁻¹) y se tomó una muestra de 200 mL para determinar su composición química, mediante un analizador automático de lactosa SL60 (Bulgaria). Se determinó el contenido (g/100 g) de proteína, grasa, sólidos no grasos, lactosa, densidad (kg/m³) y sales (minerales).

7.4.4. Cálculos

La estimación del consumo de materia seca (CMS) se realizó a través de la ecuación (NRC, 2001):

$$\text{CMS (kg/d)} = (0.372 \cdot \text{LC} + 0.0968 \cdot \text{PV}^{0.75}) \cdot (1 - e^{(-0.192 \cdot (\text{SEL} + 3.67))}), \quad (\text{eq. 1})$$

Donde LC es el porcentaje de leche corregida 3.5% de contenido de grasa, PV es el peso vivo del animal (kg), SEL es la semana de lactación.

$$\text{LC 3.5 \%} = (\text{kg leche} \cdot 0.432) + [(\text{kg grasa d}^{-1}) \cdot 16.23] \quad (\text{eq. 2})$$

El total de nutrientes digestibles (TDN) se calculó a partir de fibra detergente ácido (FDA, en g/ kg MS) (Van Soest et al., 1991)

$$\text{TND} = 88.9 - (\text{FDA} \cdot 0.779). \quad (\text{eq.3})$$

Las energías de mantenimiento (EN_m, Mcal/kg MS), ganancia (NE_g) y lactancia (EN_l) se determinaron utilizando las ecuaciones del NRC (2001) a partir del TND.

$$\text{EN}_m = ((\text{TND} \cdot 0.01318) - 0.132) \cdot 2.2 \quad (\text{eq.4})$$

$$\text{EN}_g = ((\text{TND} \cdot 0.01318) - 0.046) \cdot 2.2 \quad (\text{eq.5})$$

$$EN_1 = ((TND*0.01114)-0.054)*2.2 \quad (\text{eq.6})$$

El balance de nitrógeno fue calculado según la fórmula:

$$\text{Balance de nitrógeno} = N \text{ consumido (g d}^{-1}\text{)} - (N_{\text{heces}} \text{ (g d}^{-1}\text{)} + N_{\text{orina}} \text{ (g d}^{-1}\text{)})$$

Para estimar el nitrógeno excretado en heces (N_{heces}), orina (N_{orina}) y leche (N_{leche}) se utilizaron las ecuaciones siguientes (Jones, 1931; Ramin and Huhtanen, 2013):

$$N_{\text{heces}} = \text{Proteína cruda excretada (g d}^{-1}\text{)} / 6.25 \quad (\text{eq.7})$$

$$N_{\text{orina}} = \text{Proteína cruda excretada en orina (g d}^{-1}\text{)} / 6.25 \quad (\text{eq.8})$$

$$\text{Proteína cruda excretada en orina} = [\text{UE (MJ d}^{-1}\text{)} / 9*1000] \quad (\text{eq.9})$$

La excreción de energía urinaria (UE) se calculó a partir de

$$\text{UE} = [-2.71 + (0.028 * (\text{consumo total de proteína cruda} / \text{Consumo de materia seca kg d}^{-1}\text{)}) + (0.589 * \text{Consumo de materia seca kg d}^{-1}\text{)}] \quad (\text{eq.10})$$

$$\text{Balance de nitrógeno} = N \text{ consumido} - (N_{\text{heces}} + N_{\text{orina}}) \quad (\text{eq.11})$$

$$N \text{ consumido} = \text{Consumo total de proteína} / 6.25 \quad (\text{eq.12})$$

La producción de metano (CH_4) se calculó a partir de la energía bruta ingerida (GEI) ($\text{MJ /cabeza}^{-1} \text{ día}^{-1}$) del consumo de concentrado y del pasto. La producción diaria de metano se calculó en base al IPCC (2006):

$$\text{CH}_4 = \underline{\text{GE} * (\text{Ym}/100)} \quad (\text{eq.13})$$

55.65

Donde CH_4 : emisión de metano ($\text{g} \cdot \text{cabeza}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) GE: ingesta de energía bruta ($\text{MJ} \cdot \text{cabeza}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$).

Ym es el porcentaje de energía bruta convertida a metano calculado:

$$Ym = (6.5 \% \text{ de ingesta de energía bruta}) \text{ (IPCC, 2006)} \quad (\text{eq.14})$$

Y a partir de los datos de Montoya-Flores et al., (2020)

$$Y_m = (5.54 \% \text{ de GE}) \text{ (Montoya-Flores et al., 2020)} \quad (\text{eq.15})$$

el constante 55.65 (MJ· kg CH₄⁻¹) es el contenido de energía del metano

$$\text{DE: energía digestible (\% de GE)} \quad (\text{eq.16})$$

Donde DE = GE X digestibilidad energética.

Los kilogramos de metano al día se expresaron como kg CH₄ por kg de leche producida (leche corregía al 3.5%).

Kg CH₄/ kg leche (FCM 3.5%)

A partir de los gramos de CH₄ se estimó el dióxido de carbono (IPCC, 2006), de la siguiente manera:

$$\text{CO}_2 = \text{g CH}_4 / \text{d}^{-1} * 28 \quad (\text{eq.17})$$

Óxido nitroso (N₂O): la ecuación de IPCC (2006), se utilizó para estimar las emisiones de N₂O que se originan en las excretas. La cantidad de nitrógeno excretado (N_{ex}) se basó en la ingesta de proteína cruda (PC ing) y la digestibilidad de la materia seca (DMS), calculada con el modelo siguiente:

$$\text{N}_{\text{ex}} = (\text{PC ing}/6.25) * (1 - \text{DMS}/ 100) \quad (\text{eq. 18})$$

Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O) fueron transformados a equivalentes de CO₂ (CO₂-eq) en función de los siguientes factores de conversión: 1 por 1 kg de CO₂ y 298 por 1 kg de N₂O, (suponiendo un horizonte temporal de 100 años) según IPCC (2007).

7.4.5. Análisis estadístico

Para la composición química y energética de las dietas, producción láctea, CH₄, N₂O, CO₂ se analizaron de acuerdo con un diseño completamente aleatorio, utilizando el procedimiento PROC MIXED de SAS (SAS, 1990), acorde al siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + T_{X_j} + P_k + \varepsilon_{ijk}$$

dónde Y_{ij} = es cada observación del tratamiento; μ es el promedio general; A_i es el efecto debido al animal, T_x ($i = 4$) es el efecto del tratamiento, P_k es el efecto debido al periodo; y ε_{ijk} es error experimental.

Las medias de leche, CH_4 , N_2O , CO_2 se sometieron a un análisis de tendencias mediante polinomios ortogonales (Cochran y Cox, 1992.) Los efectos fueron considerados significativos si eran menores a $P < 0.05$, empleando la prueba de Turkey para comparación de medias.

Los datos de producción de CH_4 fueron analizados mediante el procedimiento GLM con el programa SAS (2002) de acuerdo con el modelo:

$$Y_{ij} = \mu + M_i + T_{xj} + (M_i \times T_{xj}) + \varepsilon_{ij}$$

dónde: Y_{ijk} =producción de CH_4 , μ = es el promedio general, M ($i=2$) es el efecto del modelo utilizado, T_x ($j=4$) es el efecto del tratamiento, M ($i=2$) x T_x ($j=4$) es el efecto de la interacción entre el modelo y el tratamiento utilizado; y ε_{ij} es error experimental. Los promedios de cada variable ($P < 0.05$) se compararon con la prueba de Tukey.

VIII. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resúmenes de los artículos publicados en las revistas *Acta Agronomica* (2018) e *Italian Journal of Animal Science* (2019); se incluye además un resumen de un capítulo de libro publicado en el libro *Bioactive Molecules in Food* (2018), además del resumen del artículo enviado a la revista *Tropical Animal Health and Production* con su carta de envío.



A meta-analysis on the effect of the feeding type and production system on the carcass quality of lambs

Lizbeth Esmeralda Robles Jiménez, Anna Naranjo, Juan Carlos Angeles Hernandez, Jorge Osorio Ovalos, Octavio Castelan Ortega & Manuel González Ronquillo

To cite this article: Lizbeth Esmeralda Robles Jiménez, Anna Naranjo, Juan Carlos Angeles Hernandez, Jorge Osorio Ovalos, Octavio Castelan Ortega & Manuel González Ronquillo (2019): A meta-analysis on the effect of the feeding type and production system on the carcass quality of lambs, Italian Journal of Animal Science, DOI: [10.1080/1828051X.2018.1532327](https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1532327)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1532327>



© 2019 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group.



Published online: 07 Jan 2019.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 81



View Crossmark data [↗](#)

Full Terms & Conditions of access and use can be found at
<https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=tjas20>

8.1. A meta-analysis on the effect of the feeding type and production system on the carcass quality in lambs

Lizbeth Esmeralda Robles Jiménez^{1,3}, Anna Naranjo², Juan Carlos Angeles Hernandez³, Jorge Osorio Ovalos³ Octavio Castelan Ortega³, Manuel González Ronquillo³

¹ Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100, 50000, Toluca, México.

² Department of Animal Science, Animal Nutrition and Environment Modeling Applications Laboratory (ANEMAL). UC Davis.

³Departamento de Nutricion Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100, 50000, Toluca, México.

Corresponding author: M. González Ronquillo, e-mail: mrg@uaemex.mx

Abstract

This meta-analysis aims to identify if there are differences between the weight of lamb carcasses and their main characteristics according to the production systems and type of feeding around the world. Lambs finished on feeding supplement (with or without supplement) and production system (feed-lot or free-range) were analyzed. Data from 21 controlled studies were used, the variables of interest in the meta-analysis include: initial body weight (IBW, kg), final body weight (FBW, kg), hot carcass weight (HCW, kg), cold carcass weight (CCW, kg), area of *longissimus dorsi* (ALd, cm²), subcutaneous dorsal fat thickness (SFT, mm) and slaughter weight (kg). The high heterogeneity (>98%) found in this study may be due to many factors (breed, climate, age and management). Furthermore, the number of animals allocated for each treatment and the lack of repetitions make it difficult to correctly understand the effect of feeding and production system on the lamb

meat. Lambs finished in a feedlot or with supplementation under extensive systems exhibit faster growth rates, achieve target weights quicker, and produce heavier carcass weights when compared to grazing lambs.

Key words: Lambs, Carcass assessment; feedlots; sustainable grazing system; supplementation.



Veterinary Antibiotics in Animal Diet: Effects on Waste/Environment

Lizbeth E. Robles Jimenez, Juan C. Angeles Hernandez,
Jorge Osorio Avalos, Xunde Li, Edward Rob Atwill,
Octavio Castelan Ortega, and Manuel Gonzalez Ronquillo

Contents

1	Introduction	2
2	Destination of Antibiotics in the Soil	3
3	Antibiotics in the Water	7
4	Strategies to Control the Use of Antibiotics in the Livestock Industry	8
5	Conclusion	12
	References	12

Abstract

Residues of veterinary antibiotics in the environment pose a risk for aquatic and terrestrial ecosystems. The degradation of antibiotics in the environment has not been fully characterized in spite of the long periods of persistence of residues in the environment. This chapter reviews the main antibiotics found in water bodies and on land as well as its effects on microbial communities, along with some strategies that have been proposed by global organizations to control the use of antibiotics in the livestock production industry.

Keywords

Veterinary antibiotic · Pollution · Environmental · Residues

L. E. Robles Jimenez · J. C. Angeles Hernandez · J. Osorio Avalos · O. Castelan Ortega · M. Gonzalez Ronquillo (✉)
Departamento de Nutricion Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autonoma del Estado de Mexico, Toluca, Estado de Mexico, Mexico
e-mail: lizrobles@hotmail.com; crucifixio_8@hotmail.com; josorioa@uaemex.mx; oaco2002@yahoo.com.mx; mrg@uaemex.mx

X. Li · E. R. Atwill
Western Institute for Food Safety and Security, School of Veterinary Medicine, University of California Davis, Davis, CA, USA
e-mail: xdli@ucdavis.edu; ratwill@ucdavis.edu

© Springer Nature Switzerland AG 2018
J.-M. Mérillon, K. G. Ramawat (eds.), *Bioactive Molecules in Food*, Reference Series in Phytochemistry, https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_41-1

1

8.2. Veterinary Antibiotics in Animal Diet: Effects on Waste/Environment

Lizbeth Esmeralda Robles Jiménez^{1,3}, Juan Carlos Angeles Hernandez³, Jorge Osorio Ovalos³, Xunde Li², Edward Rob Atwill², Octavio Castelan Ortega³, Manuel González Ronquillo³

¹ Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autonoma del Estado de México, Instituto Literario 100, 50000, Toluca, México.

² Western Institute for Food Safety and Security, School of Veterinary Medicine, University of California Davis, Davis, CA, USA

³ Departamento de Nutricion Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autonoma del Estado de México, Instituto Literario 100, 50000, Toluca, México.

Corresponding author: M. Gonzalez Ronquillo, e-mail: mrg@uaemex.mx

Abstract

Residues of veterinary antibiotics in the environment pose a risk for aquatic and terrestrial ecosystems. The degradation of antibiotics in the environment has not been fully characterized in spite of the long periods of persistence of residues in the environment. This chapter reviews the main antibiotics found in water bodies and on land as well as its effects on microbial communities, along with some strategies that have been proposed by global organizations to control the use of antibiotics in the livestock production industry.

Key words: Veterinary antibiotic · Pollution · Environmental · Residues

Forage yield, chemical composition and *in vitro* gas production of triticale varieties (*X Triticosecale Wittmack*) preserved by silage or hay

Producción de forraje, composición química y producción de gas *in vitro* de variedades de triticale (*X Triticosecale Wittmack*) conservados como ensilado y heno

Lizbeth Esmeralda Robles Jimenez¹, Andres Morales-Osorio², María de Guadalupe Gutierrez Martinez², Jorge Osorio Avalos¹, Octavio Alonso Castelan Ortega¹, Manuel Gonzalez-Ronquillo^{1*}

1. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Nutrición Animal. Instituto Literario 100. Toluca, Estado de Mexico. Mexico. 50000. 2. Universidad Autónoma del Estado de Mexico, Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus el Cerrillo. Carretera Toluca-Ixtlahuaca km. 14.5, Unidad San Cayetano, Toluca, Méx. S/ N. 50200. *Author for correspondence: mrg@uaemex.mx

Recibido: 04.10.2017 Aceptado: 03.09.2018

Abstract

Alternatives to good quality forages for animal feeding include small grain cereals such as triticale (*X Triticosecale Wittmack*), which presents environmental tolerance and acceptable nutritional value. The objectives of the present study were to evaluate the forage yield, the chemical composition and *in vitro* gas production of three varieties of triticale (UAEMex, Bicentennial and Siglo XXI), by two conservation method (ensiled or hay). A completely randomized design with three replicates per treatment was used. The Siglo XXI variety got more forage ($P < 0.0001$) in both fresh and dry matter than the other treatments. There were differences ($P < 0.05$) between varieties, UAEMex presenting higher content of organic matter (OM 906 g/kg DM) and crude protein (CP, 156 g/kg DM) ($P < 0.05$), and Bicentennial and Siglo XXI presenting higher content acid detergent lignin (ADL, 72.3 ± 0.3 g/kg DM). Higher quantities of dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF) and ADL in the hay method ($P < 0.05$) were observed compared to the silage method. The hay preservation method produced higher values for digestible OM (OMD, 838 g/kg DM), metabolizable energy (ME, MJ/kg DM) and short chain fatty acids (SCFA) in comparison with silage. The variety UAEMex had higher OMD, ME, GY24h and SCFA than the other treatments. Siglo XXI and the silage method showed higher milk yield (kg milk/ha) ($P < 0.005$). It was concluded that the triticale variety Siglo XXI was superior to the other varieties by their forage and milk yield potential production, the silage conservation method presented greater fermentation than hay treatment.

Key words: Forage yield; Milk yield; Forage Conservation; Small grain cereals; Gas production

Resumen

Las alternativas a los forrajes de buena calidad para la alimentación animal incluyen cereales de grano pequeño como el triticale (*X Triticosecale Wittmack*), que presenta tolerancia ambiental y valor nutricional aceptable. Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el rendimiento de forraje, la composición química y la producción de gas *in vitro* de tres variedades de triticale (UAEMex, Bicentenario y Siglo XXI), por dos métodos de conservación (ensilado o heno). Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones por tratamiento. La variedad Siglo XXI obtuvo más forraje ($P < 0.0001$) en materia fresca y en materia seca con respecto al resto. Hubo diferencias ($P < 0.05$) entre variedades, UAEMex presentó mayor contenido de materia orgánica (MO 906 g/kg MS) y proteína cruda (PC, 156 g/kg MS) ($P < 0.05$), y Bicentenario y Siglo XXI presentaron mayor contenido de lignina ácido detergente (LAD, 72.3 ± 0.3 g/kg MS). Se observaron cantidades superiores de materia seca (MS), fibra detergente neutro (FND) y LAD en el heno ($P < 0.05$) en comparación con el ensilaje. El método de preservación del heno produjo valores superiores para la digestión de la MO (MOD, 838 g/kg de MS), la energía metabolizable (EM MJ/kg MS) y los ácidos grasos de cadena corta (SCFA) en comparación con el ensilado. La variedad UAEMex fue superior para la MOD, EM, GY24h y SCFA con respecto al resto. Las variedades Siglo XXI y el método de ensilaje mostraron mayor producción de leche (kg de leche/ha) ($P < 0.005$). Se concluyó que la variedad de triticale Siglo XXI fue superior a las otras variedades por su producción potencial de forraje y producción de leche, el método de conservación de ensilaje presentó mayor fermentación con respecto al heno.

Palabras clave: Rendimiento de forraje; Producción de leche; Conservación de forraje; Cereales de grano pequeño; Producción de gas

8.3. Forage yield, chemical composition and in vitro gas production of triticale varieties (*x Triticosecale Wittmack*) preserved by silage or hay

Produccion de forraje, composición química y producción de gas in vitro de variedades de triticale (*x Triticosecale Wittmack*) conservados como ensilado y heno

Lizbeth Esmeralda Robles Jimenez¹, Andres Morales-Osorio², María de Guadalupe Gutierrez Martinez², Jorge Osorio Avalos¹, Octavio Alonso Castelan Ortega¹, Manuel Gonzalez-Ronquillo^{1*}

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Nutrición Animal. Instituto Literario 100. Toluca, Estado de Mexico. Mexico. 50000.

²Universidad Autónoma del Estado de Mexico, Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus el Cerrillo. Carretera Toluca-Ixtlahuaca km. 14.5, Unidad San Cayetano, Toluca, Méx. S/ N. 50200.

*Author for correspondence: mrg@uaemex.mx

Abstract

Alternatives to good quality forages for animal feeding include small grain cereals such as triticale (*X Triticosecale Wittmack*), which presents environmental tolerance and acceptable nutritional value. The objectives of the present study were to evaluate the forage yield, the chemical composition and *in vitro* gas production of three varieties of triticale (UAEMex, Bicentennial and Siglo XXI), by two conservation method (ensiled or hay). A completely randomized design with three replicates per treatment was used. The Siglo XXI variety got more forage ($P < 0.0001$) in both fresh and dry matter than the other treatments. There were differences ($P < 0.05$) between varieties, UAEMex presenting higher content of organic

matter (OM 906 g/kg DM) and crude protein (CP, 156 g/kg DM) ($P < 0.05$), and Bicentennial and Siglo XXI presenting higher content acid detergent lignin (ADL, 72.3 ± 0.3 g/ kg DM). Higher quantities of dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF) and ADL in the hay method ($P < 0.05$) were observed compared to the silage method. The hay preservation method produced higher values for digestible OM (OMD, 838 g/kg DM), metabolizable energy (ME, MJ/kg DM) and short chain fatty acids (SCFA) in comparison with silage. The variety UAEMex had higher OMD, ME, GY24h and SCFA than the other treatments. Siglo XXI and the silage method showed higher milk yield (kg milk/ ha) ($P < 0.005$). It was concluded that the triticale variety Siglo XXI was superior to the other varieties by their forage and milk yield potential production, the silage conservation method presented greater fermentation than hay treatment.

Key words: Forage yield; Milk yield; Forage Conservation; Small grain cereals; Gas production

Resumen

Las alternativas a los forrajes de buena calidad para la alimentación animal incluyen cereales de grano pequeño como el triticale (*X Triticosecale Wittmack*), que presenta tolerancia ambiental y valor nutricional aceptable. Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el rendimiento de forraje, la composición química y la producción de gas *in vitro* de tres variedades de triticale (UAEMex, Bicentenario y Siglo XXI), por dos métodos de conservación (ensilado o heno). Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones por tratamiento. La variedad Siglo XXI obtuvo más forraje ($P < 0.0001$) en materia fresca y en materia seca con respecto al resto. Hubo diferencias ($P < 0.05$) entre variedades, UAEMex presentó mayor contenido de materia orgánica (MO 906 g / kg MS) y proteína cruda (PC, 156 g / kg MS) ($P < 0.05$), y Bicentenario y Siglo XXI presentaron mayor contenido de lignina ácido detergente (LAD, 72.3 ± 0.3 g / kg MS). Se observaron cantidades superiores de materia seca (MS), fibra detergente neutro (FND) y LAD en el heno ($P < 0.05$) en comparación con el ensilaje. El método de preservación del heno produjo valores superiores para la digestión de la MO (MOD, 838 g / kg de MS), la energía metabolizable (EM Mj/kg MS) y los ácidos grasos de cadena corta (SCFA) en comparación

con el ensilado. La variedad UAEMex fue superior para la MOD, EM, GY24h y SCFA con respecto al resto. Las variedades Siglo XXI y el método de ensilaje mostraron mayor producción de leche (kg de leche / ha) ($P < 0.005$). Se concluyó que la variedad de triticale Siglo XXI fue superior a las otras variedades por su producción potencial de forraje y producción de leche, el método de conservación de ensilaje presentó mayor fermentación con respecto al heno.

Palabras clave: Rendimiento de forraje; Producción de leche; Conservación de forraje; Cereales de grano pequeño; Producción de gas

8.4. Concentrate supplementation on milk yield, methane and CO₂ production in crossbred dairy cows in tropical climate regions

Authors: Robles Jimenez L.E^{1,2}., Xochitemol H. A³., Benaouda M⁴, Osorio Avalos, J¹., Corona G. L⁵., Castillo G. E⁵, Castelan Ortega O.A¹. González-Ronquillo M^{1*}

Affiliations: ¹*Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Instituto Literario 100. Toluca, Estado de Mexico. Mexico. 50000.*

²*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Nutrición Animal. Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100. Toluca, Estado de Mexico. Mexico. 50000.*

³*Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Salud y la Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad n° 3000, C.U., Ciudad de México, 04510*

⁴*INRA France, Unité Mixte de Recherche sur les Herbivores, Centre de recherche Clermont Auvergne-Rhône-Alpes – Site de Theix. 63122 Saint-Genès-Champanelle. France*

⁵*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad n° 3000, C.U., Ciudad de México, 04510.*

*Corresponding/presenting author: mrg@uaemex.mx

The objective of this study was to evaluate the level of concentrate supplementation on the production and chemical composition of milk from 12 crossbred F1 dual-purpose cows ($\frac{1}{2}$ *Bos taurus* – $\frac{1}{2}$ *Bos indicus*), and estimate the emission of CH₄, N₂O and CO₂ gases using the Tier II methodology (IPCC, 2006), additionally calculating a Y_m factor for tropical environments (Montoya-Flores et al., 2020) and comparing the emission values. The study included 12 crossbred F1 dual-purpose cows over 60 days of lactation. The cows grazed on 28% tropical native grassland and 72% *Brachiaria spp.* and *Cynodon neumfluensis*, supplemented with 0, 150, 300, and 450g of concentrate per kg daily milk production, during three experimental periods of 15 days each in a crossover design. Pasture and concentrate samples were collected, and were analyzed for dry matter, crude protein, neutral detergent fiber, and acid detergent fiber. Milk production (kg d⁻¹) was recorded

daily, nitrous oxide (N₂O), and emissions from excreta and daily CH₄ production were calculated. Results were analyzed with the SAS MIXED procedure. Concentrate supplementation in tropical crossbred dairy cows did not improve milk yield but increased CH₄ and N₂O production (P < 0.0001) per cow as the concentrate increased in the diet; the Y_m factor from the tropical region yielded less CH₄ than the IPCC Y_m model (P < 0.0001). In conclusion, the calculation of CH₄ using specific emission factors for the tropical climate region is better than the IPCC default emission factors in order not to overestimate the CH₄ emissions.

Keywords: Tropical pastures, supplementation, CH₄, N₂O.

IX. DISCUSIÓN

En la actualidad la necesidad de producir mayor cantidad y calidad de carne y leche para satisfacer la demanda mundial, además de minimizar los efectos del cambio climático, ha ocasionado la necesidad de tener una ganadería que se base en dietas sostenibles (Makkar y Ankers, 2014); Sin embargo, tener un equilibrio de los elementos (ambiente, ecosistema y sociedad) dificulta su realización (Ryschawy et al., 2019).

Se menciona que una dieta que cumpla con los conceptos StAnD debe de utilizar alimentos que no sean utilizados en la dieta humana (Makkar, 2017). En el presente trabajo se investigaron se evaluó la utilización de variedades de triticale (UAEMex, Bicentenario y Siglo XXI), en donde se determinó su composición química y su rendimiento forrajero, así mismo se demostró cual de las variedades potencialmente produce más cantidad de leche por ha, por lo cual pueden ser una alternativa para la alimentación de rumiantes, ya que cumple con los conceptos de StAnd (Makkar y Ankers 2014).

La utilización de concentrados (cereales) en la alimentación de rumiantes para mejorar su eficiencia alimenticia ha sido una práctica común en los últimos años; sin embargo, obtener buenos rendimientos productivos a base de dietas con pastizales y forrajes puede ser una mejor alternativa en la actualidad (Bindari y Makkar, 2016) al no competir con la alimentación humana. Uno de los objetivos del presente trabajo fue realizar un estudio de meta-análisis de corderos alimentados con concentrado y sin concentrado en todo el mundo; observándose que los pesos eran mayores en los corderos alimentados con concentrado; sin embargo, la diferencia solo fue de 1 kg en peso vivo. El principal costo en la producción ganadera recae en la alimentación, y los concentrados son los insumos más costos, por lo cual resulta controversial tener dietas a base de concentrado. Dietas a base de pastos con rendimientos productivos aceptables, económicas y que no compiten con la alimentación humana son una alternativa a las dietas basadas en concentrado (Ponnampalam et al., 2014; Makkar, 2017).

El uso de concentrado en dietas para ganado lechero, tiene efectos en los costos de las dietas para rumiantes, así como en la producción de gases de efecto invernadero (CH₄,

N_2O , CO_2); se ha mencionado que el uso de concentrado puede disminuir las cantidades de metano (CH_4); sin embargo, algunos trabajos demuestran lo contrario (Makkar, 2013). Otro de los objetivos fue estudiar diferentes niveles de concentrado en vacas lecheras F1 y calcular la cantidad de CH_4 , óxido nitroso (N_2O) y dióxido de carbono (CO_2), observando que las dietas que presentaron mayor cantidad de concentrado fueron aquellas que más cantidad de gases emitían, por lo cual el uso de forrajes en dietas bien balanceadas es una alternativa con respecto al uso de los cereales en condiciones de ganadería de trópico, donde las vacas no producen gran cantidad de leche, pero el aporte de leche derivado de estos sistemas representa el 48% de la producción global de leche (CV S, 2016).

Se ha referido anteriormente que uno de los elementos que debe de cumplir una dieta StAnD es suprimir el uso de antibióticos o promotores del crecimiento, por lo cual se realizó una revisión bibliográfica de los antibióticos utilizados o que se utilizaban en la ganadería. En este trabajo se presenta la cantidad de antibióticos eliminados al medio ambiente y los problemas que causan tanto en el agua como en la tierra. El uso indiscriminado de antibióticos ha provocado graves problemas, no solo a la salud humana (resistencia a antibióticos), sino también al medio ambiente (Robles Jiménez et al., 2019). Derivado de esto, fue el interés mostrado para la realización de este trabajo, ya que dos de los tres pilares de StAnD, se encuentran involucrados el uso de antibióticos (planeta y sociedad) (Bindari y Makkar, 2016).

X. CONCLUSIONES

- La producción de corderos en sistemas de alimentación extensiva no compromete el crecimiento, por lo cual puede ser una estrategia importante para reducir el gasto en insumos y producir carne de manera que se respete el medio ambiente y el bienestar de los animales, además de producir carne "más sana" para el consumo humano.
- Es necesario controlar el uso de antibióticos en la producción animal, para así reducir los residuos de los antibióticos en los ecosistemas y agro ecosistemas.

- El triticale UAEMex mostró una mayor velocidad de fermentación, el triticale Siglo XXI presenta un mayor rendimiento de forraje y como consecuencia una mayor producción de leche (kg/ha de leche). El método de ensilado es un método de conservación apropiado ya que la fermentación producida durante este proceso presenta un NEL (Mcal/kg MS) más alto.
- El uso de un factor de emisión específico del país y un factor Ym para el cálculo de CH₄, es la mejor alternativa para no sobreestimar las emisiones de CH₄. Es conveniente analizar el uso de concentrado en vacas de pastoreo en sistemas de pequeña escala en zonas tropicales, ya que el uso de grandes cantidades de concentrado no aumenta la producción de leche, pero si incrementa los costos de producción de la leche y resulta en mayores emisiones de CH₄ y N₂O.
- Con el uso de los conceptos StAnD se pueden obtener dietas para rumiantes sustentables, obteniendo leche y carne accesible para la población, sin dañar al medio ambiente.

XI. LITERATURA CITADA

Alsaffar, A. A. 2016. Sustainable diets: The interaction between food industry, nutrition, health and the environment. *Food Science and Technology International*, 22;102-111

Alexandratos, N., & Bruinsma, J. 2012. World agriculture towards 2015/2030: The 2012 Revision. *ESA Work. Pap. 12*: 1-147.

Appuhamy, J.A., Strathe, A.B., Jayasundara, S., Wagner-Riddle, C., Dijkstra, J., France, J., Kebreab, E. 2013. Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 96: 5161–5173.

AOAC (Association of Official Analytic Chemist). 1990. *Official Methods of Analysis*, 15th ed. Association of Official Analytic Chemist, Washington, DC, USA, 1094p

Bindari, Y. R., and Makkar, H.P.S. 2016. Towards implementation of sustainable animal diets: evidence generation, perspective building and way forward. CAB Reviews 11: 1–27.

Blummel, M., Steingss, H., Becker, K. 1997. The relationship between in vitro gas production, in vitro microbial biomass yield and 15 N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. British Journal of Nutrition, 77: 911–921.

Castillo, G.E., Valles, M.B., Mannelje, L.t., Aluja, S.A. 2005. Efecto de introducir *Arachis pinto* sobre variables del suelo de pasturas de grama nativa del trópico húmedo de mexicano. Técnica Pecuaria en México, 43: 287-295.

Cochran, W.G., Cox, G.M. 1992. Notes on the statistical analysis of the results, In Experimental designs, 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y. 42–92.

CV S. 2016. Cross-breeding in Cattle for Milk Production: Achievements, Challenges and Opportunities in India-A Review. Advances in Dairy Research, 4(3). doi:10.4172/2329-888x.1000158

Dersimonian R, Laird N. 1986. Meta-analysis in clinical trials*. Control Clin Trials. 7:177–188. doi:10.1016/0197-2456(86)90046-2

Eisler, M.C., Lee, M.R., Tarlton, J.F., Martin, G.B., Beddington, J., Dungait, J.A.J., et al., 2014. Agriculture: steps to sustainable livestock. Nature, 507: 32–4.

FAO. 2002. World Agriculture: Towards 2015/2030: An FAO Perspective. Earthscan Publications Ltd, London, 58–63.

FAO. 2010. Origen y distribución de los recursos zoo-genéticos. [accessed 2017 Nov 7] <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1260s/a1260s03.pdf>.

FAO. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. By Alexandratos, N. & Bruinsma, J. ESA Working paper No. 12-03. Rome.

FAO. 2013. Enhancing Animal Welfare and Farmer Income Through Strategic Animal Feeding. Some Case Studies. In: Makkar, H.P.S. (Ed.), FAO Animal Production and Health Paper No. 175. Rome, Italy, Available at: <http://www.fao.org/docrep/017/i3164e/i3164e00.pdf> (accessed 23.07.19).

Gaspar, P., Escribano, M., Mesías, F.J., Ledesma, A. R. D., Pulido, F. 2008. Sheep farms in the Spanish rangelands (Dehesas): typologies according to livestock management and economic indicators. *Small Ruminant Research*. 74:52-63.

Grooms DL, Kroll LAK. 2015. Indoor confined feedlots. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 31:295-304.

Getachew, G., Makkar, H.P.S., Becker, K. 2002. Tropical browses: contents of phenolic compounds, in vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and in vitro gas production. *Journal of Agricultural Science*, 139: 341-352.

Hedges, L.V. 1981. Distribution theory for glass's estimator of effect size and related estimators. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 6: 107-128.

Herrero, M., Thornton, P.K., Notenbaert, A.M., Wood, S., Msangi, S., Freeman, H.A., Bossio, D., Dixon, J., Peters, M., van de Steeg, J., Lynam, J., Parthasarathy Rao, P., Macmillan, S., Gerard, B., McDermott, J., Seré, C., Rosegrant, M. 2010. Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. *Science*, 327(5967): 822-825. doi:10.1126/science.1183725

Hoffmann, I., 2011. Livestock biodiversity and sustainability. *Livestock Science*, 139: 69-79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.016>.

IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, Japan.

IPCC. 2007. Technical summary. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York. 19–91.

INEGI. 2000. Síntesis geográfica, nomenclatura y anexo cartográfico del Estado de México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, DF.

Jones, D.B. 1931. Factors for converting percentages of nitrogen in foods and feeds into percentages of protein. USDA Circ. 183: 1-21

Krishnamoorthy, V., Soller, H., Steingass, H., Menke, K.H. 1991. A comparative study on rumen fermentation of energy supplements in vitro. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 65: 28-35.

Lean IJ, Rabiee AR, Duffield TF, Dohoo IR. 2009. Invited review: use of meta-analysis in animal health and reproduction: methods and applications. Journal of Dairy Science, 92: 3545–3565.

Makkar, H.P.S. 2013. Towards sustainable animal diets. In Proceedings of the FAO Symposium optimization of feed use efficiency in ruminant production systems. Vol. 16. pp. 67–74. Rome. FAO. 121 pp.

Makkar, H.P.S., & Ankers, P. 2014. Towards sustainable animal diets: A surveybased study. Animal Feed Science and Technology, 198: 309–322.

Makkar, HPS 2017. Review: feed demand landscape and implications of food-not feed strategy for food security and climate change. *Animal* (doi:10.1017/S175173111700324X, Published online 4 December 2017.

Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., Schneider, W. 1979. 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. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 93: 217–222.

Montoya-Flores, M.D., Molina-Botero, I.C., Arango, J., Romano-Muñoz, J.L., Solorio-Sánchez, F.J., Aguilar-Pérez, C.F., et al., 2020. Effect of Dried Leaves of *Leucaena leucocephala* on Rumen Fermentation, Rumen Microbial Population, and Enteric Methane Production in Crossbred Heifers. *Animals*, 10, 300.

NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*, Washington, DC: The National Academies Press. 3-27.

Ponnampalam, E.N., Hopkins, D.L., Bekit, A. 2014. Predicting color and flavor stabilities of meat from pre-slaughter assessments. Final report. Project Number A.MQA.006. North Sydney, NSW, Australia: Meat & Livestock Australia Limited.

R, C.T. 2016. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R: A Language and Environment for Statistical Computing.

Ramin, M., Huhtanen, P. 2013. Development of equations for predicting methane emissions from ruminants. *Journal Dairy Science*, 96(4): 2476–2493. doi:10.3168/jds.2012-6095

Ripple, W.J., Smith, P., Haberl, H., Montzka, S.A., McAlpine, C., Boucher, D.H. 2014. Ruminants, climate change and climate policy. *Nature Climate Change*, 4: 2–5. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2081>.

Robles Jimenez, L. E., Angeles Hernandez, J. C., Osorio Avalos, J., Li, X., Atwill, E. R., Castelan Ortega, O., & Gonzalez Ronquillo, M. 2019. Veterinary Antibiotics in Animal Diet: Effects on Waste/Environment. Reference Series in Phytochemistry, 1775–1792. doi:10.1007/978-3-319-78030-6_41

Ryschawy, J., Dumont, B., Therond, O., Donnars, C., Hendrickson, J., Benoit, M., & Duru, M. 2019. Review: An integrated graphical tool for analyzing impacts and services provided by livestock farming. *Animal*, 1–13.

SAS, Statistical Analysis System Institute. 2002. Statistical Analysis System Institute Inc. SAS/STAT User's Guide, Cary, North Carolina, U.S.A.

Shaver, R. 2006. Corn silage evaluation: MILK 2000 challenges and opportunities with MILK 2006. <http://www.uwex.edu/ces/dairynutrition/documents/milk20062.pdf>. 12-09-2017

Schwarzer G. 2016. Meta: general package for meta-analysis. *R News*. 7:40–45.

Scholtz, M.M., Maiwashe, A., Naser, F.W.C., Theunissen, A., Olivier, W.J., Mokolobate, M.C. & Hendriks, J., 2013. Livestock breeding for sustainability to mitigate global warming, with the emphasis on developing countries. *South African Journal of Animal Science*, 43: 269-281.

Soussana, J.F. 2014. Research priorities for sustainable agri-food systems and life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 73: 19–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.061>.

Tejada, I. 1992. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Ed. Sistema de Educación Continua en Producción Animal A.C. México DF.

Theodorou, M. K., Williams, B. A., Dhanoa, M. S., McAllan, A. B., and France J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48: 185-197

Tilman, D., Clark, M. 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature* 515: 518–522. <http://dx.doi.org/10.1038/nature13959>.

Van Soest, P.J. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.

Wallis De Vries, M.F. 1995. Estimating Forage Intake and Quality in Grazing Cattle: A Reconsideration of the Hand-Plucking Method. *Journal Range & Management*, 48: 370-375.