

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



“Elaboración de una base de datos sobre el efecto de la alimentación con *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) sobre el consumo, digestibilidad y desempeño productivo en rumiantes en los trópicos”

POR:

Kennia Julissa Ramírez Lovo

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Ingeniero Agrónomo

Ciudad universitaria, julio del 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



“Elaboración de una base de datos sobre el efecto de la alimentación con *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) sobre el consumo, digestibilidad y desempeño productivo en rumiantes en los trópicos”

POR:

Kennia Julissa Ramírez Lovo

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Ingeniero Agrónomo

Ciudad universitaria, julio del 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

LIC. M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO.

SECRETARIO GENERAL DE LA UES

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO

Ph.D. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

JEFA DEL DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

ING. M.Sc. BLANCA EUGENIA TORRES DE ORTÍZ.

DOCENTES DIRECTORES

DR. JOAQUÍN MIGUEL CASTRO MONTOYA

ING. AGR. CARLOS ENRIQUE RUANO IRAHETA

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION

ING. AGR. CARLOS ENRIQUE RUANO IRAHETA.

AGRADECIMIENTOS

A Dios principalmente, por guiarme y no dejarme sola, por su infinito amor, y por darme la fortaleza para seguir adelante cuando sentí que no podía.

A mi madre Laura Lila Lovo Rivas, por creer en mi sin importar cuál fuese el desafío en el que me encontrase, por apoyarme siempre y darme todo lo que le ha sido posible en esta vida, ¡Gracias por convertirme en lo que soy! ¡Te Amo!

A mi hermano Fernando Antonio Ramírez Lovo, por ayudarme a crecer como persona y acompañarme a lo largo de mi vida.

A mis primas Violeta de Valle, Esther Valle, y Marlene Peña, por estar presentes en todo momento a lo largo de mi vida, ¡gracias por su apoyo incondicional!

A Jennifer Gonzáles, por darme su amistad sincera por más de 15 años, porque, aunque nuestros destinos tomaron rumbos diferentes, sigue estando presente.

A mi asesor, el Dr. Joaquín Castro Montoya, a quien me gustaría expresar mi agradecimiento, por haberme aceptado en su proyecto, por darme la oportunidad de seguir aprendiendo, por su apoyo y paciencia a lo largo del desarrollo de esta investigación, a quien brindo mi amistad plena, ¡gracias por su disposición en mi formación como profesional!

A mis compañeros con quienes a lo largo de toda mi carrera compartí muchas experiencias, y a los amigos que la universidad me deja: Marvin Rivera, Jessica Pérez, Fátima Castro, Cristián Mendoza, Dennis Aquino, Elizabeth Orellana, y Jennifer Cortés; llevaré en mi mente siempre, cada momento compartido junto a ustedes.

A uno de los docentes que siempre me brindó su ayuda cada vez que la necesite, el Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes, a quién brindó mi amistad sincera.

Y a todas las personas que de una u otra manera me ayudaron y fueron parte de este viaje durante mi carrera, que es imposible mencionarlos a todos, pero tengo la certeza que los llevaré en mi memoria con un grato recuerdo.

Kennia Julissa Ramírez Lovo

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón:

A Dios por darme la fortaleza para poder culminar mi carrera universitaria.

A mi madre quien es mi razón de ser y el mayor motivo que tengo para seguir adelante....
¡Gracias madre, es mucho lo que tengo que agradecerte!, nunca podré pagarte todo lo que me has dado. ¡Te amo con todo mi ser!

A mis abuelos: Fernando Antonio Lovo (E.P.D) y Martina Rivas de Lovo (E.P.D), por quienes habría dado cualquier cosa a cambio de tenerlos conmigo en este momento tan especial, pero sé que desde el cielo me cuidan e iluminan para seguir adelante.

A toda mi familia a quienes agradezco por sus palabras de aliento, que me impulsan a seguir luchando y nunca rendirme.

Kennia Julissa Ramírez Lovo

2. RESUMEN

Las altas temperaturas, la humedad y radiación solar relativamente alta, son solo algunas de las condiciones desfavorables a las que se enfrenta el ganado en los trópicos, que inciden en su crecimiento, fertilidad, consumo y desempeño; sumado a que la alimentación en los trópicos mayormente se basa en el uso de pastos de mala calidad, debido a que estos en la época seca se ven comprometidos en cuanto a calidad y cantidad, disminuyendo su contenido de nitrógeno y carbohidratos, volviéndose más fibroso y menos digestibles para el ganado; de modo que se vuelve necesaria la búsqueda de nuevas alternativas para la alimentación del ganado. Por ello este estudio tuvo como objetivo el analizar el efecto que produce el uso de *Leucaena leucocephala* sobre el consumo, digestibilidad y desempeño productivo en rumiantes; realizado en las instalaciones de la Escuela de Posgrado y Educación Continua, de la Facultad de Ciencias Agronómicas en un periodo de seis meses; recopilando documentos científicos de diferentes investigaciones con el gestor de referencias bibliográficas Zotero, extrayendo la información de importancia para el estudio en una base de datos previamente diseñada, para luego explorarla y analizarla con apoyo de tablas dinámicas y gráficos. De los resultados obtenidos conviene enfatizar que *Leucaena leucocephala* es la especie más utilizada en las investigaciones evaluadas, siendo la especie que posee mayor contenido de proteína cruda (CP); la *Leucaena* fue proporcionada mayormente en follaje seco y fresco; el contenido de proteína cruda y fibra detergente ácido (ADF) fue mayor en follaje fresco, en cambio el contenido de fibra neutro detergente (NDF) y lignina detergente ácido fue más elevado en heno; los rumiantes mayormente usados en los estudios fueron cabras en crecimiento y ovejas adultas; en cuanto al consumo, los bovinos consumieron más materia seca que las ovejas y cabras, sin embargo, se observó que en niveles de inclusión elevados (>50%), el consumo disminuyó en los bovinos, siendo la especie más susceptible a niveles de inclusión altos de esta leguminosa; de la dieta ofrecida las cabras demostraron ser más eficaces en cuanto a la digestión de los nutrientes; la eficiencia alimenticia en las tres especies evidenció que está en función del consumo de materia seca, el tamaño corporal y el nivel de producción del animal, dado que los bovinos fueron menos eficientes que las cabras y ovejas, debido a que necesitan consumir más materia seca para ganar en 1kg de peso vivo. Finalmente se concluyó que *Leucaena* en condiciones tropicales constituye una alternativa para la alimentación animal, que influye de diversas formas sobre el consumo de alimento, la digestión y el desempeño productivo del ganado bovino, ovino y caprino.

Palabras clave: base de datos, investigaciones, los trópicos, *Leucaena leucocephala*, rumiantes, consumo, digestibilidad, desempeño productivo.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA	ii
2. RESUMEN.....	iii
3. INTRODUCCIÓN.....	1
4. MARCO TEÓRICO	2
4.1. Alimentación y nutrición del ganado	2
4.1. Componentes importantes en la dieta	3
4.1.1. Materia seca.....	3
4.1.2. Proteína.....	3
4.1.3. Energía.....	4
4.1.4. Agua.....	5
4.2. <i>Leucaena leucocephala</i>	6
4.2.1. Descripción.....	6
4.2.2. Características agronómicas.....	6
4.2.3. Usos	7
4.2.4. Ventajas.....	7
4.2.5. Desventajas.....	8
4.2.6. Composición química	8
4.2.7. Como alimento para el ganado.....	9
5. MATERIALES Y MÉTODOS	11
5.1. Metodología de estudio	11
5.2. Metodología de gabinete	11
5.2.5. Metodología descriptiva.....	13
6. RESULTADOS	14
6.1. Recuento de los estudios realizados en los trópicos.....	14
6.2. Especies de <i>Leucaena</i> utilizadas en los estudios	14
6.3. Calidad de la <i>Leucaena</i> de acuerdo al sitio de realización del estudio	15
6.4. Estados físicos de la <i>Leucaena</i> ofrecida en la dieta de los rumiantes	15
6.5. Composición química de <i>Leucaena</i> en diferentes estados físicos	16
6.6. Estado fisiológico de los rumiantes.....	16
6.7. Consumo de materia seca y nitrógeno, en relación al gasto de energía.....	17
6.8. Consumo de materia seca de acuerdo a la proporción de <i>Leucaena</i> en la dieta.	18
6.9. Consumo de nitrógeno (NI) de acuerdo a la proporción de <i>Leucaena</i> en la dieta.....	20

6.10.	Composición química de la dieta en relación a la proporción de <i>Leucaena</i>	21
6.11.	Digestibilidad de nutrientes en ovejas, cabras y bovinos.....	23
6.12.	Eficiencia alimenticia.....	23
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	25
7.1.	Especies de <i>Leucaena</i> utilizadas en los estudios.....	25
7.2.	Calidad de la leucaena de acuerdo al sitio de realización del estudio	25
7.3.	Estados físicos y composición química de la <i>Leucaena</i> ofrecida en la dieta de los rumiantes	25
7.4.	Estado fisiológico de los rumiantes	26
7.5.	Consumo de materia seca y nitrógeno, en relación al gasto de energía.....	27
7.6.	Consumo de materia seca de acuerdo a la proporción de <i>Leucaena</i> en la dieta.....	28
7.7.	Consumo de nitrógeno de acuerdo a la proporción de <i>Leucaena</i> en la dieta.....	29
7.8.	Composición química de la dieta en relación a la proporción de <i>Leucaena</i>	30
7.9.	Digestibilidad de nutrientes en ovejas, cabras y bovinos.....	31
7.10.	Eficiencia alimenticia	32
7.11.	COMPETENCIAS.....	33
8.	CONCLUSIONES.....	34
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	36
11.	ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Clasificación taxonómica de <i>Leucaena leucocephala</i>	6
Cuadro 2.	Valores generales que describen la composición nutritiva (%) de 53 accesiones de <i>Leucaena</i>	9
Cuadro 3.	Consumo promedio de materia seca y nitrógeno, y el gasto energía metabólica en ovejas según el estado fisiológico.	17
Cuadro 4.	Consumo promedio de materia seca y nitrógeno, y el gasto energía metabólica en cabras según el estado fisiológico.....	17
Cuadro 5.	Consumo promedio de materia seca y nitrógeno, y el gasto energía metabólica en bovinos según el estado fisiológico.	18
Cuadro 6.	Competencias adquiridas en la investigación.....	29
Cuadro A-1.	Base de datos diseñada para la extracción de información de los estudios.	

¡Error! Marcador no definido.

Cuadro A-2. Composición química de heno de pasto Rhodes (<i>Chloris gayana</i>) y Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>) variedad. Redlands y Wondergraze	42
Cuadro A-3. Ejemplo del diseño de figuras descriptivas con tablas dinámicas en Microsoft Excel.....	43
Cuadro A-4. Existencias de ganado caprino en los continentes americano, asiático, oceánico africano.....	48
Cuadro A-5. Existencias de ganado ovino en los continentes americano, asiático, oceánico africano.....	48
Cuadro A-6. Existencias de ganado bovino en los continentes americano, asiático, oceánico y africano.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración de la digestión de proteínas y absorción en rumiantes.....	4
Figura 2. Requerimientos típicos de agua (L/d) para animales de carne (CMS=ingesta de materia seca).....	5
Figura 3. Hojas, flores y vaina de Leucaena.	6
Figura 4. Ubicación del lugar de desarrollo de la investigación	11
Figura 5. Mapa con el recuento de los estudios realizado en el trópico.....	14
Figura 6. Frecuencia de las especies de Leucaena utilizadas en los estudios evaluados	14
Figura 7. Comparación categórica de los nutrientes de la Leucaena: PC (proteína cruda), FND (fibra neutro detergente), FDA (fibra detergente ácido) y LDA (lignina detergente ácida), de la Leucaena, de acuerdo al continente de procedencia.....	15
Figura 8. Frecuencia de los diferentes estados físicos de la Leucaena ofrecida en la dieta del ganado, de los estudios evaluados.	15
Figura 9. Comparación categórica promedio de los nutrientes de la Leucaena: PC (proteína cruda), FND (fibra neutro detergente), FDA (fibra detergente ácido) y LDA (lignina detergente ácida), de Leucaena en diferentes estados físicos. ...	16
Figura 10. Comparación categórica del estado fisiológico y las especies rumiantes utilizadas en los estudios.....	16
Figura 11. Relación entre el consumo de materia seca (MS) (kilogramos/día) y la proporción (%) de Leucaena incluida en la dieta de las ovejas.....	18
Figura 12. Relación entre el consumo de materia seca (MS) (kilogramos/día) y la proporción (%) de Leucaena incluida en la dieta de las cabras.	19

Figura 13. Relación entre el consumo de materia seca (MS) (kilogramos/día) y la proporción (%) de Leucaena incluida en la dieta de los bovinos.....	19
Figura 14. Relación entre el consumo de nitrógeno (kilogramos/día) y la proporción de Leucaena incluida en la dieta de las ovejas.....	20
Figura 15. Relación del consumo de nitrógeno (kilogramos/día) de acuerdo a la proporción de Leucaena incluida en la dieta de las cabras.....	20
Figura 16. Relación del consumo de nitrógeno (kilogramos/día), de acuerdo a la proporción de Leucaena incluida en la dieta de los bovinos.	21
Figura 17. Promedio del contenido de proteína cruda (PC) en la composición total de la dieta, en relación a la proporción de Leucaena.	21
Figura 18. Promedio del contenido de fibra neutro detergente (NDF) en la composición total de la dieta, en relación a la proporción de Leucaena.	22
Figura 19. Promedio del contenido de fibra detergente ácido en la composición total de la dieta, en relación a la proporción de Leucaena.	22
Figura 20. Comparación categórica de los parámetros de digestibilidad, CP (proteína cruda), FND (fibra neutro detergente), FDA (fibra detergente ácido) y LDA (lignina detergente ácido), en ovejas, cabras y bovinos.....	23
Figura 21. Comparación categórica de la eficiencia alimenticia (gramos materia seca/gramos aumento de peso vivo), en bovinos, cabras y ovejas.	23
Figura 22. Comparación categórica de las especies rumiantes utilizadas, según el continente de procedencia del estudio analizado.....	24
Figura A-1. Gestor de referencias bibliográficas utilizado para guardar los links de los documentos utilizados en esta investigación.	44
Figura A-2. Relación del contenido de FDN con el consumo y energía en dietas para ganado.....	44

ÍNDICE DE ANEXOS

A-1. Ejemplo de cálculo para la composición química de cada tratamiento.....	45
A-2. Ejemplo de cálculo para obtener el porcentaje de inclusión de cada ingrediente en la dieta.....	45

3. INTRODUCCIÓN

Los trópicos son la región de la tierra comprendida entre los paralelos denominados trópico de cáncer en el hemisferio boreal, y trópico de capricornio en el austral, equidistantes del ecuador, situados a 23° 27' de latitud norte y sur respectivamente (UN 2022).

El ganado en el trópico está expuesto a altas temperaturas, a una humedad y fuente de radiación solar relativamente alta, a los que se añaden otros factores muy importantes como lo son la nutrición; estas condiciones no sólo afectan la producción lechera, sino también el normal crecimiento y fertilidad de estos animales (FAO 1999).

Por lo que la ganadería tropical debe basar la alimentación en el uso intensivo de los pastos y forrajes, ya que estos pueden producir a bajo costo una parte sustancial de los nutrimentos requeridos por el hato (CINA 2016); con la creciente demanda de carne y otras fuentes de proteína animal, existe la necesidad de aumentar la producción de alimentos y la productividad de cada hectárea de tierra sin degradar los recursos naturales para satisfacer la demanda de una población cada vez más numerosa (Aganga y Tshwenyane 2003, Rodríguez 1991), por lo que es imprescindible buscar nuevas alternativas para cumplir los requerimientos nutricionales, y lograr una buena transformación en productos como carne y leche.

Actualmente se dispone de mezclas entre gramíneas y leguminosas, sistemas de silvopastoreo, con suplementos que permiten no solo recuperar lo perdido por el animal, sino incrementar su producción (Perdomo *et al* ,2017); a diferencia de las gramíneas, las leguminosas tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, y por lo general, son de mucha mejor calidad y duran más en la temporada seca que los pastos (MLA 2026), ayudan a disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados, se emplean como sombra en sistemas silvopastoriles y también se utilizan como “banco de proteína” (UNAM 2017).

Leucaena leucocephala se destaca como una leguminosa de gran perspectiva para el trópico (Machado *et al* , 1978), por presentar una amplia distribución geográfica, rápida adaptación a condiciones contrastantes de clima y suelo y elevada calidad de biomasa (Medina *et al* , 2007) es una planta forrajera que le brinda a los animales las proteínas necesarias para su desarrollo (Dueñas *et al.*, 2020).

Este trabajo de investigación busca analizar el efecto que produce el uso de *Leucaena leucocephala* sobre el consumo, digestibilidad y desempeño productivo en rumiantes; para ello se diseñó una base de datos con los resultados de diversos estudios que fundamentan el uso de leucaena en la alimentación para rumiantes, reconociendo el aporte nutricional como fuente de forraje y proteína.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Alimentación y nutrición del ganado

La alimentación de los bovinos en el trópico depende casi exclusivamente de pastos, y estos muestran una irregular oferta durante cierta época del año. En la época de lluvias pueden resultar satisfactorios para una producción de carne de 500 a 750 gramos/día y de leche hasta 10 litros/día, sin embargo, durante la estación seca su calidad y cantidad se ve seriamente comprometida, constituyendo un material altamente fibroso y pobre en nitrógeno, de tal forma que los animales en crecimiento pierden peso y las vacas lactantes reducen su producción a valores inferiores a 5 litros/día (Minson 1990 y Shirley 1986).

En las zonas tropicales con animales en pastoreo, se ha evidenciado que no existe un aprovechamiento óptimo de las pasturas, debido principalmente a las características propias de estas, pues son menos nutritivas que en otras zonas, ya que su estructura tiene una densidad menor de hojas verdes que incide en el aprovechamiento de la cosecha por parte del animal, ocasionando bajo consumo de proteína y energía digestible, y por factores medio ambientales que conllevan a una baja exposición solar y la alta humedad, que obligan a los animales a consumir el alimento en las horas nocturnas (Perdomo *et al*, 2017).

Se considera la nutrición como una variable importante por la magnitud del efecto que causan tanto las deficiencias, como los desequilibrios nutricionales, con el fin de mejorar las pautas de manejo de los animales a nivel de hato (Ferguson y Chalupa 1987).

Los nutrientes son necesarios para el mantenimiento del cuerpo, la actividad física, el crecimiento, la producción de leche, la reproducción y la salud; los requerimientos de nutrientes del ganado cambian con la edad, la etapa de producción, el sexo, la raza, las condiciones ambientales, la calidad y cantidad de la dieta basal (OSU *et al*, 2020, HCC 2006).

La infertilidad nutricional es especialmente importante en animales mantenidos en condiciones adversas o ambientales desfavorables, como en condiciones climáticas extremas y de baja disponibilidad y calidad del alimento (Clara 2001); el ganado tiene un requerimiento diario de una cierta cantidad de nutrientes específicos como proteína, calcio y vitamina A, energía, minerales y agua (OSU *et al*, 2020, UNAM 2012). La concentración necesaria de estos nutrientes en la dieta (para cumplir con el requerimiento del animal) se determina luego por la cantidad de alimento consumido (OSU *et al*, 2020).

4.1. Componentes importantes en la dieta

4.1.1. Materia seca

La materia seca es lo que queda después de que se evapora toda el agua de un alimento, es un indicador de la cantidad de nutrientes que están disponibles para el animal en un alimento en particular. El pasto fresco tiene un alto contenido de agua y tendrá un porcentaje más bajo de materia seca que un peso equivalente de alimento seco, como heno o grano (CCOF 2020).

La cantidad de alimento a considerar al calcular la ración, así como el contenido de nutrientes se pueden expresar sobre la base de materia seca (MS), secado al aire, o como se le administre al ganado; basándose en materia seca varía en base a diversos factores, proporcionándose en términos generales 3% cuando el alimento es un heno de buena calidad 2.2-2.5 % si se trata de ensilaje de maíz y 1% para pajas (UNAM 2012).

El ganado necesita consumir una cierta cantidad de materia seca por día para mantener la salud y la producción La ingesta de materia seca (MS) está influenciada por una serie de factores diferentes. Algunas de las variables más importantes incluyen el peso del animal, la condición corporal, la etapa de producción, el nivel de producción de leche, la calidad del forraje, la cantidad y el tipo de suplemento o alimento proporcionado, así como las condiciones ambientales (OSU *et al*, 2020).

4.1.2. Proteína

Las proteínas son grandes unidades formadas por cientos de aminoácidos, los aminoácidos a su vez son compuestos orgánicos o que contienen carbono que también contienen nitrógeno, oxígeno y a veces azufre. Los animales consumen proteínas en sus dietas, luego utilizan los aminoácidos para la síntesis de músculos, proteínas sanguíneas y otros componentes del cuerpo; en los rumiantes los microorganismos (bacterias y protozoos) descomponen la mayoría de las proteínas de la dieta e incorporan el nitrógeno y los aminoácidos en su propio tejido corporal (OSU *et al*, 2020).

La proteína viene en dos formas dependiendo de si puede ser degradada por la microflora en el rumen o no; la proteína degradable es descompuesta por la microflora en aminoácidos que son utilizados por la microflora para el crecimiento y la reproducción. Cuando la microflora muere, deja el rumen y puede digerirse y absorberse en el estómago y el intestino delgado del ganado para cumplir con sus requisitos de aminoácidos, que son los componentes básicos del músculo y la proteína de la leche (figura 1). Entonces el animal se beneficia indirectamente de la proteína degradable en el rumen. La proteína no degradable del rumen se puede usar directamente cuando ingresa al intestino delgado, donde es digerida y absorbida por las propias enzimas digestivas del animal (HCC 2006).

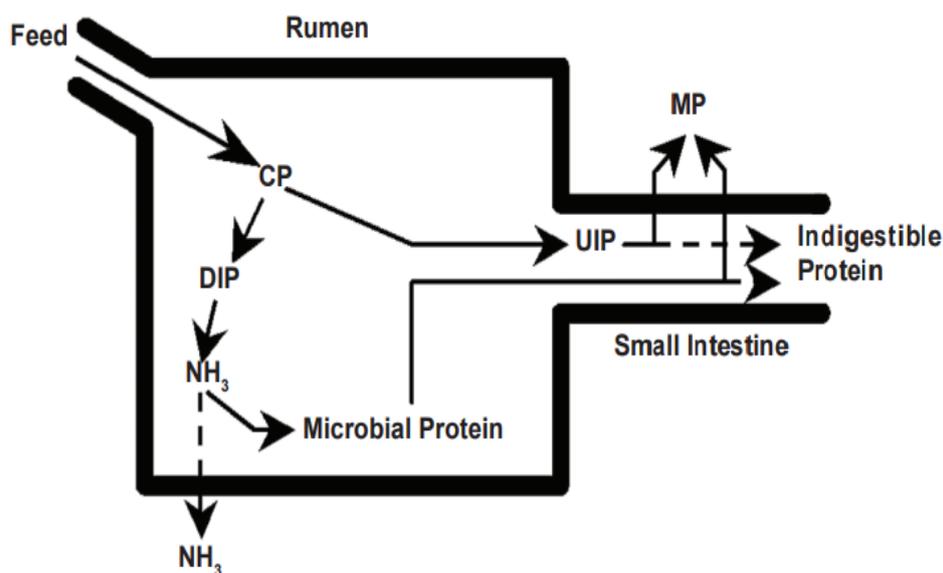


Figura 1. Ilustración de la digestión de proteínas y absorción en rumiantes.

Fuente. Tomado de OSU *et al*, 2020:4.

4.1.3. Energía

La transformación de una forma de energía a otra por organismos vivos se denomina bioenergética; la unidad básica de la energía calórica es la caloría (cal) referida en nutrición como caloría pequeña y se define como la cantidad de calor requerido para elevar un grado Celsius a un gramo de agua, midiéndose de 14.5-15.5° C al nivel del mar (UNAM 2012).

En nutrición animal, el valor energético de los alimentos, raciones y requerimientos del ganado comúnmente se expresa en total de nutrientes digestibles (TND), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM), energía neta para mantenimiento (ENm), energía neta para producción (ENp), y energía neta para lactación (ENL) (UNAM 2012).

La vaca requiere energía para pastar, viajar, desarrollo fetal, producción de leche, mantenimiento de la temperatura, reproducción, digestión y evacuación de desechos corporales. Además, las vaquillas de primer y segundo parto requieren energía adicional para crecer hasta que maduran alrededor de los 4 años de edad. La mayor parte de la energía para el pastoreo del ganado proviene de la digestión ruminal de forrajes y productos de fibra. Con cantidades adecuadas de proteínas y minerales, el rumen es capaz de obtener energía de una amplia gama de alimentos que son útiles para los no rumiantes (OSU *et al*, 2020).

La disponibilidad de energía es una de las mayores limitantes nutricionales para los bovinos alimentados en condiciones tropicales. La energía utilizada por los animales es obtenida de los alimentos por procesos digestivos y metabólicos. Debido a que la energía es esencial para sustentar todos los procesos vitales, su deficiencia se manifiesta en retraso del

crecimiento, falla reproductiva y pérdidas en las reservas corporales, generando disminución en la productividad animal (Cuartas *et al*, 2013).

La eficiencia en la utilización energética está dada por la relación entre la energía retenida en forma de producto (carne, leche, lana, pelo, etc.) respecto de la contenida en los alimentos que consumen los animales. Esa eficiencia puede variar según la composición de la dieta, la composición de la ganancia de peso (tasa de reposición de proteína y grasa), grupo genético, ganancia diaria de peso promedio, el ambiente y el estado fisiológico de los animales (Cuartas *et al*, 2013).

4.1.4. Agua

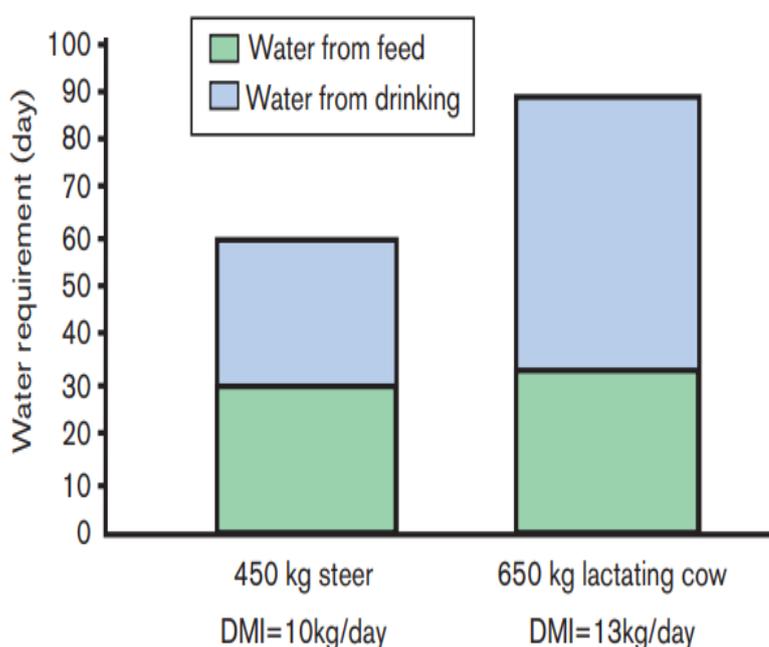


Figura 2. Requerimientos típicos de agua (L/d) para animales de carne (CMS=ingesta de materia seca).

Fuente. Tomado de HCC 2006:12.

El agua es el nutriente principal y más esencial para todos los animales; el ganado requiere entre 5 y 7 litros de agua por kg de materia seca consumida, un animal grande necesita normalmente de 75 a 100 litros de agua por día y aún más en época calurosa (figura 2). Se estima que la producción de 1 litro de leche necesita 10 litros de agua. Por lo tanto, la escasez de agua para el animal afectará la producción de leche (HCC 2016, Singh 2021).

4.2. *Leucaena leucocephala*

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Leucaena leucocephala*

Clasificación taxonómica	
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Genero	<i>Leucaena</i> Benth
Especie	<i>leucocephala</i>

Fuente. Elaborado con base en USDA 2017.

4.2.1. Descripción

La clase Magnoliopsida a la que pertenece *Leucaena*, se caracterizan por ser plantas dicotiledoneas (cuadro 1); *Leucaena leucocephala*, es un arbusto o árbol de larga vida sin espinas que puede alcanzar una altura de 7 a 18 m. las hojas son bipinnadas con 6-8 pares de pinnas con 11-23 pares de folíolos de 8-16 mm de largo. La inflorescencia es de forma globular de color crema que produce un racimo de vainas marrones planas de 13 a 18 mm de largo que contienen de 15 a 30 semillas (figura 3) (Shelton, y Brewbaker, 1994).

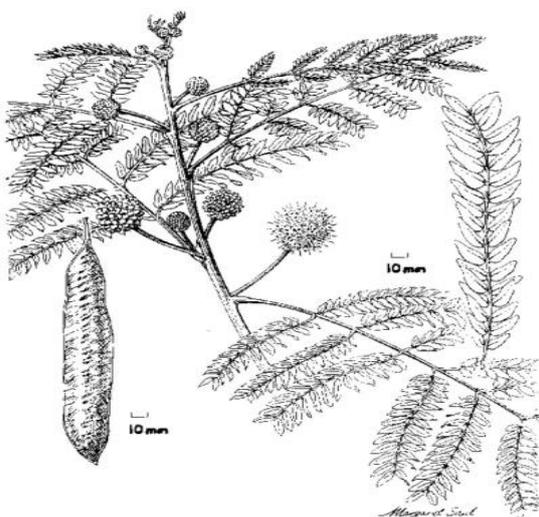


Figura 3. Hojas, flores y vaina de *Leucaena*.

Fuente. Tomado de Shelton y Brewbaker 1994:3.

4.2.2. Características agronómicas

Leucaena es un árbol arbustivo perenne de raíces profundas que requiere suelos profundos, bien drenados, neutros a calcáreos; crece en una amplia variedad de tipos de suelos, incluidos suelos levemente ácidos (pH > 5. 2). se adapta bien a suelos arcillosos y requiere niveles altos de fósforo y calcio para un mejor crecimiento (Aganga y Tshwenyane

2003). Crece de manera pobre en suelos compactados, en sitios con drenaje impedido o en oxisoles ácidos y pobres en calcio; es una especie de tierras bajas, que por lo general no crece bien arriba de los 500 m entre las latitudes 10° y 25°, como tampoco arriba de los 1000 m entre 10° de latitud del ecuador (Parrotta 1992).

Los rendimientos de follaje pueden mantenerse entre 6 a 8 t MS ha⁻¹ corte, cuando la altura de corte se mantiene entre 50 a 70 cm de altura (López- Vigoa *et al*, 2017).

La *Leucaena* puede soportar una frecuencia de cosecha de 30 a 40 días, sin embargo, con cosecha por corte total de la planta, la frecuencia de cosecha es de 180 días o mayor para mantener el rendimiento por corte y supervivencia de las plantas (Cassanova-Lugo *et al*, 2010).

4.2.3. Usos

Tiene una amplia variedad de usos; en primer lugar, las hojas de *Leucaena* son muy nutritivas para los rumiantes; en segundo lugar, se puede utilizar en sistemas de cultivo, como control de la erosión en pendientes pronunciadas y como forma de cultivo en hileras en el que el follaje se utiliza como cobertura en el suelo.

Leucaena es capaz de producir un gran volumen de madera dura mediana a liviana para combustible (gravedad específica de 0,5 a 0,75) con poca humedad y un alto poder calórico, y es un excelente carbón vegetal que produce poca ceniza y humo. Los postes de *Leucaena* son útiles para postes, puntuales y marcos para varios cultivos trepadores. Las variedades de siembra baja se utilizan para dar sombra al cacao y el café (Shelton, y Brewbaker, 1994); también se usa como una planta de ornamento a la orilla de caminos, como árbol de sombra alrededor a la orilla de caminos, rompevientos y barreras contra incendios (Parrotta 1992). Los setos de *Leucaena* son útiles como cortavientos y cortafuegos, estos últimos debido a la supresión del crecimiento de la hierba del sotobosque (Shelton, y Brewbaker, 1994).

Estudios efectuados en plantaciones en áreas industriales en la India con niveles elevados de contaminantes atmosféricos, cloro, y ácido clorhídrico en particular, sugieren que la *Leucaena* tiene una capacidad intermedia para soportar la contaminación severa del aire, si se le compara con otras especies comúnmente plantadas (Parrotta 1992).

4.2.4. Ventajas

Leucaena es una especie altamente palatable para el ganado, pudiendo soportar las altas cargas, además de ser persistente y resistente a la sequía (Machado *et al*, 1978); es capaz de hacer un mejor uso del agua y de los nutrientes del suelo por las características de

profundidad y distribución de sus raíces, puede fijar hasta 300 kg ha⁻¹ de nitrógeno atmosférico, incrementa la producción forrajera por unidad de superficie en praderas naturales y en artificiales que se han degradado, promueve una buena actividad ruminal y una ingestión adecuada del pasto fibroso, especialmente en la época seca (Turcios 2008).

Lejos de comportarse como una especie invasora, la *Leucaena* es una especie de origen mesoamericano que juega un papel clave en la rehabilitación o restauración ecológica de tierras degradadas (FEDEGÁN 2011).

4.2.5. Desventajas

Presenta algunas desventajas como su lento establecimiento y la presencia de mimosina, sustancia que puede provocar intoxicaciones en los animales cuando la consumen en grandes cantidades (Machado *et al*, 1978);

4.2.6. Composición química

4.2.6.1. Composición química de las semillas de *Leucaena*

La semilla es baja en aceite 5.1 % a 10% y rica en proteína 24.5% a 46%. Los granos tienen un contenido de aceite de 11.9% a 15.3% y un contenido de proteína de 52.5% a 66,4%; por lo tanto, los nutrientes se concentran en los granos, que pueden usarse como concentrado para animales lecheros (Poonam y Pushpa 1995).

Las semillas son bastante ricas en aminoácidos esenciales isoleucina, leucina, fenilalanina e histidina. La digestibilidad in vitro del aislado de proteína de *Leucaena* (LPI) es del 76%, del total de aminoácidos libres.

Las semillas contienen un aceite graso oscuro, de color verde a marrón con un rendimiento del 5.1 al 10%, que contiene aproximadamente del 26% al 29% de ácidos saturados. Tienen un contenido total de carbohidratos de aproximadamente 35% al 45% y los azúcares reductores constituyen el 5.2%; al almidón está ausente en varias especies de *Leucaena*.

Contienen altos niveles de calcio y fósforo; varias vitaminas, como tiamina, riboflavina, niacina, betacarotenos y ácido ascórbico (Poonam y Pushpa 1995).

4.2.6.2. Composición química del forraje de *Leucaena*

El follaje de *Leucaena* (foliolo más tallos) contiene tantos nutrientes como forraje, y constituye un alimento casi completo para rumiantes. Su patrón de aminoácidos es comparable con el de la soja y la harina de pescado (Aganga y Tshwenyane 2003).

La composición mineral y el contenido de mimosina de la planta de *Leucaena* varían considerablemente en diferentes especies (cuadro 2). Entre las diversas partes de la planta, las semillas y las hojas inmaduras contienen la mayor cantidad de proteína cruda, y el tallo y las vainas secas la menor cantidad.

El contenido de materia seca se puede encontrar entre el 81.36% y 96.17%, proteína cruda 20.9% a 29.5 %, fibra cruda del 11.84%, esto de acuerdo a la variedad, las condiciones de desarrollo, estado de la planta, entre otros factores que pueden incidir en la composición (Aganga y Tshwenyane 2003).

Cuadro 2. Valores generales que describen la composición nutritiva (%) de 53 accesiones de *Leucaena*.

Variable	Media
Materia seca	23.7
Proteína cruda	25.7
Fibra detergente neutro	46.9
Fibra detergente ácido	26.3
Fibra cruda	18.4
Lignina detergente ácido	10.4
Celulosa	11.4
Calcio	1.89
Fósforo	0.20
Potasio	2.19
Cenizas	7.48
Polifenoles totales	4.20
Taninos precipitantes	2.67
Taninos condensados	3.78
Fósforo fítico	0.07
Mimosina	2.89
Degradabilidad de materia seca	60.2
Degradabilidad de proteína cruda	57.8
Degradabilidad de fibra detergente neutro	44.6

Fuente. Elaborado con base en Hauzé y Tran 2015.

4.2.7. Como alimento para el ganado

Leucaena es bien conocida por su alto valor nutricional, sin embargo, el forraje de *Leucaena* puede ser bajo en sodio y yodo, pero alto en β -caroteno. Los taninos en las hojas y especialmente en los tallos de *Leucaena* reducen la digestibilidad de la materia seca y la proteína, pero aumentan el valor “bypass” de la proteína (Shelton, y Brewbaker, 1994); el alto contenido de proteína cruda en la *Leucaena* en relación con las gramíneas destaca la importancia de mantener cantidades adecuadas de leguminosas con alto contenido de proteína en el pasto y en la dieta (Aganga y Tshwenyane 2003).

La digestibilidad in vitro del forraje de *Leucaena* es similar a la de otras leguminosas y se estima que está en el rango de 50% a 70%. La mimosina tiende a reducir la actividad de

las bacterias celulolíticas, pero en aproximadamente una semana las bacterias del rumen se adaptan y la digestión mejora considerablemente (Poonam y Pushpa 1995), el contenido de mimosina (3-5%) en dietas con más de 50% de *Leucaena* provoca intoxicación en los animales, presentando estas, pérdidas de peso, excesiva salivación, pérdida de pelo y bocio; sin embargo estos síntomas no se presentan cuando la *Leucaena* presenta menos del 30% de la dieta (Machado *et al*, 1978).

La hoja de *Leucaena* es equivalente a la torta de semilla de algodón y superior a la torta de maní cuando se usa en raciones para ganado de engorde (Poonam y Pushpa 1995).

Varios informes muestran que el forraje de *L. leucocephala* podría ser un sustituto de los suplementos proteicos que se alimentan a las vacas lecheras, el ganado lechero produce bien cuando se alimenta con *Leucaena* (Poonam y Pushpa 1995).

Las altas temperaturas disminuyen el contenido de carbohidratos solubles de las plantas, lo que resulta en un mayor contenido de fibra y una menor digestibilidad. La digestibilidad de la materia seca del forraje por parte de los rumiantes es la suma de la digestibilidad de los tejidos componentes afectados por la morfología, la anatomía y la composición química (Aganga y Tshwenyane 2003).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Metodología de estudio

5.1.1. Ubicación del estudio

La pasantía de investigación fue llevada a cabo en un periodo de seis meses, a partir del 29 de julio del año 2022 finalizando el 29 de enero del año 2023. Realizándose en las instalaciones de la Escuela de Posgrado y Educación Continua (13°43'8.95" N y 89°12'3.95" O), de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador (figura 4); final, 25 av. Norte, departamento de San Salvador, El Salvador.



Figura 4. Ubicación del lugar de desarrollo de la investigación

5.1.2. Descripción del estudio

La investigación fue ejecutada en cuatro etapas; la primera etapa consistió en la búsqueda de investigaciones relacionadas a la naturalidad del estudio; la segunda en la depuración y revisión de los mismos; la tercera en la elaboración y diseño de una base de datos en excel y la extracción de los datos de los diferentes estudios; la cuarta en el análisis descriptivo de los resultados obtenidos en la investigación.

5.2. Metodología de gabinete

5.2.1. Búsqueda de información

La búsqueda de la información se realizó en diversos buscadores académicos como Google Scholar, revistas científicas, bibliotecas virtuales y bases de datos como: ScienDirect, Scielo, Elsevier, Redalyc, Animal feed science and technology, Journal of

Dairy Science, Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, Feedipedia, Animal Feed Resources Information System, entre otros.

Para realizar dicha búsqueda se utilizaron ciertos criterios de búsqueda, como los siguientes:

1. Que las investigaciones correspondiesen a los años 2021 y 2022, los datos colectados a partir del año 1968, son una búsqueda previamente realizada por el docente director Dr. Joaquin Castro Montoya
2. Utilización de *Leucaena leucocephala* como forraje
3. Experimentos realizados con bovinos, cabras y ovejas
4. Investigaciones realizadas en los trópicos
5. Estudios en inglés y español
6. Estudios en los que fue medido el consumo de alimento.
legumino

5.2.2. Revisión y depuración de la información

Para la revisión de la información fue necesario instalar el programa “Zotero”, este es un gestor de referencias bibliográficas, el cuál fue útil para recopilar y organizar la información previamente buscada, los documentos científicos fueron almacenados en una carpeta compartida con el docente asesor del proyecto (figura A-1).

Los documentos científicos recopilados en Zotero, fueron revisados, descartando aquellos que no cumplieran con los aspectos requeridos, tales como:

1. No incluían datos de consumo
2. Experimentos que no fueron llevados a cabo en un organismo *in vivo*
3. Experimentos realizados *in vitro*.

5.2.3. Elaboración y diseño de base de datos en Excel

En la herramienta de Microsoft Excel se diseñó una base de datos, en la que se establecieron distintas categorías como el nombre del autor(s) que realizaron los estudios, el año de realización, numero de experimentos, tratamientos, especie de *Leucaena*, características de los animales, composición química de la *Leucaena*, el pasto, concentrado y otros compuestos de las dietas, descripción de la dieta, contribución de nutrientes de cada componente de la dieta y en total, parámetros de consumo, y parámetros de digestibilidad (cuadro A-1).

5.2.4. Extracción de datos

En la base de datos previamente elaborada, para cada una de las investigaciones se extrajeron los datos obtenidos en los resultados de cada uno de los estudios, colocándolos en la base de datos según correspondía.

Algunos datos fue necesario convertirlos a otras unidades para homogeneizar los datos, como la composición química de la Leucaena , los pastos, concentrado y otros ingredientes de la dieta, algunos autores incluyeron dicho análisis en porcentaje; la composición química de la dieta en algunos documentos se encontraba detallada para cada componente de la dieta y no en total para cada tratamiento, dado el caso fue preciso realizar ciertas operaciones numéricas (cuadro A-2 y A-1).

5.2.5. Metodología descriptiva

Se utilizaron tablas dinámicas, una herramienta avanzada para resumir y analizar datos, que permitió hacer comparaciones, para poder observar patrones y tendencias en los datos, por medio del diseño de tablas y gráficos (cuadro A-4) de cada uno de los parámetros evaluados, para tener una mejor comprensión de los datos por separado y en conjunto relacionando diferentes variables entre sí.

6. RESULTADOS

Aquí se presenta un recuento del análisis de los datos extraídos de los diferentes estudios, utilizando figuras y tablas descriptivas.

6.1. Recuento de los estudios realizados en los trópicos

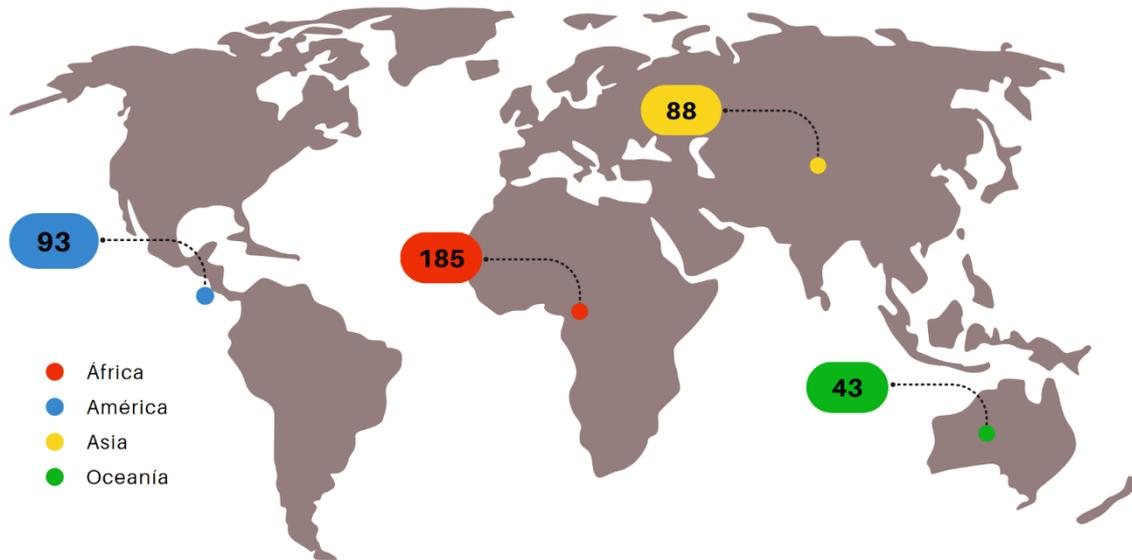


Figura 5. Mapa con el recuento de los estudios realizado en el trópico.

En total se identificaron 405 estudios realizados en los trópicos (figura 5); el mayor número de estudios fue identificado en el continente africano, seguido del continente americano, y en menor número en los continentes asiático y oceánico.

6.2. Especies de *Leucaena* utilizadas en los estudios

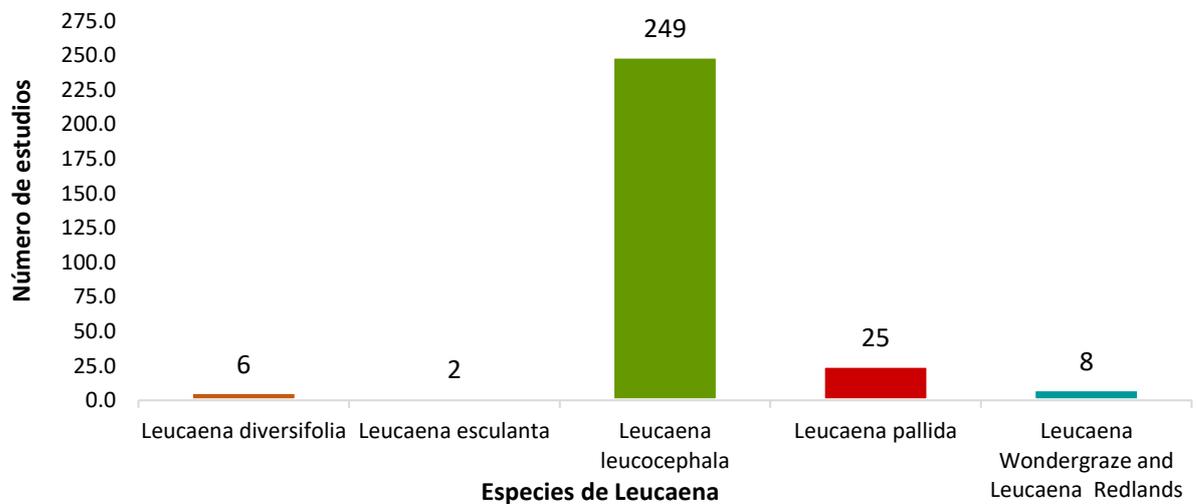


Figura 6. Frecuencia de las especies de *Leucaena* utilizadas en los estudios evaluados.

Se evidencia que de todas las especies de *Leucaena*, *leucocephala* es la más utilizada para estudios en los trópicos, seguida de *L. pallida*, *L. Wordergraze* y *Redlands* (figura 6) estas últimas fueron utilizadas en un mismo estudio.

6.3. Calidad de la Leucaena de acuerdo al sitio de realización del estudio

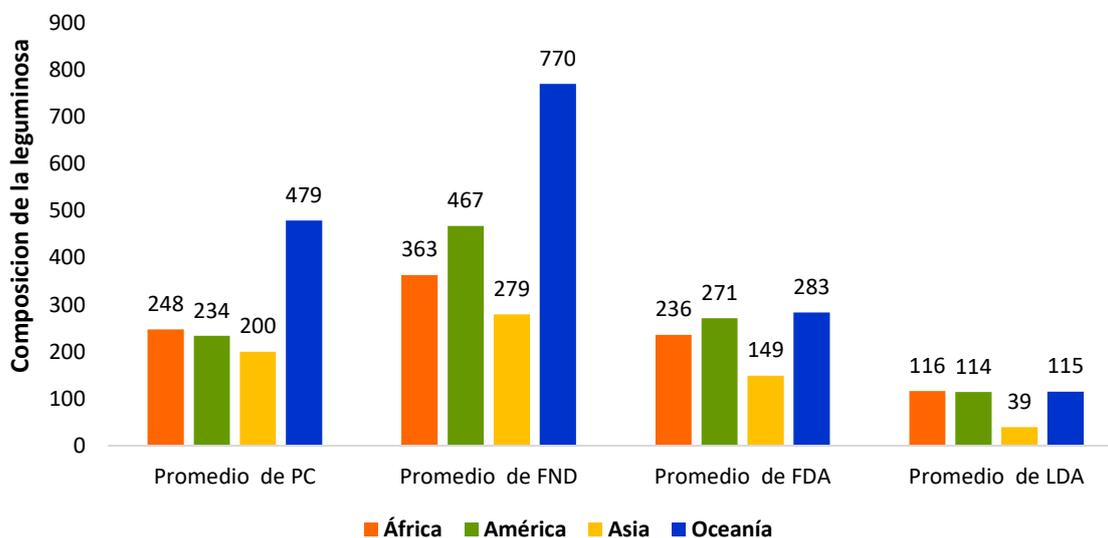


Figura 7. Comparación categórica de los nutrientes de la Leucaena: PC (proteína cruda), FND (fibra neutro detergente), FDA (fibra detergente ácido) y LDA (lignina detergente ácido), de la Leucaena, de acuerdo al continente de procedencia.

Se extrajeron los datos de los análisis de composición química realizados en las investigaciones, demostrando que la calidad de la Leucaena utilizada varió según el sitio de estudio (figura 7), encontrándose los promedios más altos de proteína cruda en Oceanía y los valores más altos de fibra neutro detergente en América, en cuanto a fibra detergente ácido y lignina detergente ácido Asia presenta los valores más altos.

6.4. Estados físicos de la Leucaena ofrecida en la dieta de los rumiantes

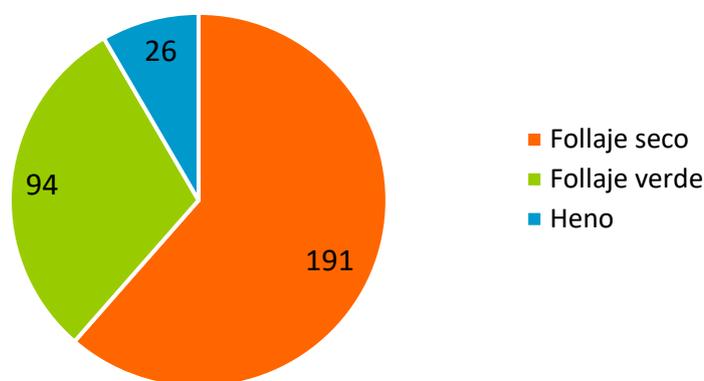


Figura 8. Frecuencia de los diferentes estados físicos de la Leucaena ofrecida en la dieta del ganado, de los estudios evaluados.

La Leucaena utilizada en los estudios fue ofrecida en diferentes estados físicos (figura 8), se observa más comúnmente como follaje seco, y en menor proporción follaje fresco.

6.5. Composición química de Leucaena en diferentes estados físicos

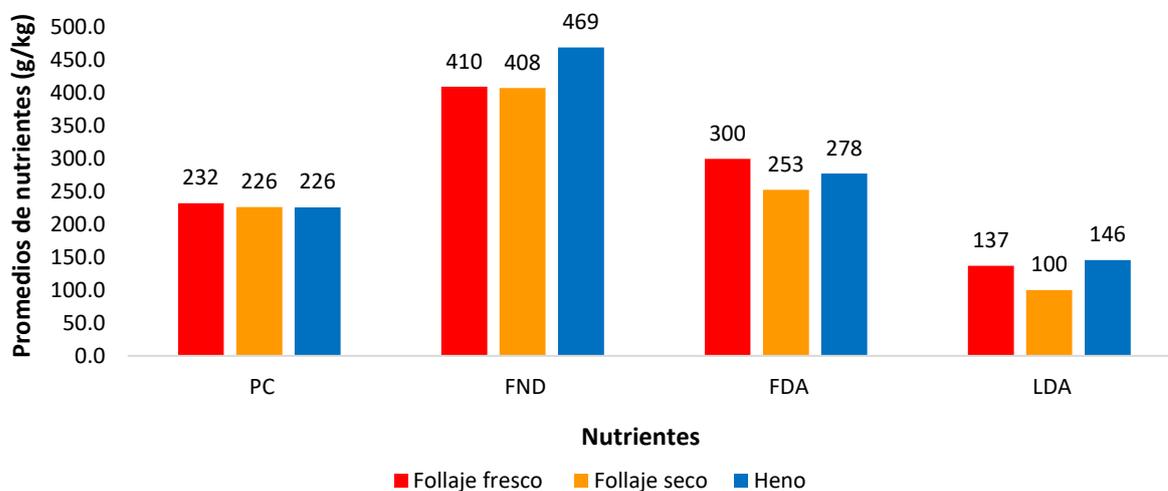


Figura 9. Comparación categórica promedio de los nutrientes de la Leucaena: PC (proteína cruda), FND (fibra neutro detergente), FDA (fibra detergente ácido) y LDA (lignina detergente ácido), de Leucaena en diferentes estados físicos.

De los diferentes estados físicos en los que fue utilizada la Leucaena (figura 9), es evidente que el contenido de proteína cruda es mayor en follaje fresco y ligeramente menor en follaje seco y heno; la fibra neutro detergente y lignina detergente ácido es mayor en heno, pero similar en follaje fresco y seco; la fibra detergente ácido es mayor en follaje fresco.

6.6. Estado fisiológico de los rumiantes

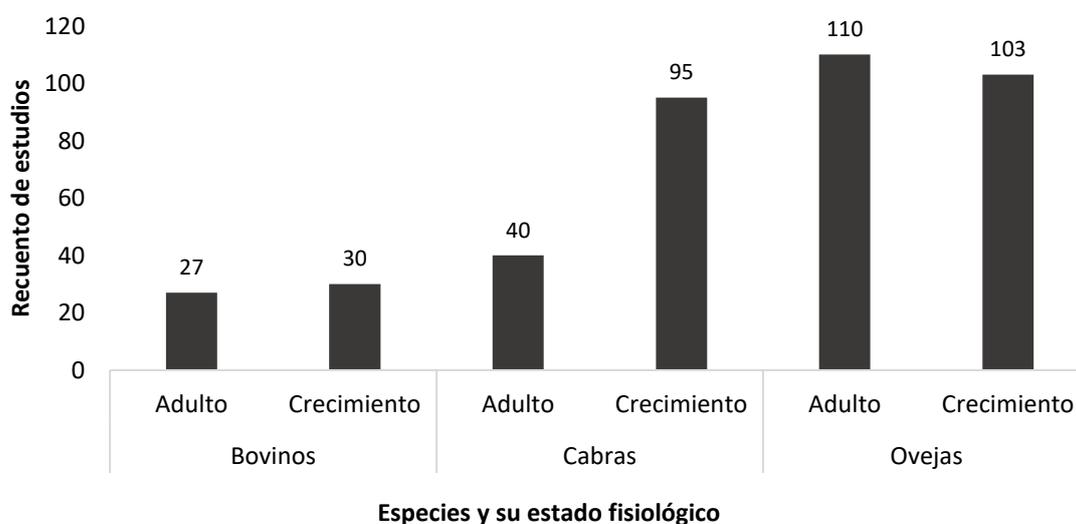


Figura 10. Comparación categórica del estado fisiológico y las especies rumiantes utilizadas en los estudios.

De los estudios analizados, se destaca que existe una tendencia a optar preferiblemente por utilizar rumiantes menores; las ovejas tendieron a ser más utilizadas en estado adulto en los ensayos, seguido de cabras jóvenes, y en menor proporción bovinos en crecimiento y con un número similar animales adultos (figura 10).

6.7. Consumo de materia seca y nitrógeno, en relación al gasto de energía

Cuadro 3. Consumo promedio de materia seca y nitrógeno, y el gasto energía metabólica en ovejas según el estado fisiológico.

Estado fisiológico de las ovejas	Promedio de MS ¹ (g/d)	Promedio de MSI ² _PCM ³ (g/kg ⁴ PC ⁰⁷⁵)	Promedio de NI ⁵ (g/d)	Promedio de NI_PCM ³ (g/kg ⁴ PC ⁰⁷⁵)
Adulto	0.81	60.48	13.53	0.86
Crecimiento	0.66	71.87	11.75	1.31
Total	1.47	66.14	12.67	1.09

¹MS=Materia seca (gramos/día)

⁴PC=peso corporal

²MSI= Materia seca ingerida

⁵NI=nitrógeno (gramos/día)

³PCM=peso corporal metabólico (gramos/kilogramo)

El consumo de materia seca y nitrógeno en ovejas adultas fue mayor que en estado crecimiento y, por el contrario, el peso corporal metabólico utilizado para el gasto de energético fue mayor en ovejas en crecimiento (cuadro 3).

Cuadro 4. Consumo promedio de materia seca y nitrógeno, y el gasto energía metabólica en cabras según el estado fisiológico.

Estado fisiológico de las cabras	Promedio de MS ¹ (g/d)	Promedio de MSI ² _PCM ³ (g/kg ⁴ PC ⁰⁷⁵)	Promedio de NI ⁵ (g/d)	Promedio de NI_PCM ³ (g/kg ⁴ PC ⁰⁷⁵)
Adulto	0.79	57.63	17.82	1.35
Crecimiento	0.45	59.48	10.13	1.31
Total general	1.2	58.94	12.50	1.32

¹MS=Materia seca (gramos/día)

⁴PC=peso corporal

²MSI= Materia seca ingerida

⁵NI=nitrógeno (gramos/día)

³PCM=peso corporal metabólico (gramos/kilogramo)

El consumo de materia seca fue mayor en cabras adultas y menor cabras en crecimiento, sin embargo, el peso corporal metabólico utilizado para el gasto de energético fue mayor en cabras en crecimiento; el consumo de nitrógeno y el peso corporal metabólico para el gasto energético fue más elevado en cabras en crecimiento (cuadro 4).

Cuadro 5. Consumo promedio de materia seca y nitrógeno, y el gasto energía metabólica en bovinos según el estado fisiológico.

Estado fisiológico de los bovinos	Promedio de MS ¹ (g/d)	Promedio de MSI ² _PCM ³ (g/kg ⁴ PC ⁰⁷⁵)	Promedio de NI ⁵ (g/d)	Promedio de NI_PCM ³ (g/kg ⁴ PC ⁰⁷⁵)
Adulto	8.10	77.3	117.2	1.3
Crecimiento	5.20	92.7	85.4	1.3
Total general	6.6	84.7	102.6	1.3

¹MS=Materia seca (gramos/día) ⁴PC=peso corporal

²MSI= Materia seca ingerida ⁵NI=nitrógeno (gramos/día)

³PCM=peso corporal metabólico (gramos/kilogramo)

El consumo de materia seca en bovinos adultos fue más elevado que en bovinos en crecimiento, sin embargo, el peso corporal metabólico para el gasto energético fue mayor en bovinos en crecimiento. El nitrógeno consumido en estado adulto fue mayor que en crecimiento, pero el peso corporal metabólico para el gasto energético fue igual en ambos estados (cuadro 5).

6.8. Consumo de materia seca de acuerdo a la proporción de Leucaena en la dieta

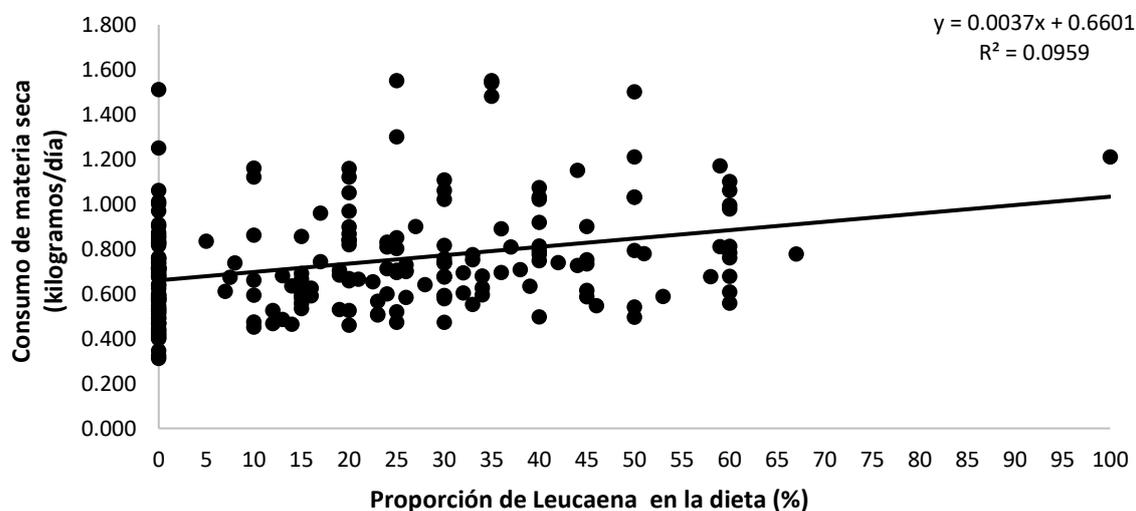


Figura 11. Relación entre el consumo de materia seca (MS) (kilogramos/día) y la proporción (%) de Leucaena incluida en la dieta de las ovejas.

Los datos de consumo de materia seca de los ovinos se observan agrupados en su mayoría bajo la recta, con valores de consumo de 0.300 a 1.00 kilogramos/día del 5 al 60% de Leucaena en la dieta; los valores que están más dispersos sobre la recta fueron superiores al resto (figura 11); se encontró una relación ligeramente positiva entre el consumo y

proporción de Leucaena, observándose que a mayor proporción de Leucaena mayor es el consumo de materia seca en ovinos.

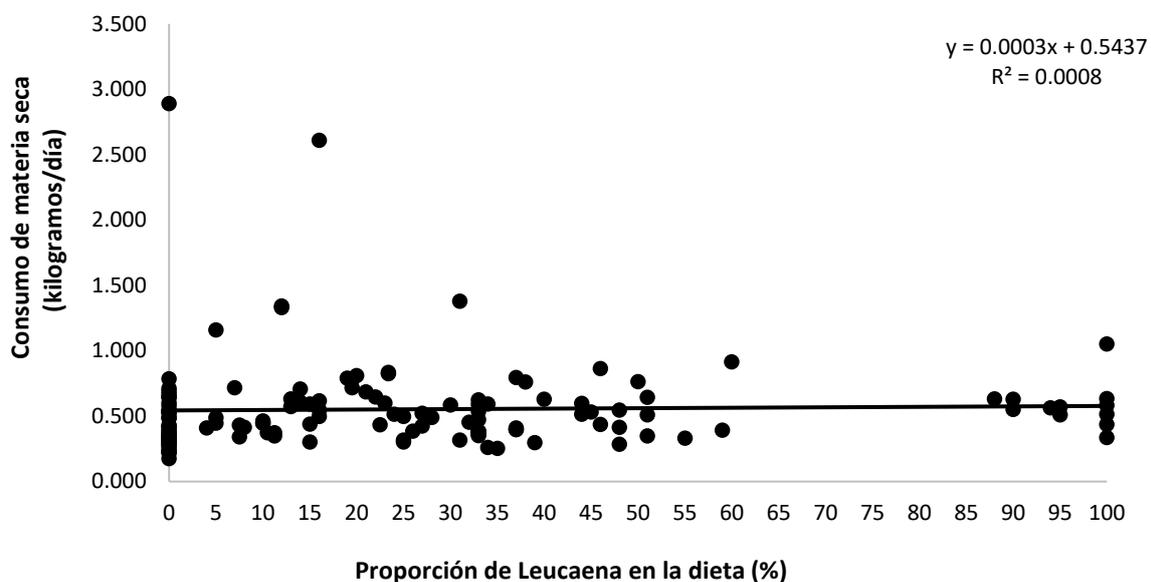


Figura 12. Relación entre el consumo de materia seca (MS) (kilogramos/día) y la proporción (%) de Leucaena incluida en la dieta de las cabras.

Los datos de consumo de materia seca de las cabras se observan agrupados en su mayoría cercanos a la recta, con valores de 0.200 a 0.800 kilogramos/día de 0 al 50% de Leucaena en la dieta; los valores que están más dispersos sobre la recta fueron superiores al resto (figura 12); no se encontró relación entre ambas variables, evidenciando que el consumo de materia seca en cabras no está determinado por la proporción de Leucaena en la dieta, la cabras seguirán consumiendo las mismas cantidades de materia seca.

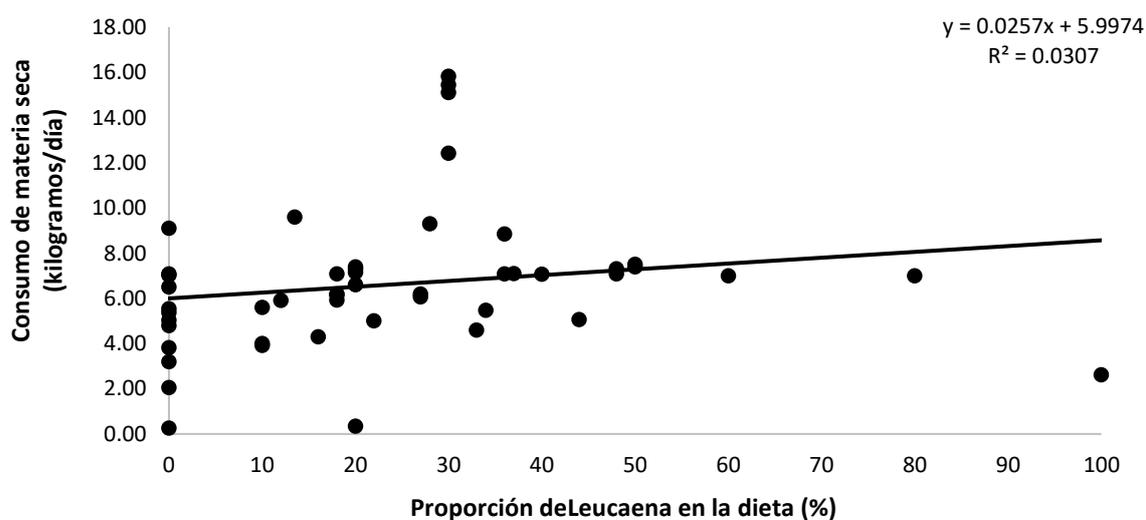


Figura 13. Relación entre el consumo de materia seca (MS) (kilogramos/día) y la proporción (%) de Leucaena incluida en la dieta de los bovinos.

Los datos de consumo de materia seca de los bovinos se observan dispersos, con algunos valores cercanos a la recta de 3 a 8 kilogramos/día de 10 a 50% de proporción de Leucaena, los puntos que están más dispersos son superiores (figura 13) indican que a mayor aporte de Leucaena menor será el consumo de materia seca.

6.9. Consumo de nitrógeno (NI) de acuerdo a la proporción de Leucaena en la dieta

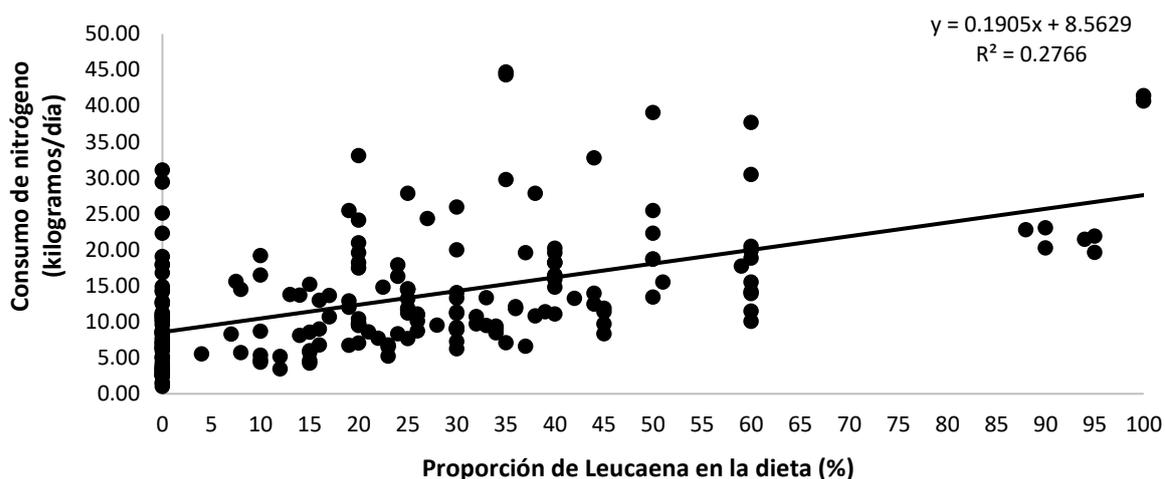


Figura 14. Relación entre el consumo de nitrógeno (kilogramos/día) y la proporción de Leucaena incluida en la dieta de las ovejas.

Los valores de consumo de nitrógeno de las ovejas se observan agrupados en su mayoría bajo la recta, con valores de 2 a 18 kilogramos/día entre el 5 al 60%, los valores de consumo que están más dispersos sobre la recta fueron superiores al resto (figura 14); se encontró una relación ligeramente positiva entre ambas variables, entre mayor sea la proporción de Leucaena en la dieta, mayor será el consumo de nitrógeno.

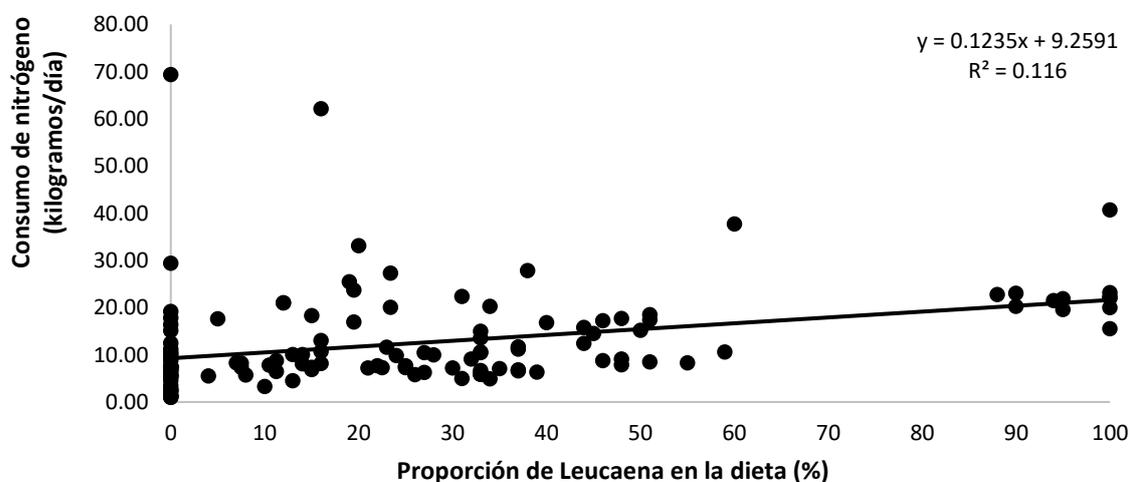


Figura 15. Relación del consumo de nitrógeno (kilogramos/día) de acuerdo a la proporción de Leucaena incluida en la dieta de las cabras.

Los valores de consumo de nitrógeno de las cabras se observan agrupados en su mayoría bajo la recta, con valores de 2 a 25 kilogramos/día entre el 6 al 40%, los valores de consumo que están más dispersos sobre la recta fueron superiores al resto (figura 15); se encontró una relación ligeramente positiva entre ambas variables, entre mayor sea la proporción de Leucaena en la dieta, mayor será el consumo de nitrógeno.

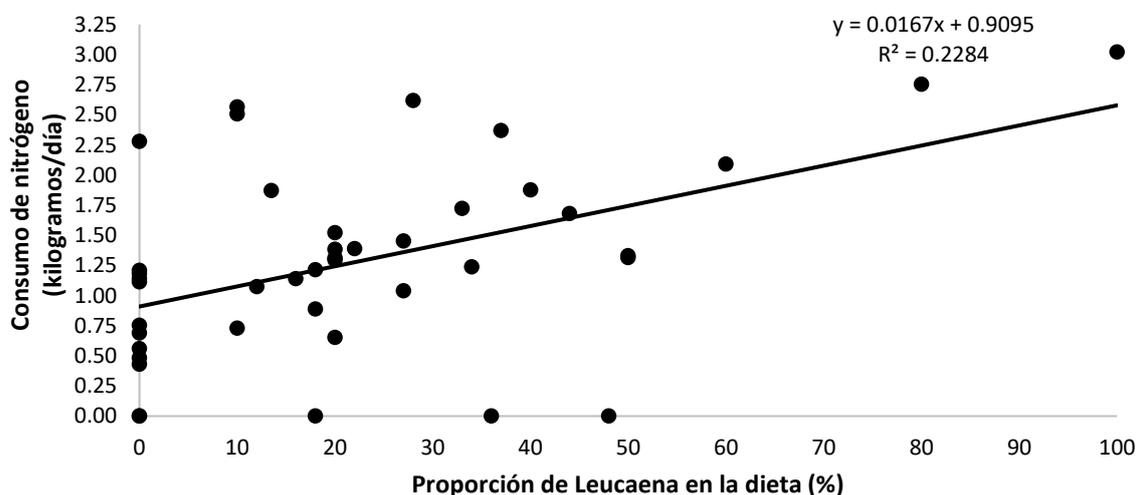


Figura 16. Relación del consumo de nitrógeno (kilogramos/día), de acuerdo a la proporción de Leucaena incluida en la dieta de los bovinos.

Los valores de consumo de nitrógeno en bovinos se observan dispersos, con algunos promedios cercanos a la recta de 0.75 a 1.65 kilogramos/día de entre 10 a 50% de proporción de Leucaena, los valores que están más dispersos sobre la recta son superiores al resto (figura 16); se encontró una relación ligeramente positiva entre ambas variables, a medida aumenta la proporción de Leucaena en la dieta mayor es el consumo de nitrógeno en bovinos.

6.10. Composición química de la dieta en relación a la proporción de Leucaena

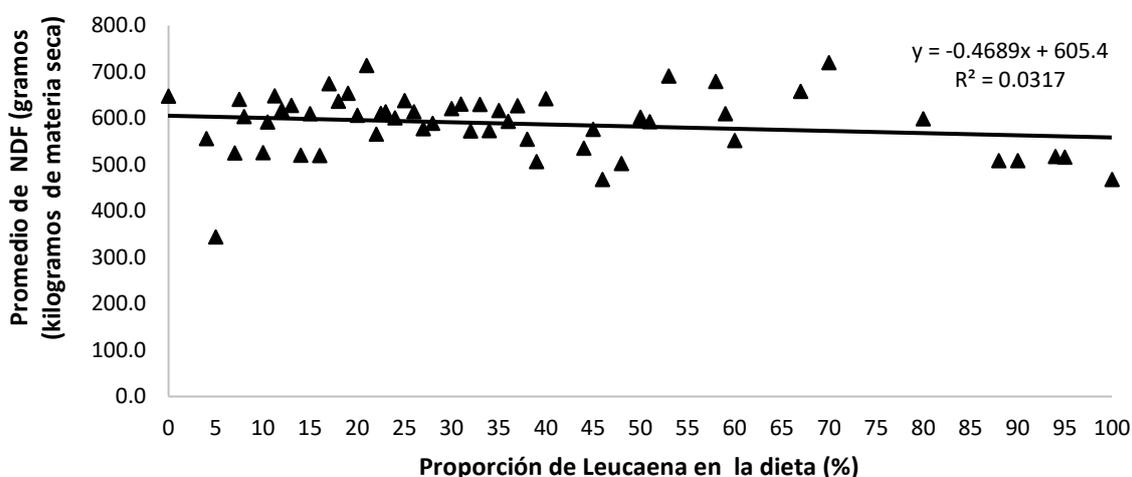


Figura 17. Promedio del contenido de proteína cruda (PC) en la composición total de la dieta, en relación a la proporción de Leucaena.

La proteína cruda de la composición total de la dieta en relación con la proporción de Leucaena (figura 17), evidencia que existe una interacción positiva entre ambas variables, a medida aumenta la proporción de Leucaena en la dieta el contenido de proteína es mayor; los promedios más frecuentes de 60 a 150 gramos/kilogramo de materia seca, se encuentran entre el 4 y 40 % de proporción de la Leucaena.

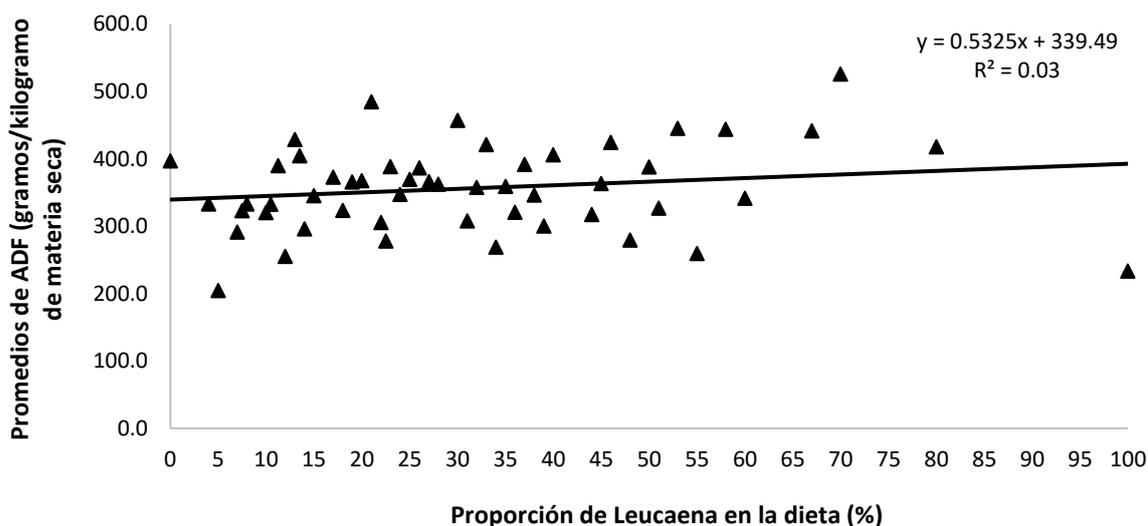


Figura 18. Promedio del contenido de fibra neutro detergente (NDF) en la composición total de la dieta, en relación a la proporción de Leucaena.

La fibra neutro detergente de la composición total de la dieta en relación, con la proporción de Leucaena (figura 18), evidencia la relación entre ambas variables es nula, se observa que entre menor es la proporción de Leucaena el contenido de NDF tiende a aumentar levemente.

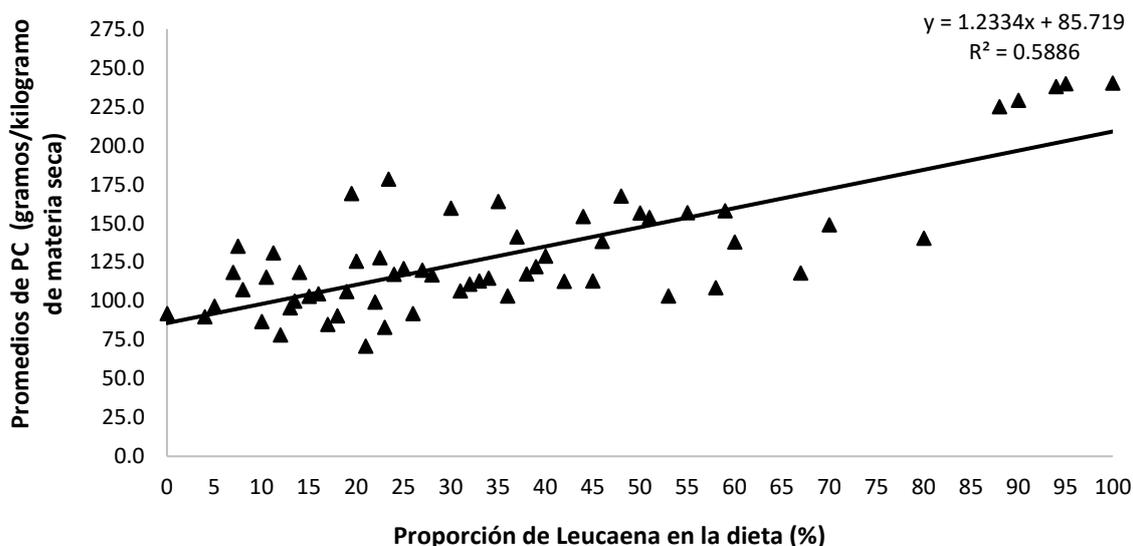


Figura 19. Promedio del contenido de fibra detergente ácido en la composición total de la dieta, en relación a la proporción de Leucaena.

El contenido de fibra detergente ácida de la composición total de la dieta, en relación con la proporción de Leucaena (figura 19), refleja que existe una relación levemente positiva entre ambas variables.

6.11. Digestibilidad de nutrientes en ovejas, cabras y bovinos

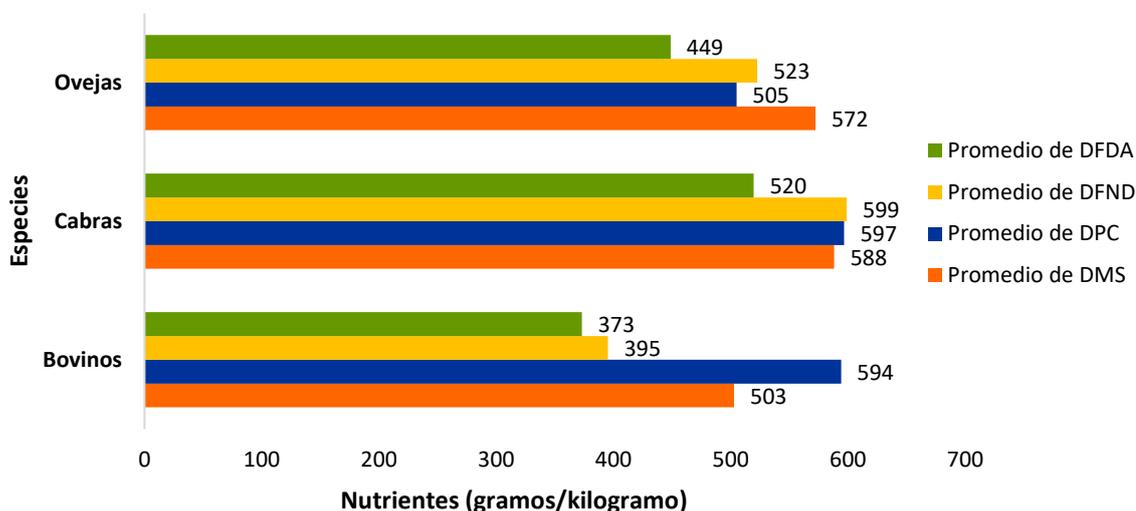


Figura 20. Comparación categórica de los parámetros de digestibilidad, CP (proteína cruda), FND (fibra neutro detergente), FDA (fibra detergente ácido) y LDA (lignina detergente ácido), en ovejas, cabras y bovinos.

De los nutrientes analizados en los estudios en las tres especies, se observan mejores promedios de digestibilidad en las cabras y ovejas con respecto a los bovinos. Los promedios de materia seca, materia orgánica, fibra neutro detergente y fibra detergente ácida son mayores en cabras, en bovinos el promedio de proteína cruda es mayor en que en ovejas (figura 20).

6.12. Eficiencia alimenticia

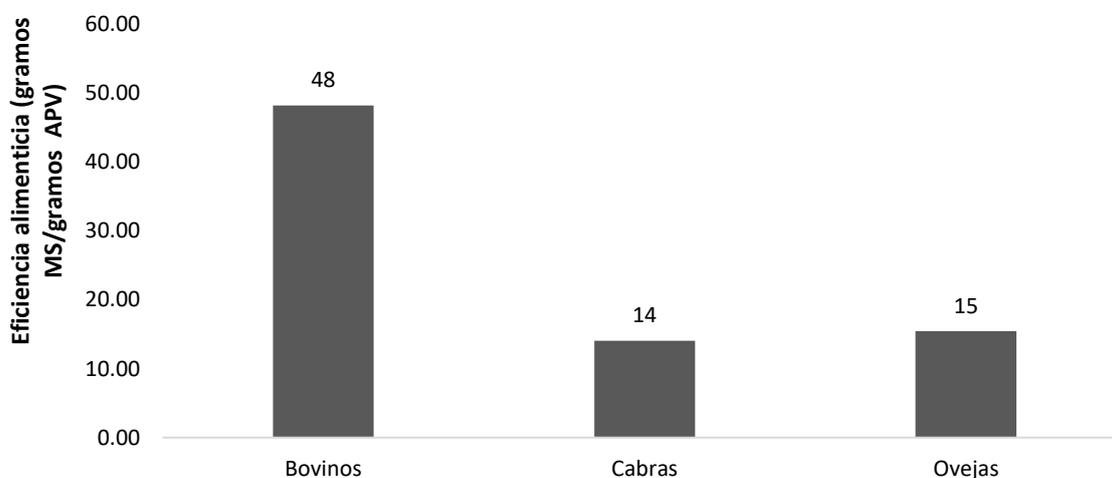


Figura 21. Comparación categórica de la eficiencia alimenticia (gramos materia seca/ gramos aumento de peso vivo), en bovinos, cabras y ovejas.

Las tres especies mostraron una marcada diferencia en cuanto la eficiencia alimenticia, los bovinos alcanzaron una eficiencia de 48.14 (gramos DM/gramos LWG), mucho más alta que las cabras y ovejas, que presentaron una eficiencia similar de 14.05 y 15.41 (gramos DM/gramos LWG) (figura 21), lo que evidencia que las cabras y ovejas fueron más eficientes, debido a que necesitan consumir menor cantidad de materia seca para aumentar 1 kg de peso vivo.

6.13. Utilización de rumiantes en base al continente de estudio

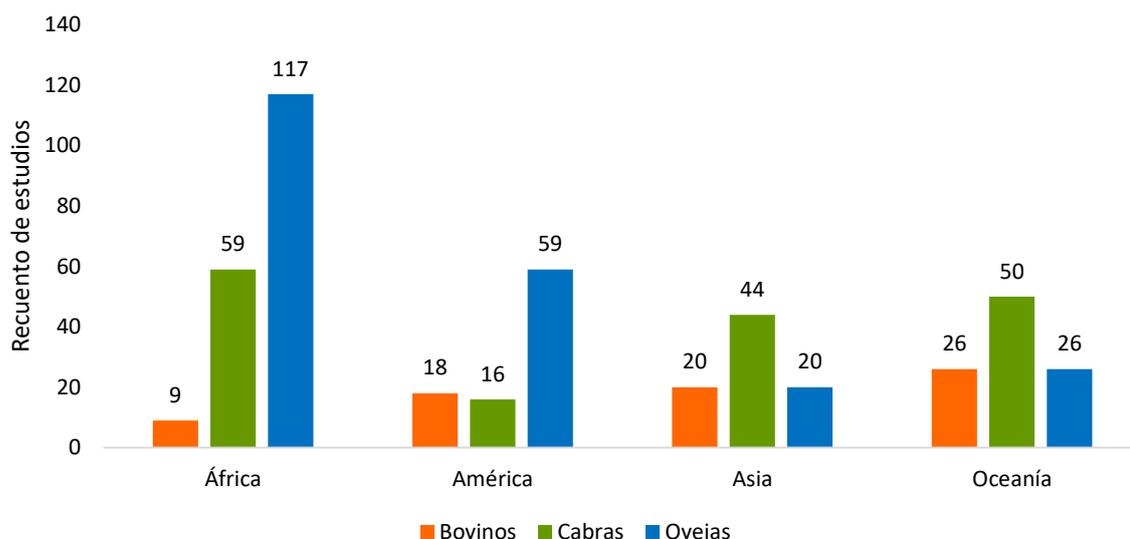


Figura 22. Comparación categórica de las especies rumiantes utilizadas, según el continente de procedencia del estudio analizado.

De acuerdo con los estudios analizados, se determinó que las especies rumiantes más comúnmente utilizadas en cada continente son las cabras y las ovejas; las cabras fueron más utilizados en África y América, mientras que las ovejas en Asia y Oceanía, siendo los bovinos los menos utilizados (figura 22).

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1. Recuento de los estudios realizados en los trópicos

La existencia de un mayor número de estudios en el continente africano (figura 5), podría atribuirse a diversas razones, entre las que es importante resaltar, que es un continente diverso con recursos humanos y naturales que podría ayudar a generar crecimiento inclusivo y erradicar la pobreza de la región (Banco mundial 2023), en particular, China está invirtiendo fuertemente en el sector de servicios africano, la inversión va destinada a subsectores tales como la investigación científica (IISD 2023).

7.2. Especies de *Leucaena* utilizadas en los estudios

Se evidencia que *Leucaena leucocephala* es la especie mayormente utilizada (figura 6), esto puede deberse a lo afirmado por Dueñas *et al.* (2020), de las 200 especies de leguminosa *Leucaena leucocephala* es una de las más usadas como forraje, es una planta que tolera sequías y es rápidamente consumida por el ganado; diversos estudios han demostrado que esta especie tiene mayor porcentaje de proteína, minerales y vitaminas, a comparación de otras especies forrajeras (Patiño 2020), Actualmente *Leucaena leucocephala* constituye la especie más utilizada y estudiada en las condiciones tropicales como fuente alternativa para la alimentación animal (Media *et al.*, 2007).

7.3. Calidad de la *Leucaena* de acuerdo al sitio de realización del estudio

La calidad de la *Leucaena* está ligada a una serie de factores que determinan su composición química (figura 7), en numerosas investigaciones se han reportado algunas limitantes de la especie asociadas a la susceptibilidad al psílido (*Heterosylla cubana*), la intolerancia a heladas, los suelos ácidos y las inundaciones, fundamentalmente, se desarrolla mejor en suelos profundos (García *et al.* 2008a, Shelton y Brewbaker 1994), la composición química de diferentes partes de la planta, son factores a los que puede atribuirse la variación en la calidad de la *Leucaena* según el lugar de estudio, de acuerdo con el análisis químico realizado por Adeneye (1979), demostró que las hojas jóvenes, las vainas y las semillas contienen más proteína cruda pero menos fibra cruda que las maduras.

7.4. Estados físicos y composición química de la *Leucaena* ofrecida en la dieta de los rumiantes

En los estudios *Leucaena* fue utilizada en diferentes estados físicos (verde, seco y heno) (figura 8), el más empleado fue como hojas secas, la adopción de alguna de estas alternativas depende de muchos factores entre los que se encuentra la calidad, economía, palatabilidad y otros; el forraje verde es una fuente económica de nutrientes para los animales, es muy palatable y digerible. Los microorganismos presentes en el forraje verde

ayudan a mejorar la digestibilidad de los residuos de los cultivos en sistemas de alimentación mixta (Singh 2021), en general, se ha utilizado el secado o el marchitamiento para preservar las especies de ramoneo para uso futuro y reducir algunos de los metabolitos secundarios inherentes presentes en estas hojas (Akinlade *et al.* 2020).

El heno, fardo o pasto seco, normalmente tiene una calidad muy inferior al ensilaje, esto se debe a que el heno se cosecha en momentos en que la pradera se encuentra espigada, con bajos contenidos de nutrientes y muy fibrosa (INIA 2006).

Los datos obtenidos en los análisis de composición química de los diferentes estudios reflejan una variación en el contenido de nutrientes de *Leucaena* en diferentes estados físicos (figura 9); de acuerdo con Aregheore (2002) y ILCA (1990), el secado o marchitamiento tiene efectos significativos en la composición química, así como consumo voluntario de materia seca; la proteína cruda es mayor en hojas frescas, y en hojas frescas y heno el contenido es prácticamente igual; Akinlade *et al.* (2020) reportaron en su investigación utilizando la leguminosa *Piliotigma thonningii* que los valores en hojas secas fueron más altos, probablemente debido a una reacción desfavorable que redujo la disponibilidad de nutrientes durante el secado; Aregheore (2002) reportó que las hojas secas de *Leucaena* presentaron una reducción del contenido de CP, probablemente se debió a reacciones como las de Maillard que redujeron la disponibilidad de nutrientes durante el proceso de secado, tales reacciones podrían haber resultado en cambios en la estructura de la pared celular; para fibra neutro detergente y lignina detergente ácida los valores son más elevados para heno; Parachristous y Nastis (1994) informaron que el secado generalmente aumenta el contenido de NDF y lignina, el contenido de ADF se refiere a la porción de la pared celular que consiste en celulosa y lignina (Akinlade *et al.* 2020); la FDA es un indicador indirecto de la digestibilidad del forraje, cuanto más alta, es menos digestible (Gallardo 2007).

7.5. Estado fisiológico de los rumiantes

De los estudios analizados es notable que para los ensayos optaron mayormente por utilizar rumiantes menores, las ovejas en estado adulto fueron mayormente preferidas a comparación de las cabras en estado de crecimiento, los bovinos fueron menos utilizados en los estudios (figura 10), esto está correlacionado con lo afirmado por INCAP (1976), las especies menores ofrecen las ventajas de una ingesta alimenticia menor junto con tasas más elevadas de conversión del alimento, mayor renovación porque crecen más rápidamente, la posibilidad de aumentar el número de animales por unidad de área de tierra y su bajo costo. Dado que las ovejas y cabras son relativamente más baratas de mantener y la demanda de productos alternativos ha aumentado (Lincoln University Missouri 2022).

7.6. Consumo de materia seca y nitrógeno, en relación al gasto de energía

El consumo de materia seca y nitrógeno en ovejas en estado adulto es mayor que en crecimiento (cuadro 3), por consiguiente, también lo es el gasto de energía; Castellaro (2003), determinó que un ovino debe consumir un promedio diario de materia seca de 2,4 kg, el consumo que está determinado por el animal hace referencia a que un animal más grande o que alcanza mayores pesos consume mayor cantidad, una oveja adulta consume 2.5 a 3% de materia seca de su peso vivo (NSVSU 2020), los ovinos necesitan el suministro de energía para mantener sus funciones corporales, el consumo de energía metabolizable necesaria para la producción del animal está determinado principalmente por la tasa de crecimiento deseado o nivel de producción (INIA 2012); Graham y Searle (1972), afirmaron en su estudio que las ovejas jóvenes tenían requisitos de mantenimiento más altos y, por lo tanto, una eficiencia general más baja que los adultos, pero tenían una mayor disponibilidad neta de energía metabolizable; y que la fracción del balance energético correspondiente a la proteína no dependía de la edad, sino que variaba inversamente con el peso corporal.

El consumo de materia seca es mayor en cabras adultas y menor en crecimiento, sin embargo, el gasto de energía es mayor en cabras en crecimiento; en consumo de nitrógeno es más elevado en cabras en crecimiento y el gasto de energía metabólica es casi similar para ambos estados fisiológicos (cuadro 4). Vélez (1986), citado por González, *et al.* (1989), afirma que el nivel máximo de ingestión de materia seca en caprinos es alrededor de 7% de peso vivo, como adultos las cabras con mayor capacidad intestinal tendrán la capacidad de consumir más alimento (Rajpoot 1978, citado por Sengar 1980) en su estudio con 13 cabritos adultos determino que los requisitos de mantenimiento de energía y proteínas fueron de 125 kcal ED/P (energía digestible/peso) ; los caprinos consumen más MS respecto a su peso que otras especies, para cubrir sus requerimientos, esto debido a que el rumen y retículo son más pequeños , esto conlleva a que es mayor la velocidad de pasaje del alimento y menor tiempo de residencia en el rumen; la tasa metabólica basal de los animales por unidad de peso corporal, disminuye a medida que aumenta el tamaño del animal, por consiguiente disminuyen los requerimientos de energía y consumo de alimento (Deza *et al.* 2019). Voicu *et al.*, (1993), encontró que los requerimientos de energía y proteína para el mantenimiento eran de 0,450 MJ ME/kg^{0.75} y 2,43 g PDI/kg para cabras en crecimiento.

El consumo de materia seca en bovinos en estado de adulto es más elevado que en bovinos en crecimiento, sin embargo, el gasto de energía es mayor en bovinos en crecimiento. El nitrógeno consumido en estado adulto es mayor que en crecimiento y el gasto de energía es igual en ambos estados (cuadro 5); los animales grandes tienen un

DMI mayor que los animales pequeños (Rayburn 2022). Ardila (2017)¹, indico que las vacas deben recibir 3% de materia seca o entre un 10 y 15 % de su peso vivo, a menor edad el bovino consume menos materia seca y por cada 100 kg de peso, el animal debe consumir un equivalente de materia seca de 1.8 a 3.5 kg, es decir de 1.8 a 3.5 % del peso vivo. Durante la etapa de crecimiento, el animal va cambiando su consumo para ajustarlo a sus requerimientos, el animal presenta un consumo mayor de alimentos por unidad de peso metabólico que un adulto (Araujo-Febres 2005).

La energía es uno de los nutrimentos más limitantes en las explotaciones pecuarias y todos los animales requieren energía para mantener las funciones básicas, como el crecer, producir y reproducirse. En el caso de los animales jóvenes, la energía es utilizada para el mantenimiento y crecimiento (Elizondo-Salazar 2013).

El concepto clásico de Kleiber (1961) de que la energía requerimientos de un mamífero es una simple función de masa corporal 0.75 implica que los requerimientos de energía por kg de peso de tejido corporal en pequeños mamíferos son relativamente mayores que en los grandes mamíferos. Requerimientos metabólicos mejorados de los pequeños rumiantes no pueden satisfacerse con dietas ricas en celulosa porque la fermentación anaeróbica es un proceso relativamente lento y bioenergéticamente menos eficiente que otras formas de digestión, Van Soest (1982), citado por Silanikove (2000). Los rumiantes, por lo tanto, tienen que equilibrar sus necesidades energéticas comparativamente más altas comiendo más alimentos de mayor valor nutritivo (Demment y Van Soest 1985), en bovinos destinados a producción de carne, los requerimientos de energía para mantenimiento pueden ser hasta el 70% de las exigencias totales de energía. Estos requerimientos, incluyen los gastos de energía para mantenimiento (Cuartas *et al.* 2013).

7.7. Consumo de materia seca de acuerdo a la proporción de Leucaena en la dieta

En los gráficos de consumo de materia, seca se observa que los bovinos consumieron más que las ovejas y cabras, sin embargo, en niveles de inclusión elevados, el consumo disminuye (figuras 11, 12 y 13), y esto es atribuible a lo afirmado por Gutiérrez *et al.* (2012), la ingesta de Leucaena no debe superar el 50% del consumo del animal por día, esta afirmación está determinada por el contenido de mimosina de la Leucaena, este aminoácido tóxico no proteico limita la productividad y afecta adversamente la salud de los animales; la mayor concentración de este principio tóxico se encuentra en las partes tiernas de la planta (Ospina-Daza *et al.* 2017), según Barrantes (2005), los efectos pueden aparecer a medida que se va acumulando el contenido de la toxina en el organismo. Por

¹ Ardila Mateus, J. 10 ago. 2017. Requerimientos de consumo de materia seca de los bovinos (entrevista). Colombia.

otra parte, al analizar el contenido de FDN en la dieta proporcionado a los rumiantes, se observan promedios 500 a 700 gr/kg de MS (50 a 70%) (figura 17), la cantidad de FDN es elevada ya que en dietas con más de 12% de FDN (consumo máximo de MS), a partir de ahí, el consumo empieza a declinar como consecuencia de la limitación física dado por el retardo del pasaje de la partícula fibrosa resultando en llenado ruminal (figura A-6) (Mendoza y Ricalde 2016); a medida que un animal come más materia seca, el material sólido que ingresa al rumen se acumula y existe la posibilidad de que la materia seca ocupe el espacio ocupado por el líquido del rumen (Moyo e Ignatius 2017); el consumo de FDN está en función del tamaño del tubo digestivo del animal. El tamaño del tubo digestivo en bovinos está en función de su peso corporal. Un bovino puede consumir de FDN el 1% de su peso corporal (Zarate-Martínez *et al.* 2021).

En cuanto a las cabras y ovejas, el consumo de materia seca es similar en ambas especies, pero es notable que en las cabras el consumo se mantiene en los mismos rangos con influencia casi nula del porcentaje de Leucaena en la dieta (figura 11 y 12).; Quiroz-Cardoso *et al.* (2015), en su estudio las cabras consumieron más materia seca que las ovejas, debido a diferencias fisiológicas que demuestran que las cabras toleran mayor consumo de compuestos astringentes como los taninos, debido a la secreción de saliva rica en prolina, enzima que neutraliza el efecto de los taninos (Quiroz-Cardoso *et al.* 2015).

Las ovejas tenían menores tiempos medios de retención de sólidos en el rumen que el ganado bovino (58 vs. 65 hrs) (Bartocci *et al.*, citado por Moyo e Ignatius 2017).

7.8. Consumo de nitrógeno de acuerdo a la proporción de Leucaena en la dieta

El consumo de nitrógeno en las tres especies rumiantes se observó la misma tendencia, entre menor es el contenido de fibra, mayor es el contenido de proteína, y viceversa (figura 14,15 y 16), lo anterior se relaciona con que el consumo del forraje depende de la tasa de remoción de materia seca orgánica del retículo-rumen, lo cual a su vez es función de la fermentación de la materia orgánica y de la velocidad de disminución del tamaño de las partículas ingeridas, además el incremento de las fracciones fibrosas (FDN y FAD) (Clavero *et al.* 1997).

Los valores de consumo son mayores en cabras, que en las ovejas y bovinos (figura 14,15 y 16); como en el estudio de Devendra (1982), indicando que las cabras fueron más eficientes que las ovejas en la retención de N, atribuyendo que la capacidad de retener N podría estar asociado con la disminución de la degradabilidad en el rumen, significa que mucho más del N sin degradar en el rumen lo desvían y está disponible para una utilización más completa posteriormente. Se ha estudiado que la permanencia de la digesta en el

rumen es mayor que en las ovejas y que esto va unido al menor consumo de agua de las cabras frente a las ovejas (Devendra, citado por Fernández y Bacha 2004).

Cuando se ofrecen alimentos con alto contenido de proteína como las leguminosas, se están suministrando factores nutricionales (péptidos, aminoácidos, azufre) que estimula el crecimiento de los microorganismos del rumen con un consecuente aumento en la eficiencia en el aprovechamiento del nitrógeno (Clavero *et al.* 1997).

7.9. Composición química de la dieta en relación a la proporción de Leucaena

Como es bien sabido Leucaena es una leguminosa con alto contenido de proteína, se observa la tendencia que a mayor proporción de Leucaena en la dieta, mayor es el contenido de proteína, sin embargo, se observó que el consumo declino con porcentajes de inclusión arriba de 50%, siendo los bovinos son los rumiantes más susceptibles a niveles altos de esta leguminosa (figura 17).

Se ha demostrado que los suplementos con follajes de árboles ricos en proteínas aumentan la eficiencia de la utilización de forraje de mala calidad en los rumiantes (Orden *et al.* 2000).

La composición química mostro que la Leucaena (altos contenidos de proteína y bajos contenidos de fibra) es típica de esta leguminosa, coincide con los reportado para el follaje de esta especie: valores de PC entre 19 y 28% (Gaviria *et al.* 2015a).

En cuanto a la fibra neutro detergente, se observa que a medida aumenta el porcentaje de inclusión de Leucaena tiende a disminuir el contenido de NDF (figura 18). Como el estudio de Rodríguez *et al.* (1998), aseveraron que el aumento en el nivel de inclusión de 10,20 y 40% de la leguminosa disminuyo en contenido de FDN (70,66.1 y 62.3%).

Un alto contenido de FDN provoca una limitada disponibilidad de energía para los rumiantes, ya que en las respuestas *in vivo* se deben considerar factores adicionales como la tasa de escape de la dieta, que afecta directamente el consumo (Gaviria *et al.* 2015b).

El contenido de fibra detergente acida de la dieta, se observa que a mayor inclusión de Leucaena el contenido de ADF también aumenta levemente (figura 19); Martínez - Hernández (2019), los contenidos de FDN y FDA en Leucaena han sido de 21 a 55% y de 30 a 50% menores, respectivamente, que en gramíneas tropicales.

Se ha observado que la inclusión de diversas arbóreas con menor contenido de FDN, lignina y mayor contenido de PC, mejoran el consumo de MS (Ramos 2016), debido a que las gramíneas naturales e introducidas contienen altas proporción de compuestos estructurales entre ellos la FDN, que reducen la tasa de pasaje y aumentan las emisiones de CH₄ (Kennedy y Charmley, Archimede *et al.*, citado por Sánchez 2016).

Aunque las gramíneas tropicales presentan una alta eficiencia fotosintética que se traduce en mayores tasas de producción de biomasa, estas poseen características anatómicas, bioquímicas y fisiológicas que las hacen menos eficientes que las gramíneas de clima templado. En estas condiciones los pastos tropicales son de calidad nutricional baja, en términos de energía, proteína y contenidos minerales (Santiago *et al.* 2016).

7.10. Digestibilidad de nutrientes en ovejas, cabras y bovinos

En cuanto a la digestibilidad de los nutrientes de la dieta ofrecida, se observaron mejores promedios de digestibilidad en las cabras que en ovejas, y bovinos; los bovinos presentaron los promedios más bajos, a excepción de la proteína cruda (figura 20).

En función de la digestibilidad de los alimentos las cabras son capaces de discriminar entre ellos, cambiando su consumo y favoreciendo la especie o parte de la planta que sea más nutritiva, en un momento dado (Ackermans *et al.* 2019).

La cabra presenta glándulas salivales más grandes, mayor área de superficie mucosa absorbente y capacidad para aumentar sustancialmente el volumen del intestino delgado cuando se nutre con alimentos con alto contenido de fibra (Silanikove 2000), presencia de proteínas salivares unidas a taninos (proteínas ricas en prolina), flora del tracto digestivo adaptada a plantas taniníferas (Zapata y Mellado 2021).

Las diferencias entre el ganado vacuno y ovino con respecto a los tiempos de retención dependen de las actividades masticadoras de estas especies. Las tasas promedio de masticación son más altas en las ovejas (80 a 100 masticaciones por minuto), que en ganado bovino (40 a 60 masticaciones por minuto), lo que indica diferentes eficiencias en estos rumiantes (Moyo e Ignatius 2017), a mayor masticación aumenta la producción de saliva, y la saliva es importante para controlar la acidez del rumen, demasiado rumen dificulta el crecimiento y la función de las bacterias del rumen, especialmente aquellas que digieren la fibra (Contexto ganadero 2023).

El ganado rumiante tiene diferentes hábitos de alimentación, las diferencias en el tipo de dietas; las ovejas tienen menores tiempos medios de retención de sólidos en el rumen que el ganado bovino (58 vs 65 h) (Lenner *et al.* 1991). La evidencia indirecta sugiere que los rumiantes ramoneadores tienen tiempos medios de retención más cortos para digesto líquida y sólida en el rumen en comparación con los herbívoros (Moyo e Ignatius 2017).

Según Forbes (2000), citado por Longo *et al.* (2008), el llenado ruminal es el factor dominante en el consumo de forrajes y cualquier factor que pueda disminuir el tiempo de residencia aumentará el consumo voluntario.

7.11. Eficiencia alimenticia

La eficiencia alimenticia en las tres especies rumiantes evidencia una marcada diferencia entre bovinos y ovejas-cabras (figura 21), esto está en función del consumo de materia seca que guarda una alta correlación con el tamaño corporal y el nivel de producción (Arce-Recinos *et al.* 2021); un ovino o caprino adulto requiere un monto de forraje fresco igual a 15% de su peso vivo. Los ovinos y caprinos utilizan los forrajes de una manera más eficiente que otros animales, su alimentación debe alcanzar un buen balance de proteínas y de energía para permitir un nivel deseable de producción (FAO 2000).

7.12. Utilización de rumiantes en base al continente de estudio

Las especies rumiantes más comúnmente utilizadas en cada continente son las cabras y las ovejas; las cabras fueron más utilizados en África y América, mientras que las ovejas en Asia y Oceanía (figura 22); esto puede atribuirse al total de animales que se encuentran en cada continente, de acuerdo con la base de datos de la FAO (FOASTAT) (2023), África es el segundo continente con el mayor número de cabezas de ganado caprino 450.930.206,00 (año 2018), 479.458.711,00 (año 2019), 485.975.408,00 (año 2020); el continente asiático es el que posee el mayor número de cabezas de ganado ovino 520.548.437,00 (año 2018), 531.798.420,00 (2019), 553.510.485,00 (2020) (Cuadro A-4); asimismo es que las especies menores ofrecen las ventajas de una ingesta alimenticia menor junto con tasas más elevadas de conversión del alimento, mayor renovación porque crecen más rápidamente, la posibilidad de aumentar el número de animales por unidad de área de tierra y su bajo costo (INCAP 1976), y dado que las ovejas y cabras son relativamente más baratas de mantener y la demanda de productos alternativos ha aumentado (Lincoln University Missouri 2022).

7.13. COMPETENCIAS

Cuadro 6. Competencias adquiridas en la investigación

Competencias		
Conocimientos	Competencias basadas en el aprendizaje obtenido con el desarrollo de la investigación.	<p>El desarrollo de la investigación permitió reforzar el entendimiento en el ámbito de la zootecnia:</p> <ul style="list-style-type: none"> -nutrición y fisiología de los rumiantes -forrajes y tipos de forrajes -técnicas de alimentación <p>Fue posible el reconocer la importancia de las leguminosas y lo versátiles que son, aportando no sólo nutrientes a los animales, sino también al suelo y sus diversos usos</p> <p>Nuevas herramientas en la recolección y extracción de información.</p>
Destrezas	Competencias adquiridas como resultado de aplicar el conocimiento adquirido.	<p>Habilidades en la exploración y análisis de datos cuantitativos relacionados con la ciencia</p> <p>Fortalecimiento del dominio del idioma inglés</p> <p>Preparación de información de naturaleza académica</p> <p>Búsqueda, extracción y sistematización de la información.</p>
Aptitudes	Competencias adquiridas para llevar a cabo actividades de manera exitosa	<p>Proactividad</p> <p>Creatividad</p> <p>Seguridad</p> <p>Autodidacta</p> <p>Capacidad de analizar y comprender la información de textos científicos</p> <p>Poseer un mejor panorama de cómo funciona la investigación científica, de los diferentes estudios</p> <p>Disposición en la revisión de datos para ser precisos y concisos.</p>

8. CONCLUSIONES

En este estudio se recopilaron los resultados de diversas investigaciones reportadas en la literatura científica, y por medio de la visualización y exploración de los datos colectados, fue posible un mejor análisis de la información, por lo tanto, se concluyó lo siguiente:

Leucaena leucocephala es la especie más utilizada como forraje de leguminosa tropical para la alimentación de rumiantes.

La inclusión de *Leucaena* incrementa significativamente el nivel de proteína en la dieta sin afectar el nivel de fibra.

Las cabras son los rumiantes menos afectados por niveles altos de *Leucaena* en la dieta, mientras que los bovinos son los rumiantes más susceptibles a niveles altos de esta leguminosa, reduciendo su consumo para niveles de inclusión mayores de 50%.

En cuanto a la digestión de los nutrientes, las cabras y ovejas fueron más eficientes que los bovinos.

Leucaena en condiciones tropicales constituye una alternativa para la alimentación animal, que influye de diversas formas sobre el consumo de alimento, la digestión y el desempeño productivo del ganado bovino, ovino y caprino.

9. RECOMENDACIONES

Diseñar bases de datos que contribuyan en un mejor análisis y comprensión de los mismos, reconociendo diversos factores o comportamientos que a primera vista no pueden ser comprendidos.

La inclusión de Leucaena no debe sobrepasar más del 50% en la dieta, específicamente cuando es proporcionada al ganado bovino.

De las investigaciones evaluadas en este estudio, no se reportaron ensayos en los que se analizaran parámetros productivos en cabras y ovejas, específicamente análisis de leche, por lo que es importante enfatizar investigaciones en las que incluyan este tipo de análisis.

Es importante entender los sistemas de producción en los que la Leucaena se puede adaptar con facilidad.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Ackermans, NL; Martin, LF; Hummel, J; Müller, DWH; Clauss, M; Hatt, JM. 2019. Feeding selectivity for diet abrasiveness in sheep and goats (en línea). *Small Ruminant Research*. 175:160-164. Consultado 31 ene. 2023. Disponible en https://8b26ffd4-5475-4261-a1c6-bfc740492ff1.filesusr.com/ugd/eb0ce6_35eccc32ee384249bafa2873225f2c07.pdf
- Adeneye, JA. 1979. A note on the nutrient and mineral composition of *Leucaena leucocephala* in Wester, Nigeria (en línea). *Animal feed science and technology*. 4(3):221-225. Consultado 21 dic. 2022. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0377840179900154>
- Aganga, AA y Tshwenyane, SO. 2003. Alfalfa, Lablab y *Leucaena leucocephala* forages: production and use for livestock production (en línea). *Pakistan Journal of Nutrition*. 2(2):46-53.
- Akinlade, JA; Fabule, SA; Alalade, JA; Asaolu, VO; Aderinola, OA; Okunlola, OO. 2020. Nutritive assessment of different forms of *Piliostigma thonnigii* leaves in west: dwarf sheep diet (en línea). *Green journal of agricultural sciences*. 10(2):63-70. Consultado 21 dic. 2022. Disponible en <https://gjournals.org/GJAS/Publication/2020/2/PDF/052619099%20Akinlade%20et%20al.pdf>
- Araujo-Febres, O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales (en línea). IX seminario de pastos y forrajes. 12 p. consultado 06 ene. 2023. Disponible en http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Consumo_a_pastoreo_II.pdf
- Arce-Recinos, C; Chay-Canul, AJ; Alarcón- Zuñiga, B; Ramos-Juárez, JA; Vargas-Villamil, LM; Aranda-Ibáñez, EM; Sánchez-Villegas, NC; Lopes Dias da Costa, R. 2021. Índices de eficiencia alimenticia en ovinos de pelo: calidad de la carne y genes asociados (en línea). *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 12(2). Consultado 30 ene. 2023. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242021000200523
- Aregheore, EM. 2002. Voluntary intake digestibility of fresh, wilted and dry *Leucaena leucocephala* at four levels to a basal diet of grass (*Panicum maximum*) (en línea). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 15(8):1139-1146. Consultado 05 ene. 2023. Disponible en <https://koreascience.kr/article/JAKO200210103460636.pdf>

- Banco mundial. África: panorama general (en línea, sitio web). Consultado 15. oct. 2022. Disponible en <https://www.bancomundial.org/es/region/afr/overview>
- Barrantes Orozco, E. 2005. Bancos forrajeros: un componente tecnológico indispensable para la producción intensiva en fincas ganaderas (en línea). San José, Costa Rica. 64 p. consultado 30 ene. 2023. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Q52-8871.pdf>
- Benavides, JE. 1994. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Benavides. JE (ed.). Turrialba, Costa Rica. 420 p.
- Cassanova-Lugo, F; Ramírez-Avilés, L; Solorio-Sánchez, FJ. 2010. Efecto del intervalo de poda sobre la biomasa foliar y radical en arboles forrajeros en monocultivo y asociados (en línea). Tropical and Subtropical Agroecosystems. 12:657-665. Consultado 11. may. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/939/93915170023.pdf>
- Castellaro Galdames, GL. 2003. Crecimiento de praderas mesofíticas a largo plazo, en respuesta a factores edafoclimáticos y modalidades de defoliación. Tesis M.Sc. Santiago, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. 138 p.
- CCOF (California Certified Organic Farmers). 2020. ¿Qué es la materia seca y por qué es importante? (en línea, sitio web). Consultado 18. oct. 2022. Disponible en <https://ccof.org/faq/what-dry-matter-and-why-important>
- CINA (Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica). 2006. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero (en línea). Sánchez, JMI (ed.). XI Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. San José, Costa Rica. 17 p. Consultado 23. oct. 2022. Disponible en https://www.redinnovagro.in/pdfs/Referencias_bibliograficas.pdf
- Contexto ganadero. 24. Ene. 2023. Los beneficios que trae para las vacas una masticación adecuada del bolo alimenticio (en línea, sitio web). Consultado 20. nov. 2022. Disponible en <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/los-beneficios-que-trae-para-las-vacas-una-masticacion-adecuada-del-bolo>
- Clara Rúgeles, P. 2001. Interrelaciones entre nutrición y fertilidad en bovinos (en línea). Revista mvz. 6(1):24-30. Consultado 17. oct. 2022. Disponible en https://www.redinnovagro.in/pdfs/Referencias_bibliograficas.pdf
- Clavero, T; Pérez, JJ; Lemus, M; Palmar, F. 1997. Consumo voluntario y balance de nitrógeno de diferentes raciones de *Leucaena leucocephala* en ovinos (en línea). Revista científica. 7(3):165-168. Consultado 30 ene. 2023. Disponible en <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14291/14268>

- Cuartas Cardona, VA; Naranjo Ramírez, JF; Tarazona Morales, AM; Barahona Rosales, R. 2013. Uso de la energía en bovinos pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* y su relación con el desempeño animal (en línea). CES Med. Vet. Zootec. 8(1):70-81. Consultado 19. oct. 2022. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072013000100006
- Demment, MW y Van Soest, PJ. 1985. A nutritional explanation for body-size patterns of ruminant and nonruminant. The American naturalist. 125(5):641-672.
- Devendra, C. 1982. The nutritive value of *Leucaena leucocephala* Cv. Perú in balance and growth studies with goats and sheep (en línea). 10(2):138-150. Consultado 30 ene. 2023. Disponible en <http://jtafs.mardi.gov.my/jtafs/10-2/GOATS%20AND%20SHEEP.pdf>
- Deza, C; Mahy, A; Ganchegui, M; Romero, G. 2019. Rumiantes menores: nutrición en caprinos (en línea). Córdoba, Argentina. 83 p. Consultado 09 ene. 2023. Disponible en <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/rumiantes/wp-content/uploads/sites/20/2018/03/CLASE-NUTRICI%C3%93N-2018.pdf>
- Dueñas, YD; Milian Domínguez, JC; Calzadilla Reyes, K; Redonet Miranda, MA; López Quintana, Y; Hernández Guanche, L. 2020. Uso potencial de *Leucaena leucocephala* Lam. (leucaena) presente en sistemas agroforestales de Pinar del Río (en línea). Revista Cubana de ciencias forestales. 8(1). Consultado 17 oct. 2022. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692020000100154
- Elizondo-Salazar, JA. 2013. Requerimientos de energía para terneras de lechería (en línea). Agronomía Mesoamericana. 24(1). Consultado 19 ene. 2023. Disponible en https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212013000100020
- FAO (Organización de las Naciones Unidad para la alimentación y la Agricultura). 2023. FAOSTAT: cultivos y productos de ganadería (en línea, sitio web). Consultado 19. oct. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- FAO (Organización de las Naciones Unidad para la alimentación y la Agricultura). 1999. Educación ambiental para el trópico de Cochabamba (en línea, sitio web). Consultado 23. oct. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/3/ah647s/AH647S00.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares: cría de ovinos y cabras lecheras (en línea). Roma, Italia. 205 p. consultado 31 ene. 2023. Disponible

http://redmujeres.org/wpcontent/uploads/2019/01/mejorando_nutricion_huertos_granjas.pdf

- FEDEGÁN (Federación Colombiana de Ganaderos). 2011. Boletín Fedegán. Colombia N°127. 2011-2311.
- Ferguson, JD y Chalupa, W. 1989. Impact of protein nutrition on reproduction in dairys cows: symposium: interactions of nutrition and reproduction. Dairy Sci. 72(3):746-766.
- Fernández, C y Bacha, F. 2004. Alimentación practica en caprino (en línea). Boletín n°2004-61. Consultado 30 ene. 2023. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Ganad%2FGana_d_2004_26_60_61.pdf
- Gallardo, M. Mar. 2007. El valor de los nutrientes: dietas balanceadas con forrajes conservados; la importancia de diagnostica la calidad nutricional (en línea, sitio web). Consultado 31 ene. 2023. Disponible en [http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/nutricion/nutricion_valordealimentos.htm#:~:text=Fibra%20detergente%20%C3%A1cido%20\(%25%20FDA,cuanto%20m%C3%A1s%20alta%20menos%20digestible](http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/nutricion/nutricion_valordealimentos.htm#:~:text=Fibra%20detergente%20%C3%A1cido%20(%25%20FDA,cuanto%20m%C3%A1s%20alta%20menos%20digestible).
- García, DE; Wencomo, HB; Medina, MG; Moratinos, P; Cova, LJ. 2009b. Caracterización de calidad nutritiva de 53 accesiones del género *Leucaena* en condiciones tropicales (en línea). Pastos y forrajes. 32(1). Consultado 23. oct. 2022. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000100006
- García, DE; Wencomo, HB; Medina, MG; Noda, Y; Cova, LJ; Splenger, I. 2008a. Evaluación de la calidad nutritiva de siete ecotipos de *Leucaena macrophylla* (Benth.) en un suelo ferralítico lixiviado (en línea). Rev. Fac. Agron. 25(1). Consultado 20 dic. 2022. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000100003
- Gaviria, X; Naranjo, JF; Barahona, R. 2015b. Cinética de fermentación *in vitro* de *Leucaena leucocephala* y *Megathyrus maxmus* y sus mezclas, con o sin suplementación energética (en línea). Pastos y forraes. 38(1). Consultado 31 ene. 2023. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000100006
- Gaviria, X; Rivera, JE; Barahona, R. 2015a. Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un sistema silvopastoril intenso (en línea). Pastos y forrajes. 38(2). Consultado 31 ene. 2023. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000200007

- Gómez, ME; Rodríguez, L; Murguelito, E; Ríos, CI; Méndez, MR; Molina, CH; Molina, CH; Molina, E; Molina, JP. 2002. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica (en línea). 3 ed. 171 p. consultado 23. oct. 2022. Disponible en http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4048/1/20061024152517_Arboles%20y%20arbustos%20%20forrajeros%20alimentacion%20animal.pdf
- González Figueroa, BR; Galdámez Fuentes, LA; Soriano Portillo, CC. 1989. Evaluación de diferentes niveles de haría de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) variedad K-28 en el incremento de peso de cabros en crecimiento (en línea). Tesis Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. UES. 82 p. consultado 09 ene. 2023. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/23286/1/13100710.pdf>
- Graham, NM y Searle, TW. 1972. Balances of energy and matter in growing sheep at several ages, body weights, and planes of nutrition (en línea). Australian Journal of Agricultural Research. 23(1):97-108. Consultado 07 ene. 2023. Disponible en <https://www.publish.csiro.au/cp/AR9720097>
- Gutiérrez Luna, R; Rodríguez Tenorio, D; Martínez Trejo, G; Aguirre Calderón, C; Sánchez Gutiérrez, RA. 2012. Bancos de proteína para rumiantes en el semiárido mexicano (en línea). 1 ed. Folleto técnico n° 47. D.F, México. 38 p. consultado 30 ene. 2023. Disponible en <http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/bancpro.pdf>
- Hauzé, V y Tran, G. 09 sep. 2015. *Leucaena*: (*Leucaena leucocephala*) (en línea, sitio web). Feedipedia, Animal Feed Resources Information System. CIRAD, AFZ, FAO. Citado 19 ago. 2022. Disponible en <https://www.feedipedia.org/node/282>
- HCC (Hybu Cig Cymru/Meat Promotion Wales). 2006. Practical beef cattle nutrition (en línea). Reino Unido. 22 p. Consultado 17. oct. 2022. Disponible en https://meatpromotion.wales/images/resources/Practical_Beef_Cattle_Nutrition.pdf
- ILCA (International Livestock Centre for Africa). 1989. Annual report (en línea). Addis Ababa, Ethiopia. 155 p. consultado 05 ene. 2023. Disponible en https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnabg782.pdf
- INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá). 1976. Función de las especies animales menores en la nutrición y producción de alimentos (en línea). Bressani, R (ed.). Guatemala. Boletín n°5. Consultado 05 ene. 2023. Disponible en <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/17501/v82n3p206.pdf;jsessionid=B91F36B7B5A60DB63BCC651586B71037?sequence=1>
- INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). 2012. Fundamentos de la producción ovina en la Región de La Araucanía (en línea). Romero Yañez, O y Marchan, SB (ed.). Boletín INIA n° 245, Temuco, Chile. 206 p. consultado 06 ene. 2023.

- Disponible en https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/31929/Boletin_INIA_245.pdf?sequence=1&isAllowed=y;
- INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). Conservación de forrajes (en línea). 2006. Dumont, JC (ed.). Boletín INIA n° 148. Consultado 22 dic. 2022. Disponible en <https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/5cc095363da07.pdf>
- IISD (International Institute for Sustainable Development). 14. abr. 2023. Inversión China en África aumenta mientras el valor de proyectos y el comercio bilateral decrece (en línea, sitio web). Consultado 17. oct. 2023. Disponible en <https://www.iisd.org/es/articles/inversion-china-en-africa-aumenta-mientras-el-valor-de-proyectos-y-el-comercio-bilateral>
- Lechner-Doll, M; Kaske, M; Endelhardt, WV. 1991. Factors affecting the mean retention time of particles in the forestomach of ruminants and camelids (en línea). Academic Press. 455-482 p. Consultado 31 ene. 2023. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780127022901500278>
- Lincoln University Missouri. 2022. Small ruminant program (en línea, sitio web). Consultado 06 ene. 2023. Disponible en <https://www.lincolnu.edu/cooperative-extension-and-research/programs-and-projects/small-ruminant-program.html>
- Longo, C; Nozella, EF; Cabral Filho, SLS; Lavorenti, N; Vitti, DMS; Abdalla, AL. 2018. Voluntary intake, apparent digestibility and nitrogen balance by sheep supplemented with *Leucaena leucocephala* (en línea). Livestock Research for Rural Development. 20(11). Consultado 31 ene. 2023. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Cibele-Longo-3/publication/262675140_Voluntary_intake_apparent_digestibility_and_nitrogen_balance_by_sheep_supplemented_with_Leucaena_leucocephala/links/0deec5386199221dcd000000/Voluntary-intake-apparent-digestibility-and-nitrogen-balance-by-sheep-supplemented-with-Leucaena-leucocephala.pdf
- López-Vigoa, O; Sánchez-Santana, T; Iglesias-Gómez, JM; Lamela-López, L; Soca-Pérez, M; Arece-García, J; Milera-Rodríguez, MC. 2017. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical (en línea). Pastos y forrajes. 40(2):83-95.
- Machado, R; Milera, M; Menéndez, J; García Trujillo, R. 1978. *Leucaena leucocephala* -Lam de Wit). Pastos y forrajes. 1(3):321-347.
- Martínez-Hernández, PA; Cortés-Díaz, R; Purroy-Vásquez, R; Palma-García, JM; Del Pozo-Rodríguez, PP; Vite-Cristóbal, C. 2019. *Leucaena leucocephala* (LAM.) de WIT especie clave para una producción bovina sostenible en el trópico. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 22:331-357.

- Medina, MG; García, DE; Clavero, T; Iglesias, JM. (2007). Estudio comparativo de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* durante la determinación y la etapa inicial de crecimiento (en línea). *Zootecnia tropical*. 25(2). Consultado 19 oct. 2022. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692007000200004
- Mendoza Martínez, GD y Ricalde Velasco, R. 2016. Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano (en línea). 2 ed. Diaz Franco, MA; Espinosa Cervantes, R; Golubov Figueroa, J; Gutiérrez Nava, MA; Meléndez Herrada, CA; Oreda Coria, DP; Ramos Ibáñez, N; Sánchez Mendoza, E. (eds.). México. 278 p. consultado 30 ene. 2023. Disponible en <https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/Bovinos.pdf>
- Minson, DJ. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press, Inc. San Diego, California. 882 p.
- MLA (Meat & Livestock Australia). 2006. Beef cattle nutrition an introction to the essentials (en línea). Australia. 56 p. Consultado 23. oct. 2022. Disponible en <https://futurebeef.com.au/wp-content/uploads/Beef-cattle-nutrition-An-introduction-to-the-essentials.pdf>
- Moyo, M e Ignatius, VN. 20 dic. 2017. Tasa de paso de digesta en rumiantes: ¿son diferentes las cabras? (en línea, sitio web) (original en inglés). Consultado 30 ene. 2023. Disponible en <https://www.intechopen.com/chapters/56672>
- NSVSU (Nanaji Deshmukh Veterinary Science Univesitary, Jabalpur). 2020. Nutrient requeriment of sheep (en línea). Jabalpur, India. 27 p. consultado 06 ene. 2023. Disponible en <https://www.ndvsu.org/images/StudyMaterials/Nutrition/SHEEP.pdf>
- Orden, EA; Yamaki, K; Ichinohe, T; Fujihara, T. 2000. Feeding value of ammoniated rice straw supplemented with rice bran in sheep: I. effects on digestibility, nitrogen retencion and microbial protein yield (en línea). *Asian. Aust. J. Anim. Sci.* 13(4):490-496. Consultado 31 ene. 2023. Disponible en <https://koreascience.kr/article/JAKO200023443161121.pdf>
- Ospina-Daza, LA; Buitrago-Guillen, ME; Vargas-Sánchez, JE. 2017. Identificación y degradación de mimosina, un compuesto toxico en *Leucaena leucocephala* (Lam.) de wit (en línea). *Pastos y forrajes*. 40(4):257-264. Consultado 30 ene. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/2691/269158176001/html/>
- OSU (Oklahoma State University); Oklahoma Cooperative Extension Service Division of Agricultural Sciences and Natural Resource; Departament og Animal Science. 2010. Nutrient requirements of beef cattle (en línea). Lalman, C. Oklahoma, EUA. 24 p.

- Consultado 17. Oct. 2022. Disponible en <https://extension.okstate.edu/factsheets/print-publications/e/nutrient-requirements-of-beef-cattle-e-974.pdf>
- Papachristou, TG y Nastis, AS. 1996. Influence of deciduous broadleaved woody species in goat nutrition during the dry season in northern Greece. *Small Ruminant Research*. 20:15-22.
- Parrota, JA. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Departamento de Agricultura, Servicio Forestal, Estación Experimental Forestal del Sur. New Orleans, U.S. 9 p.
- Patiño Guiza, SV. 2020. Uso de la leucaena (*Leucaena leucocephala*) y sus beneficios ambientales y económicos por su implementación en sistemas agroforestales y silvopastoriles en Colombia (en línea). Tesis Ing. Agr. Vélez, Colombia. UNAD. 52 p. Consultado 20 dic. 2022. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36851/SVPATINOG-1.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Perdomo Calderón, MF; Peña Rosa, LF; Carvajal Yasnó, JD; Murillo Saldaña, LY. 2017. Relación nutrición – fertilidad en hembras bovinas en clima tropical (en línea). *Revista electrónica de veterinaria*. 18(9):1-19. Consultado 23. oct. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653009019.pdf>
- Poonam, S y Pushpa, RK. 1995. *Leucaena leucocephala* an nutrition profile (en línea). *Sage journals*. 16(3). Consultado 20. oct. 2022. Disponible en <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/156482659501600307>
- Quiroz-Cardoso, F; Rojas-Hernández, S; Olivares-Pérez, J; Hernández-Castro, E; Jiménez-Guillen, R; Córdova-Izquierdo, A; Villa-Mancera, A; Abdel-Fattah, S. 2015. Composición nutricional, consumo e índices de palatabilidad relativa de los frutos de tres acacias en la alimentación de ovejas y cabras (en línea). *Arch. Med. Vet*. 47(1). Consultado 30 ene. 2023. Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2015000100007
- Rayburn, E. 2022. Dry matter intake by cattle (en línea, sitio web). Consultado 18 ene. 2023. Disponible en <https://extension.wvu.edu/agriculture/pasture-hay-forage/animal-nutrition/-dry-matter-intake-by-cattle>
- Rodríguez Álvarez, WE. 1991. *Gliricidia sepium*: cultivo en callejones, comparación entre proveniencias, comparación con otras especies arbustivas y valor nutritivo para el engorde de corderos y cabritos (en línea). Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 151 p. Consultado 22. oct. 2022. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/53f9b33e-6562-4a47-8850-cc3b1450d63d/content>

- Rodríguez, AA; Riquelme, EO; Randel, PF. 1998. Inclusión de leguminosas forrajeras en dietas basadas en gramíneas tropicales. II: consumo voluntario y digestibilidad aparente de nutrimentos (en línea). J. Agric. Univ. 82(1-2):39-49.
- Sánchez Ramos, A. 2016. Efecto de diferentes niveles de *Leucaena leucocephala* y *Manihot esculenta* sobre el consumo y pH ruminal en ovinos (en línea). Tesis Ing. Agr. Quintana Roo, México. ITZonaMaya. 29 p. consultado 31 ene. 2023. Disponible en http://www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/res_prof/agro/agro-2016-29.pdf
- Santiago Figueroa, I; Lara Bueno, A; Miranda Romero, LA; Huerta Bravo, M; Krishnamurthy, L; Muñoz-González, JC. 2016. Composición química y mineral de leucaena asociada con pasto estrella durante la estación de lluvias (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 16: 3173-3183. Consultado 31 ene. 2023. Disponible en [file:///C:/Users/MINEDUCYT/Downloads/admin,+Editor_a+de+secci%C3%B3n,+3173-3183+Art.%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/MINEDUCYT/Downloads/admin,+Editor_a+de+secci%C3%B3n,+3173-3183+Art.%20(3).pdf)
- Sengar, OPS. 1980. Indian research on protein and energy requirements of goats (en línea). Dairy Sci. 63:1655-1670. Consultado 09 ene. 2023. Disponible en [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(80\)83128-6/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(80)83128-6/pdf)
- Shelton, HM y Brewbaker, JL. 1994. *Leucaena leucocephala*- the most widely used forage tree legume (en línea). University of Queensland. 14 p. Consultado 19. oct. 2022. Disponible en [https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/bonaramantsina%20Leucaena%20leucocephala/Leucaena%20leucocephala%20\(1\).pdf](https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/bonaramantsina%20Leucaena%20leucocephala/Leucaena%20leucocephala%20(1).pdf)
- Shirley, RL. 1986. Nitrogen and energy nutrition o ruminants. 1 ed. Florida, U.S.A. Academic Press. 358 p.
- Silanikove, N. 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh enviroments (en línea). Small Ruminant Research. 35:181-193. Consultado 23 ene. 2023. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Nissim-Silanikove/publication/264313535_SRRreviewgoats00/links/53d89bdb0cf2631430c3283b/SRRreviewgoats00.pdf
- Silanikove, N. 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh enviromens (en línea). Small Ruminant Research. 35: 181-193. Consultado 31 ene. 2023. Disponible en <http://directory.umm.ac.id/Data%20Elmu/jurnal/S/Small%20Ruminant%20Research/Vol35.Issue3.Jun2000/1863.pdf>,

- Singh, R. 01 jun. 2021. importance of green fodder in commercial dairy farming (en línea, sitio web). Pashudan praharee. Consultado 15 oct. 2022. Disponible en <https://www.pashudhanpraharee.com/importance-of-green-fodder-in-commercial-dairy-farming/>
- Turcios Samayoa, H. 2008. Evaluación del proceso de toma de decisiones para la adopción de bancos de proteína de *Leucaena leucocephala* y su efecto como suplemento nutricional para vacas lactantes en sistemas doble propósito en el Chal, Petén. Guatemala (en línea). Tesis MS.c. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 141 p. consultado 23. oct. 2022. Disponible en https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5070/Evaluacion_del_proceso.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- UN (Naciones Unidas). 29 jun. 2022. Día internacional de los trópicos (en línea, sitio web). Consultado 19 nov. 2022. Disponible en <https://www.un.org/es/observances/tropics-day>
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2017. Características nutrimentales de gramíneas, leguminosas y algunas arbóreas forrajeras del trópico mexicano (en línea). 1 ed. Castejón Pineda, FA; Corona Gochi, L; Martínez, RR; García Pérez, A; Flores Coello, G; Lorenzana Moreno, AV; Avilés Nieto, JN; Guzmán Solís, S; Arzate, GL; Martínez Pérez, P; Anaya, RS; Olivos Aguilar, P; Valle de la Mora, B; Castillo Gallegos, E; Ramírez González, JJM; López Guerrero, I; Martínez Rojero, RD; Hernández Hernández, H; Carillo Pita, S; Soto Camargo, R; Paredes Rincón, S; Valle Cerdán, J. Ciudad de México, México. LFCV. 172 p. Consultado 23. oct. 2022. Disponible en https://papimes.fmvz.unam.mx/proyectos/manuales_nutricion/Manual_Fracciones.pdf
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2012. Producción de leche con ganado bovino: alimentación. Escobosa Laveaga, A y Ávila Téllez, S (eds.). 62 p. Consultado 18. oct. 2022. Disponible en http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Requerimientos_de_Vacunos_de_Leche.pdf
- USDA (United States Departamento of Agriculture). 2017. Classification for kingdom plantae down to soecies *Leucaena leucocephala* (lam) de wit (en línea, sitio web). Consultado 20. oct. 2022. Disponible en <https://plants.usda.gov/home/classification/79917>
- Voicu, I; Burlacu, GH; Rodica-Diana, C; Voicu, D. 1993. Study on the energy and protein requeriments in goats. Journal of Applied Animal Research. 4:47-61.

- Zapata-Campos, CC y Mellado-Bosque, MA. 2021. La cabra: selección y hábitos de consumo de plantas nativas en agostero árido (en línea). Ciencia UAT. 15(2):169-185. Consultado 31 ene. 2023. Disponible en <https://revistaciencia.uat.edu.mx/index.php/CienciaUAT/article/view/1409/803>
- Zarate-Martínez, J; Juárez-Lagunes, FI; Ríos-Utrera, A; Montero-Lagunes, M; Fragoso-Isaías, A. 2021. Consumo de FDN y su efecto sobre la respuesta a la IATF en vacas del trópico de México (en línea). Reviste MVZ Córdoba. 27(1)

11. ANEXOS

Cuadro A-1. Base de datos diseñada para la extracción de información de los estudios

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following columns: Study, Trial, Country, Grass, Legume, Type, Plants/other, Hay/FT, Fresh, Feeds, Animals, Species, Physiological characteristics, and Legume content. The data includes studies from various countries like India, Australia, Kenya, and Samoa, involving different types of grass and legume treatments.

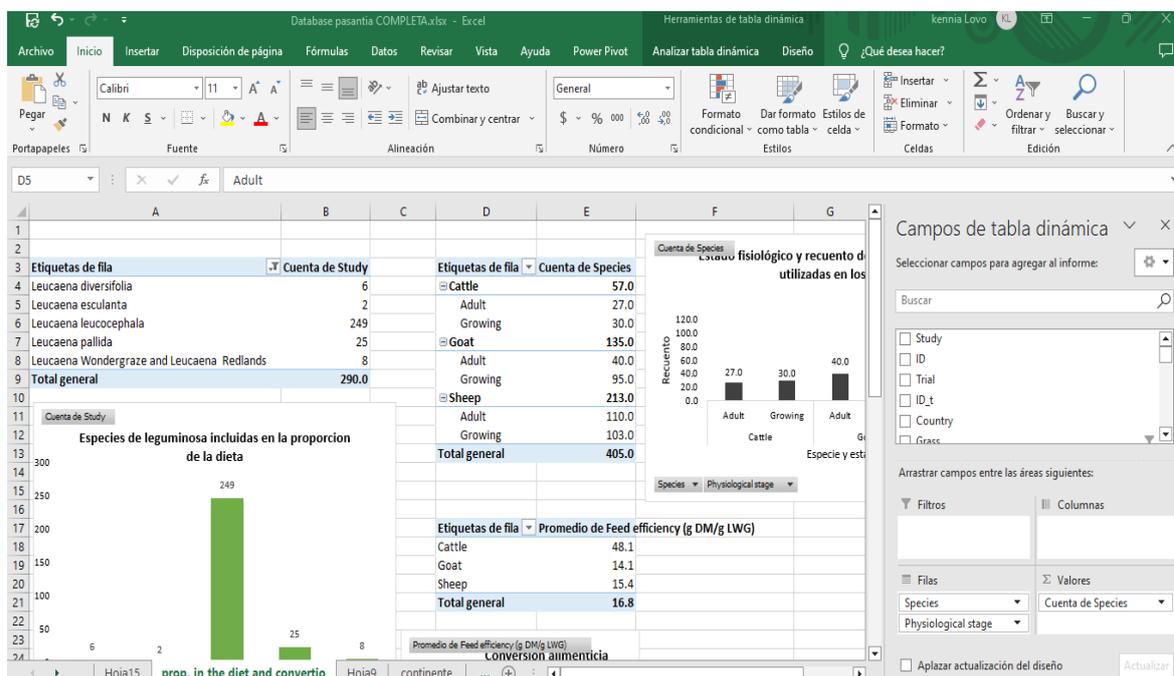
Cuadro A-2. Composición química de heno de pasto Rhodes (*Chloris gayana*) y Leucaena (*Leucaena leucocephala*) variedad. Redlands y Wondergraze

	Pasto Rhodes		Leucaena	
			Redlands	Wondergraze
n	12	18	18	
MS (%)	86.48±0.01	35.99±0.03	34.72±0.03	
Ceniza (%)	7.00±0.29	7.50±0.51	7.32±0.73	
PC (%)	5.12±0.39	15.36±1.84	14.17±1.52	
DMS (%)	41.61±1.47	61.34±4.42	61.88±3.14	
FDN (%)	73.09±1.18	46.14±2.07	45.05±2.00	
FDA (%)	47.59±1.56	32.50±3.33	33.83±2.85	
(%)	25.50±1.45	13.64±3.03	11.22±2.40	

Fuente. Tomado de Stinfkens *et al*, 2022:625

MS, materia seca; DMS, digestibilidad de materia seca; FDN, fibra detergente neutra; FDA, fibra detergente ácida

Cuadro A-3. Ejemplo del diseño de figuras descriptivas con tablas dinámicas en Microsoft Excel.



Cuadro A-4. Existencias de ganado caprino en los continentes americano, asiático, oceánico y africano

		2018	2019	2020
Continente	Unidad	Valor	Valor	Valor
América	Cabeza	38.203.916,00	38.514.650,00	39.496.765,00
Asia	Cabeza	553.690.350,00	564.138.856,00	569.917.318,00
Oceanía	Cabeza	4.059.815,00	4.311.996,00	4.319.010,00
África	Cabeza	450.930.206,00	479.458.711,00	485.975.408,00

Fuente. Elaborado con base en FAO 2023.

Cuadro A-5. Existencias de ganado ovino en los continentes americano, asiático, oceánico y africano

		2018	2019	2020
Continente	Unidad	Valor	Valor	Valor
América	Cabeza	80.446.651,00	82.691.768,00	82.867.148,00
Asia	Cabeza	520.548.437,00	531.798.420,00	553.510.485,00
Oceanía	Cabeza	97.400.785,00	92.619.049,00	89.599.052,00
África	Cabeza	384.554.014,00	406.014.000,00	414.452.108,00

Fuente. Elaborado con base en FAO 2023.

Cuadro A-6. Existencias de ganado bovino en los continentes americano, asiático, oceánico y africano

Continento	Unidad	2018	2019	2020
		Valor	Valor	Valor
Américas	Cabeza	523.351.465,00	528.029.872,00	531.125.774,00
Asia	Cabeza	455.446.237,00	462.065.659,00	465.676.119,00
Oceanía	Cabeza	36.984.212,00	35.360.715,00	34.054.693,00
África	Cabeza	352.117.930,00	360.798.205,00	376.316.503,00

Fuente. Elaborado con base en FAO 2023.

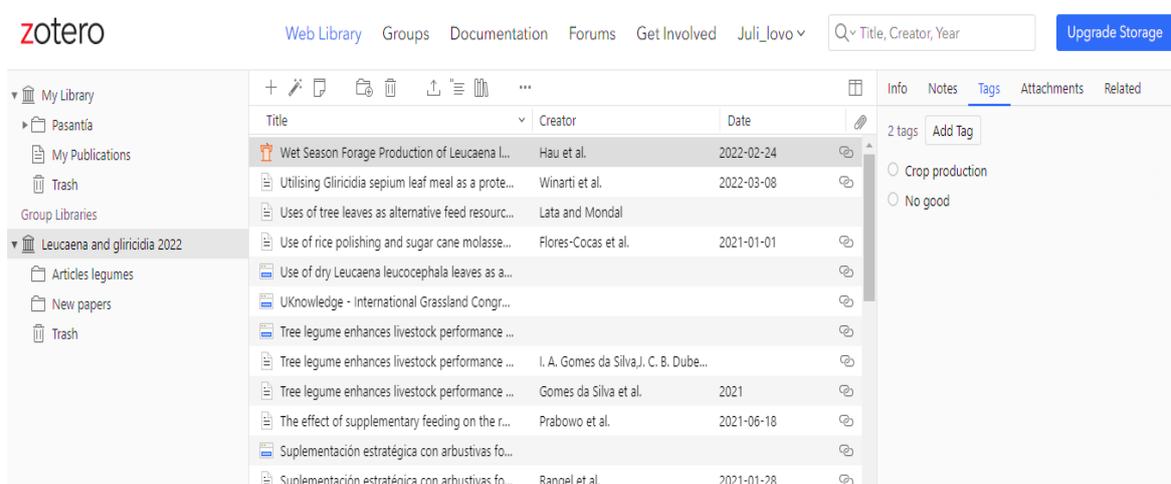


Figura A-1. Gestor de referencias bibliográficas utilizado para guardar los links de los documentos utilizados en esta investigación.

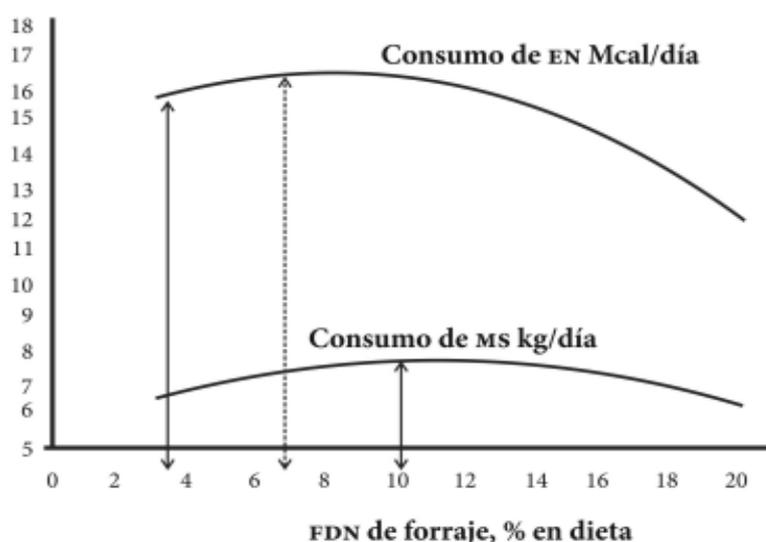


Figura A-2. Relación del contenido de FDN con el consumo y energía en dietas para ganado.

Fuente. Tomado de Mendoza y Ricalde 2016:87

A-1. La composición química fue presentada para cada componente de la dieta (cuadro A-2), pero no fue calculada posteriormente para cada tratamiento o prueba del experimento, por lo que fue necesario realizar los siguientes cálculos.

1- Sumatoria de la composición química de cada elemento de las dos variedades de Leucaena

$$35.99\% \text{ Redlands} + 34.72\% \text{ Wondergraze} = 70.71\% \text{ de MS}$$

2- División del resultado obtenido

$$70.71/2 = 35.35\% \text{ de MS}$$

3- Conversión de unidades, de % a gr/kg

$$35.35\% \times 10 = 353.55 \sim 354 \text{ gr/kg de MS Leucaena}$$

$$86.48\% \times 10 = 864.8 \sim 865 \text{ gr/kg de MS pasto Rhode}$$

Este procedimiento se realizó para cada uno de los nutrientes del análisis químico; luego conociendo el porcentaje de inclusión de Leucaena (0 %, 18%, 36% y 48%) y pasto Rhode (100%, 82%, 64% y 52%) respectivamente, se realizó en siguiente cálculo para cada nutriente.

Tratamiento 1

Composición química de cada nutriente x porcentaje de inclusión de cada ingrediente de la dieta

$$354 \text{ gr/kg de MS Leucaena} \times 0.18 = 63.72 \text{ gr/kg}$$

$$865 \text{ gr/kg de MS Rhode Grass} \times 0.82 = 709.3 \text{ gr/kg}$$

Para obtener el valor total de materia seca del tratamiento, se sumaron ambos resultados $63.72 + 709.3 = \underline{773.02 \text{ gr/kg}}$ de materia seca para el tratamiento 1.

Este procedimiento se repitió para cada uno de los tratamientos de los estudios que no brindaban la composición química total de la dieta.

