



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TIPIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN
PARA GANADO DE DOBLE PROPÓSITO EN SISTEMA
AGROSILVOPASTORILES EN EL SUR DEL ESTADO DE
MÉXICO**

TESIS

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

PRESENTA:

CYNTHIA ANGÉLICA AGUIRRE SÁNCHEZ

Temascaltepec de González, México. Mayo 2026.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TIPIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN
PARA GANADO DE DOBLE PROPÓSITO EN SISTEMA
AGROSILVOPASTORILES EN EL SUR DEL ESTADO DE
MÉXICO**

TESIS

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

PRESENTA:

CYNTHIA ANGÉLICA AGUIRRE SÁNCHEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. ANASTACIO GARCÍA MARTÍNEZ

CO-DIRECTOR

DR. BENITO ALBARRÁN PORTILLO

TUTORA

DRA. SHEREZADA ESPARZA JIMÉNEZ

Temascaltepec de González, México. Mayo 2026.

RESUMEN

La región sur del Estado de México se caracteriza por su actividad ganadera enfocada en la producción de leche y carne bajo sistemas de doble propósito; sin embargo, la alimentación del ganado representa el principal costo de producción y está fuertemente condicionada por la estacionalidad del forraje y las condiciones agroclimáticas. En este contexto, el objetivo del estudio fue tipificar las unidades de producción (UP) en función de sus estrategias de alimentación y analizar el efecto del manejo alimenticio sobre su desempeño socioeconómico. Se evaluaron 213 UP ubicadas en los municipios de Amatepec, Tejupilco, Tlatlaya y Zacazonapan. La información se analizó mediante estadística multivariada, utilizando un Análisis de Componentes Principales (ACP) para la reducción de la dimensionalidad de los datos y un Análisis Clúster (AC) para la clasificación de las UP. Posteriormente, las variables sociales, estructurales y económicas se analizaron mediante un modelo general lineal (MGL) y prueba de Tukey para la comparación entre grupos.

El ACP presentó una medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin de 0.608, con una prueba de Bartlett significativa ($P < 0.05$), y cuatro componentes que explicaron el 74.23% de la varianza total. El análisis clúster permitió identificar cuatro grupos: i) suplementos para vacas (G1SV), ii) semi-intensivo (G2SI), iii) suplementos para engorda (G3SE) y iv) tradicional (G4T). El G1SV se caracterizó por hatos grandes, mayor intensificación y los mayores ingresos e indicadores económicos; el G3SE mostró viabilidad económica asociada a la engorda; el G2SI presentó los valores más bajos en indicadores económicos, evidenciando ineficiencia productiva; mientras que el G4T, con sistemas extensivos y bajo uso de insumos externos, registró menores costos y mayor eficiencia en el uso de recursos propios. La alimentación representó el componente más importante del costo de producción en todos los grupos, alcanzando hasta el 70% del total ($P < 0.05$).

Se concluye que las estrategias de alimentación en sistemas de doble propósito están determinadas por la interacción entre la disponibilidad de forraje, las condiciones agroclimáticas y la capacidad económica del productor. La eficiencia económica no depende del nivel de intensificación, sino del uso estratégico de los insumos. La tipificación obtenida constituye una herramienta clave para el diseño de estrategias alimenticias adaptadas a cada unidad de producción, favoreciendo la sostenibilidad y rentabilidad de los sistemas.

ABSTRACT

The southern region of the State of Mexico is characterized by its livestock activity focused on milk and meat production under dual-purpose systems; however, livestock feed represents the main production cost and is strongly influenced by forage seasonality and agroclimatic conditions. In this context, the objective of this study was to typify production units (PUs) based on their feeding strategies and analyze the effect of feed management on their socioeconomic performance. Two hundred and thirteen PUs located in the municipalities of Amatepec, Tejupilco, Tlatlaya, and Zacazonapan were evaluated. The data were analyzed using multivariate statistics, employing Principal Component Analysis (PCA) for dimensionality reduction and Cluster Analysis (CA) for PU classification. Subsequently, social, structural, and economic variables were analyzed using a general linear model (GLM) and Tukey's test for comparison between groups.

The principal component analysis (PCA) showed a Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy of 0.608, with a significant Bartlett's test ($P < 0.05$), and four components that explained 74.23% of the total variance. Cluster analysis identified four groups: i) cow supplements (G1CS), ii) semi-intensive (G2SI), iii) fattening supplements (G3FS), and iv) traditional (G4T). G1CS was characterized by large herds, greater intensification, and the highest income and economic indicators; G3FS showed economic viability associated with fattening; G2SI presented the lowest values in economic indicators, demonstrating productive inefficiency; while G4T, with extensive systems and low use of external inputs, registered lower costs and greater efficiency in the use of its own resources. Feed represented the most significant component of production costs in all groups, reaching up to 70% of the total ($P < 0.05$).

It is concluded that feeding strategies in dual-purpose systems are determined by the interaction between forage availability, agro-climatic conditions, and the producer's economic capacity. Economic efficiency does not depend on the level of intensification, but rather on the strategic use of inputs. The resulting classification constitutes a key tool for designing feeding strategies adapted to each production unit, promoting the sustainability and profitability of the systems.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	10
ANTECEDENTES	12
1. SITUACIÓN GANADERA ACTUAL.....	12
1.1. Producción de carne y leche	12
2. PRODUCCIÓN GANADERA EN MÉXICO	12
3. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA	13
3.1 Sistemas de producción en estabulación	13
3.2 Sistemas de producción en semiestabulación	13
3.3 Sistemas de producción en pequeña escala o familiar	13
3.4 Sistemas de producción de doble propósito.....	14
4. ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN PARA GANADO DOBLE PROPÓSITO.....	15
5. AGROFORESTERÍA COMO ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DOBLE PROPÓSITO	16
5.1. SISTEMAS SILVOPASTORILES PARA PRODUCCIÓN DOBLE PROPÓSITO	
17	
5.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DOBLE PROPÓSITO EN SISTEMAS SILVOPASTORILES.....	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	21
HIPÓTESIS	22
JUSTIFICACIÓN	23
OBJETIVOS.....	24
METODOLOGÍA (MATERIALES Y MÉTODOS).....	25
Área de estudio	25
Análisis de la información	25
Tamaño de la muestra.....	25
Tipología de unidades de producción.....	25
Análisis de Componentes Principales	26
Análisis Clúster Jerárquico.....	26
RESULTADOS	28
“TIPIFICACIÓN DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO EN FUNCIÓN DEL MANEJO Y USO DE INSUMOS ALIMENTICIOS DISPONIBLES EN SISTEMAS DE DOBLE PROPÓSITO”	28

“EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN Y RENTABILIDAD EN SISTEMAS DE GANADO DE DOBLE PROPÓSITO”	30
DISCUSIÓN.....	32
CONCLUSIONES.....	35
REFERENCIAS	36

INTRODUCCIÓN

La alimentación engloba un sinnúmero de aseveraciones si de ganado se habla, ya que, además de la correcta administración de los nutrientes necesarios para cubrir sus requerimientos, deben considerarse todos aquellos factores ajenos como la calidad del forraje y la disponibilidad de balanceados comerciales (Rojo- Rubio *et al.*, 2013), así como también factores propios del animal, principalmente su capacidad de aprovechar los nutrientes que consume y su transformación en carne o leche (García-Martínez *et al.*, 2017). Su importancia radica en que más de 80% del costo total de producción, son erogaciones en efectivo por esta actividad (Aguirre-Sánchez *et al.*, 2023).

En el caso de la ganadería doble propósito, que consiste en la producción de leche y carne en las zonas tropicales, tiene una significativa dependencia de los pastos y especies forrajeras para la alimentación del ganado (Nájera-Garduño *et al.*, 2016) y aunque estos representan una fuente de alimento de bajo costo, su valor nutricional depende de factores como la especie, época del año y clima, entre otros (Piedra-Matías, 2010).

Este tipo de ganadería predomina en el sur del estado de México, caracterizado por la presencia de ganado que se ha adaptado a las condiciones antes mencionadas y predomina el ganado criollo y encastado entre razas cebuinas (*Bos indicus*) como Brahman, Guzarat e Indubrasil y razas lecheras europeas (*Bos taurus*), principalmente Holstein Friesian y Pardo Suizo (Piedra-Matías, 2010). Por la abundante disponibilidad de tierra, pero también por la presencia de superficies accidentadas, lomeríos y montañas con pendientes muy pronunciadas que dificultan el establecimiento de cultivos, por lo que la manera más sencilla para aprovechar los recursos forrajeros que el medio provee, es a través de la ganadería (Albarrán-Portillo *et al.*, 2018).

Sin embargo, en esta región se tienen dos épocas definidas, la época de lluvias caracterizada por la abundante disponibilidad de forraje de buena calidad, y por otro lado la época de estiaje, época más larga del año y cuya disponibilidad de forraje es considerablemente menor, así como su valor nutricional, por lo que la utilización de insumos externos y su nivel de utilización está determinada con base en la época del año, elevando considerablemente los costos de producción sobre todo en el periodo de estiaje, por lo que surge la preocupación de planificar estrategias de alimentación con base a los insumos disponibles en la unidad de

producción (UP) (García-Martínez *et al.*, 2015), sí y solo sí, cumplen con los requerimientos nutricionales del animal y se adaptan a la economía de los ganaderos, al mismo tiempo que deben favorecer la salud, la producción y reproducción del ganado (Aguirre-Sánchez, *et al.*, 2023).

Los pastizales han destacado como el insumo más utilizado en el trópico seco del Estado de México debido a la gran abundancia de superficie que se posee, entendiendo como pastizal a una comunidad vegetal natural en agostadero mayoritariamente herbácea de baja calidad, que se aprovecha a diente (Ferrer *et al.*, 2001); mientras que la utilización de praderas para pastoreo y de corte, así como el ensilado de maíz, son poco utilizados en la alimentación del ganado, (Aguirre-Sánchez, *et al.*, 2023). Desde esta perspectiva, los sistemas agro y silvopastoriles se postulan como una alternativa que provee forraje alternativo sobre todo en la época de estiaje lo cual favorece la producción de carne y leche, a la vez que mejoran el ambiente en el que se desarrollan (Vences-Pérez *et al.*, 2015).

En este tenor la planificación estratégica a corto plazo de la alimentación del ganado es fundamental para el correcto funcionamiento de la UP y para el aprovechamiento de los forrajes producidos en la misma (Esparza-Jiménez *et al.*, 2021). Por lo que el objetivo del presente trabajo será tipificar las estrategias alimentación y su eficiencia en la producción de leche o carne por ganado de doble propósito en trópico seco, bajo un sistema de manejo agrosilvopastoril.

ANTECEDENTES

1. SITUACIÓN GANADERA ACTUAL

1.1. Producción de carne y leche

A nivel mundial, la producción de carne de bovino ascendió a 69,346,116 toneladas durante 2022, siendo los principales productores Estados Unidos, Brasil, China, Argentina, México, Australia, Rusia, Turquía, Canadá y Francia (FAOSTAT, 2024).

Según la OCDE-FAO (2024a) las proyecciones para producción de carne de bovino indican que crecerá significativamente en el periodo comprendido entre 2020 y 2029, por el repunte de los principales países productores; Argentina, Brasil y Estados Unidos, mientras que Australia mantendrá su oferta, debido a las condiciones de sequía que enfrentó durante este periodo.

Por otra parte, cifras dadas por la FAOSTAT (2024), indican una producción de leche de 753,320,577 toneladas a nivel mundial para el año 2022. Durante 2023 la unión europea resaltó por la mayor producción, seguida por Estados Unidos, India, China, Rusia, Nueva Zelanda, Reino Unido, México, Argentina y Canadá (Orús, 2024).

Proyecciones dadas por la OCDE-FAO (2024b) para el decenio 2020 - 2029, estiman que la producción mundial de leche crecerá 1.6% por año, pudiendo alcanzar los 997 millones de toneladas. Esto indica un crecimiento acelerado de leche, superior a otros productos agropecuarios importantes. Este crecimiento fue resultado de un incremento significativo en el número de cabezas por hato y no del rendimiento individual. En este tenor, se observó que en este decenio India y Pakistán tendrán una aportación importante en el crecimiento de la producción lechera mundial, mientras que países como Japón, México, la zona de Medio Oriente y África del Norte mantendrán su nivel de importancia en las importaciones de productos lácteos. Sin embargo, China y México, se siguen manteniendo en los primeros lugares como importadores de los productos lácteos, sobre todo de leche en polvo.

2. PRODUCCIÓN GANADERA EN MÉXICO

Cifras dadas por la FAOSTAT (2024) indican que México tuvo una producción de leche de 13,497,999 toneladas y 2,175,577 toneladas de carne al término del año 2022.

El sector lechero en México es considerado fuerte ya que ha tenido un crecimiento acumulado del 9% en la producción en los últimos 5 años. Jalisco es el estado líder por excelencia en la producción del país, generando 20.7% de la producción total nacional, seguido de Coahuila, Durango y Chihuahua (Villalobos-Arámbula, 2023).

Por otro lado, la producción de carne superó los dos millones de toneladas en el 2022, con un aumento de 50,000 toneladas aproximadamente en comparación con lo reportado durante 2021 (STATISTA, 2024). En este sentido, Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí, Durango, Baja California, Sinaloa, Chiapas, Michoacán, Chihuahua y Sonora fueron los principales estados productores a nivel nacional (SIAP, 2023).

3. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA

3.1 Sistemas de producción en estabulación

Este tipo de sistemas se caracterizan por la presencia de hatos grandes, el ganado se encuentran estabulado y mayor nivel de tecnificación (Hernández *et al.*, 2013). El sistema, también se caracteriza por contar con alojamientos conformados por corrales abiertos, con una cama de tierra, un área de sombra bien definida, comederos y bebederos de concreto dispuestos de forma lineal (Vitela *et al.*, 2005).

3.2 Sistemas de producción en semiestabulación

Los llamados sistemas semiestabulados se caracterizan por tener un tamaño mediano en cuestión de superficie y del hato. Existe un mayor recurso destinado en asistencia técnica y mano de obra, se caracterizan por la dependencia de insumos externos y sus ingresos se generan por la venta de becerros y machos engordados (García-Martínez *et al.*, 2015)

3.3 Sistemas de producción en pequeña escala o familiar

A nivel nacional el 88% de las unidades de producción corresponden a la producción en pequeña escala. Este tipo de sistemas se caracteriza por ser manejado por la mano de obra que aporta el grupo familiar, y es el tipo de sistema que cuenta con menor superficie y hato pequeños. La alimentación se basa en rastrojo, pajas de cereales, pastoreo, y en cierta medida de balanceados comerciales. Este tipo de sistemas son considerados como una alternativa fundamental para el desarrollo rural por la producción de leche y carne que representan, además de los empleos que generan en zonas rurales (Martínez-García y Rayas-Amor, 2022).

3.4 Sistemas de producción de doble propósito

Los sistemas de producción de doble propósito tienen como objetivo la producción y comercialización de leche y carne. La alimentación se basa en el pastoreo directo en pastizales nativos y pastos introducidos y un moderado uso de complementos y suplementos (Granados-Rivera *et al.*, 2018).

Según Juárez-Barrientos (2015), los sistemas de doble propósito se entienden como ecosistemas intervenidos por los productores, donde el manejo del ganado se lleva a cabo mediante la gestión de los elementos que los conforman como pastos, árboles, arbustos. Esto con el objetivo de producir leche y carne y asimismo aumentar los ingresos. El autor señala que estos sistemas deben ajustarse a las condiciones agrometeorológicas, al entorno y a las prácticas y costumbres del lugar en el que se establecen, ya que cada factor influye en la adopción de nuevas tecnologías.

Asimismo, Urdaneta de Galué *et al.* (2008) mencionaron que las modalidades del sistema doble propósito se establecen en función de los objetivos del productor, las condiciones agroecológicas, el nivel de tecnología y las razas del ganado presentes. En este tenor, gracias a su flexibilidad y estabilidad se han podido adaptar a toda clase de condiciones agroecológicas y socioeconómicas.

Particularmente en la región tropical de México, este tipo de sistemas basan su alimentación en pastos nativos o inducidos bajo un manejo rotacional del ganado y mínima suplementación durante la época de estiaje. El ordeño se da una vez al día de manera tradicional, permitiendo al becerro mamar después de esta actividad. Las razas más frecuentes son las encastadas de Cebú (*Bos indicus*) con razas *Bos Taurus*, como Pardo Suizo, Holstein, Jersey y Simmental. Los hatos van de pequeños a medianos, que aprovechan aquellas superficies que por sus condiciones topográficas no pueden utilizarse para los cultivos. El nivel de tecnificación puede variar ligeramente, sin embargo, suele ser limitado (Magaña- Monforte *et al.*, 2006).

La importancia de este sistema en México radica sobre todo a que se desarrolla en más de 48 millones de hectáreas y agrupa alrededor del 45% del inventario bovino nacional (Granados-Rivera *et al.*, 2018). Se encuentra distribuido en todo el país, pero la mayor parte; alrededor de 80% se concentra en Chiapas, Tabasco, Veracruz y la región de las Huastecas, ya que son

los estados que poseen las características agrometeorológicas idóneas para el establecimiento de este tipo de sistemas (Arrieta-González *et al.*, 2022).

4. MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN EN GANADO DOBLE PROPÓSITO

Reyes *et al.* (2013) señalaron que, en sistemas doble propósito, como en cualquier sistema pecuario, el consumo voluntario de alimento es un factor clave para que el animal exprese su potencial productivo. Asimismo indicaron que en las regiones tropicales, este tipo de sistemas basan la alimentación en el uso de pastos, arbustos y árboles principalmente, los cuales pueden verse afectados por las condiciones agrometeorológicas, repercutiendo en el rendimiento productivo y modificando el comportamiento alimenticio de los animales

Mejía-Haro (2002), indicó que la toma de decisiones para la nutrición del ganado debe basarse en cuatro elementos fundamentales: los requerimientos nutricionales del animal, para asegurar su adecuado desarrollo y desempeño productivo, el valor nutricional de los alimentos disponibles, la digestibilidad de dichos insumos y la cantidad de alimento consumida.

Por lo anterior, en países de clima tropical o templado, los forrajes son fundamentales en el establecimiento de estrategias de alimentación. Sin embargo, Riquelme *et al.* (2008) resaltaron que, aunque es uno de los sistemas de alimentación más utilizado, el pastoreo como estrategia alimenticia podría ser considerado desventajoso desde el punto de vista de la nutrición, ya que existe un bajo consumo de materia seca y de energía metabolizable y en algunas ocasiones de proteína, lo que provoca una reducción en el potencial para la producción lechera. Mientras que García-López (2010), resaltó la importancia de la utilización de los suplementos para el aprovechamiento óptimo de los pastos.

Al respecto, Martínez *et al.* (2001) indicaron que exponer al ganado por periodos prolongados a forraje de mala calidad y sin una apropiada suplementación puede provocar alteraciones en el correcto funcionamiento de la glándula tiroides, lo cual, a su vez, dependiendo del grado de alteración, puede provocar disminución en la producción de la leche, problemas reproductivos o pérdida de peso y condición corporal.

Zepeda-Cancino *et al.* (2016) señalaron que, en México, especialmente en trópico seco, el sistema de alimentación predominante es el pastoreo extensivo, principalmente por ser

considerado un alimento de bajo costo. Sin embargo, aunque esta práctica resulta económicamente accesible, bajo ciertas condiciones, bajo ciertas condiciones puede generar más limitaciones que beneficios. Entre estas, destaca la degradación progresiva de la pastura, lo que repercute negativamente en la productividad y rentabilidad del sistema, al incrementar la dependencia de insumos externos, particularmente alimentos balanceados comerciales.

Asimismo, este modelo ha favorecido la expansión de la actividad ganadera, lo que se ha traducido en una mayor deforestación y en la reducción de servicios ambientales. Por otra parte, el sistema ha provocado una expansión de la producción ganadera, lo cual se traduce en una mayor y constante deforestación de los bosques y en una importante disminución de los servicios ambientales. Por otra parte, Riquelme *et al.* (2008), indicaron que existen diversos factores que afecta el comportamiento al pastoreo y consumo de balanceados comerciales. En este sentido, el efecto de sustitución entre el consumo de forraje y concentrado dependen de estas condiciones específicas.

5. AGROFORESTERÍA COMO ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DOBLE PROPÓSITO

García-Martínez y Flores-Cardoso (2018) conceptualizan la agroforestería como un enfoque multidisciplinario que integra prácticas ecológicamente viables, promoviendo el uso conjunto de árboles y arbustos, ya sea nativos o introducidos, cultivos y animales, de forma tal que interactúen dentro del mismo ecosistema, lo que permite alcanzar niveles adecuados de productividad en el tiempo. Por su parte la FAO (2024) la describe como un sistema dinámico de manejo ecológico que articula los distintos componentes y recursos de un ecosistema, con el propósito de diversificar y optimizar la producción mediante la integración de los árboles con cultivos y animales, contribuyendo así a mejorar los aspectos económicos y sociales y ambientales. Este tipo de sistemas se han adoptado a nivel mundial y, aunque comparten principios comunes, se ajustan a las condiciones y necesidades específicas de cada región. Sánchez (1999), resaltó la importancia de los sistemas agroforestales, haciendo énfasis en los beneficios que estos proveen al aumento de la biodiversidad animal y vegetal. A continuación se enumeran las categorías en la clasificación de los sistemas agroforestales con componente pecuario:

1. Pastoreo en bosques naturales

2. Pastoreo en plantaciones forestales para madera
3. Pastoreo en huertos
4. Pastoreo en plantaciones de árboles con fines industriales
5. Praderas con árboles o arbustos forrajeros en las praderas.
6. Sistemas integrados mixtos con árboles forrajeros o multipropósito para corte.
7. Sistemas agroforestales especializados para la producción animal intensiva

Este último se basa en el aumento en la producción animal con la menor dependencia de insumos externos, esto con la ayuda de la producción de forrajes de alto valor nutricional en conjunto con plantas leguminosas, con los cuales se reduce o elimina el consumo de balanceados comerciales, sin afectar la producción lechera y su calidad.

5.1. SISTEMAS SILVOPASTORILES PARA PRODUCCIÓN DOBLE PROPÓSITO

Sánchez *et al.* (2006) mencionaron que, debido al desarrollo agropecuario en México, se ha promovido el uso de alternativas en los sistemas alimenticios de los animales, preferentemente a base de pastizales, los cuales pueden satisfacer todas las exigencias nutricionales del ganado.

Una de estas alternativas son los conocidos sistemas silvopastoriles, ya que son una excelente opción para una producción sostenible, sin mencionar que promueven la conservación del entorno y sus organismos, que también resultan en beneficio de la producción.

Los rumiantes, por las características particulares del tracto digestivo (rumen, retículo omaso y abomaso) y su carácter fermentativo, les permite aprovechar la producción alimentos en estos sistemas, que otros animales no pueden.

Bajo los sistemas convencionales de producción de bovinos, en donde predominaba el uso de monocultivos, se veía la necesidad de proveer al animal con una cantidad considerable de suplementos para compensar la poca disponibilidad del forraje o en su defecto, la baja calidad de este. Esto dio paso al aprovechamiento de los sistemas silvopastoriles los cuales buscan

la alimentación del ganado basado en pastizales, bajo un enfoque de beneficio mutuo (Sánchez *et al.*, 2006).

Aguilar-Pérez *et al.* (2019), definen un sistema silvopastoril como una alternativa de producción pecuaria que involucra árboles y/o arbustos que a su vez interactúan con las especies herbáceas forrajeras y animales bajo un sistema de manejo integral, lo cual trae consigo mejoras en la productividad y en el beneficio económico. Ellos mismos indicaron que la inclusión de leguminosas y gramíneas de manera individual o en asociación resulta sumamente beneficioso sobre la oferta y calidad de la dieta para el ganado que produce leche y carne. En el mismo análisis se hace referencia a varios estudios en los que se obtuvo incrementos significativos tanto en la producción de leche como en la ganancia de peso por animal al introducir leguminosas en pastizales tropicales. Por otra parte, Casermeiro *et al.* (2008) indicaron que un sistema silvopastoril (SSp) manejado adecuadamente, brinda un ambiente de confort para el animal, para los pastos y el suelo trabajado, lo cual se ve reflejado directamente en la calidad del forraje obtenido de manera constante. Desde esta perspectiva, Zepeda Cancino *et al.* (2016), indicaron que la interacción de plantas leñosas perennes (árboles y arbustos), leguminosas herbáceas y pastos en general, favorecen una alimentación completa para el ganado, una importante disminución de la adquisición de insumos externos, incrementar la carga animal, reforestación, disminución en la producción de gases de efecto invernadero, menor erosión del suelo y el restablecimiento de la vegetación y animales nativos y una excelente opción para la ganadería sostenible.

5.2.IMPACTO ECONÓMICO DEL DOBLE PROPÓSITO EN SISTEMAS SILVOPASTORILES

Un sistema silvopastoril (SSp) ofrece a los productores una alternativa productiva para obtener productos (leche y carne) de calidad sin incrementar los costos asociados al establecimiento y mantenimiento de los pastos, en contraste con los sistemas convencionales que dependen de praderas cultivadas. Entre ambos sistemas no existen diferencias significativas en producción relacionada con cantidad y calidad, lo cual evidencia aún más sus ventajas (Casermeiro *et al.*, 2008).

Milera (2013), reportó que los sistemas basados en la asociación de especies incrementan la biodiversidad y favorecen el desarrollo de sistemas más autosuficientes. Además que actúan

como reguladores de la radiación solar contribuyendo a mantener condiciones adecuadas de temperatura y humedad, lo que reduce el deterioro del suelo y mejora su calidad, favoreciendo su conservación frente a variaciones climáticas. Estas condiciones promueven la disponibilidad de forrajes durante todo el año, mejorando la alimentación del ganado, disminuyendo la dependencia de insumos externos y, en consecuencia, reduciendo los costos de producción.

Asimismo el autor señaló que los sistemas silvopastoriles benefician el establecimiento de especies de diversas especies de insectos, debido a la generación de microclimas dentro del sistema, lo que resulta benéfico para su funcionamiento. La incorporación de especies arbóreas, además de aportar valor nutricional, puede cubrir los requerimientos del ganado, reducir costos y mejorar la digestibilidad de la dieta, lo que a su vez contribuye a disminuir la producción de metano en el rumen y, por ende, a mitigar los efectos del cambio climático.

Por su parte la FAO (2024) indica que los SSp generan múltiples beneficios del tipo económico, sociocultural y ambiental, particularmente para pequeños productores, al diversificar la oferta de productos y servicios dentro de las unidades de producción.

A pesar de todo lo anteriormente mencionado, sigue habiendo una resistencia a la adopción de estos sistemas, esto debido principalmente a la escases y falta de acceso a la capacitación y asistencia técnica, y el bajo capital para el establecimiento de estos (Zepeda-Cancino *et al.*, 2016).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La alimentación del ganado doble propósito se basa principalmente en la utilización de forrajes e insumos externos, especialmente granos y balanceados comerciales. La utilización de tales insumos se determina con base a la época del año; uso mínimo durante la época de lluvias, la cual se caracteriza por la abundante producción de forraje y alta calidad nutritiva de este, e incremento en su utilización durante la época de secas en la cual el forraje es escaso y de mala calidad, es la época en la que se tiene mayor dependencia de insumos externos. Esta situación eleva considerablemente los costos de producción, de ahí la preocupación para planificar estrategias de alimentación con base a los insumos disponibles en la propia unidad de producción, sí y solo sí, cumplen con los requerimientos nutricionales del animal y se adapten a la situación económica de los productores, además de promover la salud, producción y reproducción del animal. En este tenor la tipificación de estrategias de alimentación es fundamental para conocer el estado actual de la producción de forrajes y la planificación a corto plazo de la alimentación del ganado, en función de los insumos de mayor presencia en las UP.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo afecta la época del año y la disponibilidad de forraje en la formulación de estrategias de alimentación para ganado de doble propósito y en su eficiencia productiva bajo un sistema agrosilvopastoril de trópico seco?

HIPÓTESIS

La época del año determina las estrategias de alimentación de ganado de doble propósito en un sistema agrosilvopastoril, en la región de trópico seco en el suroeste del estado de México afectando la eficiencia productiva y económica de las unidades de producción.

JUSTIFICACIÓN

A lo largo de los años, el sector ganadero ha buscado mejorar la productividad y calidad tanto de leche como de carne. Sin embargo, aunque aspectos como la genética afectan de manera directa esta condición, la alimentación del ganado es un factor que impacta en la producción de manera significativa, provocando que existan diferencias productivas entre vacas con las mismas características o entre razas. Demostrar estas diferencias y evaluar el impacto de cada una de ellas ayudará a la toma de decisiones para mejorar el manejo, la alimentación, la producción y el rendimiento por vaca, considerando las condiciones del medio en el que se desarrollan los hatos ganaderos. La alimentación de la mano de la nutrición son la base para el desarrollo eficiente de la producción, el conocer el aporte de nutrientes que ofrecen los alimentos utilizados, determinar la mejor estrategia de alimentación, así como adaptarla a las condiciones de cada tipo de unidad de producción permite obtener el máximo beneficio y desarrollar información para medir la eficiencia de estas en el desempeño productivo del ganado. Desde esta perspectiva, los sistemas agrosilvopastoriles se postulan como una alternativa de uso eficiente de recursos forrajeros como pastos nativos, arbustos y árboles; a la vez que se mejoran el ambiente donde se desarrolla la actividad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Tipificar unidades de producción de ganado bovino de doble propósito en función de su manejo alimenticio en la zona sur del Estado de México.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar unidades de producción de doble propósito
2. Tipificar estrategias de alimentación en sistemas de ganaderos de doble propósito.
3. Valorar la eficiencia del uso de las estrategias de alimentación en función de la orientación productiva del ganado de doble propósito.

METODOLOGÍA (MATERIALES Y MÉTODOS)

Área de estudio

El estudio se desarrollará en cuatro municipios del sur del estado de México, Amatepec, Tejupilco, Tlatlaya y Zacazonapan, ubicados en la región suroeste del Estado de México, entre las coordenadas 18° 21' y 19° 34' N y 99° 16' y 100° 36' O y se localizan a entre 1,300 (Zacazonapan y Tejupilco) y 1850 msnm (Amatepec y Tlatlaya). Las temperaturas más altas (23.5° y 25°C) se registran en los municipios de Tlatlaya y Amatepec, mientras que en Tejupilco y Zacazonapan la temperatura varía de 18.5°C a 23.5°C. La precipitación anual en la región promedia 1,450 mm. Estos municipios son considerados ganaderos, cuya actividad se desarrolla en una topografía accidentada y se caracteriza por la presencia de pastizales naturales y praderas introducidas e inducidas, arbustos y árboles, para la alimentación del ganado, que se complementa con algunos cultivos agrícolas, principalmente maíz (GEM, 2024).

Análisis de la información

Tamaño de la muestra

Para la obtención de la muestra de las unidades de producción susceptibles de estudio, previamente se revisarán los censos ganaderos de las asociaciones del sur de estado de México. Posteriormente la muestra definitiva de titulares de las unidades productivas a encuestar se obtendrá de acuerdo con la ecuación descrita por Hernández *et al.* (2004), como se menciona a continuación. $n = N / 1 + (N \times 0.1^2)$. Donde: n = tamaño de la muestra. N = Tamaño de la población. 0.1^2 = error estándar determinado por el investigador.

Tipología de unidades de producción

Para el establecimiento de la tipología de UP, se utilizarán técnicas estadísticas multivariantes. Un Análisis Factorial por el método de Componentes Principales (ACP) y Análisis Clúster o de Conglomerados (AC). El objetivo genérico de los métodos factoriales es reducir la información proporcionada por un gran número de variables, eliminar las redundantes y obtener otras nuevas variables sintéticas, para que de esta manera se facilite el análisis e interpretación de la heterogeneidad de la matriz original de datos. Por otra parte, el

AC permitirá la clasificación automática de las observaciones de la muestra en grupos homogéneos en función de una serie de variables.

Análisis de Componentes Principales

El ACP es un método utilizado para la simplificación o reducción de la dimensión de individuos, casos o variables cuantitativas para obtener nuevas variables, denominadas componentes o factores principales, que explican la mayor parte de la varianza de la matriz de datos original, y cuyo objetivo es facilitar la interpretación de los resultados obtenidos (Serrano, 2002). El método realiza una combinación lineal de todas las variables y las reduce en función de la intercorrelación que presenten entre ellas para crear un menor número de factores no correlacionados (Hair *et al.*, 2006). Es decir, el proceso obtiene un número reducido de k factores capaces de explicar el mayor porcentaje posible de la varianza total. Para validar el análisis se considerarán algunas condiciones de parsimonia e interpretabilidad, entre la que destacan: la medida de adecuación de la muestra de Kaiser-Mayer-Olkin (KMO), que pueden tomar valores entre cero y uno. La varianza total explicada por cada componente deber ser mayor o más que cada variable estandarizada (Visauta y Martori, 2003). De esta manera, la varianza total explicada por los k primeros componentes debe ser próxima a 100%. En este sentido, se recomienda la retención de aquellos componentes cuyo Valor Propio sea mayor a uno (Carrasco y Hernán, 1993). Para la interpretación de los factores obtenidos se considerarán cargas factoriales de la matriz de factores rotados (varimax; método ortogonal utilizado cuando existe un número reducido de variables) mayores a 0.50, con lo que se logrará que cada componente esté relacionado con un menor número de variables y con ello favorecer la interpretación (Hair *et al.*, 2006).

Análisis Clúster Jerárquico

El AC jerárquico o de Conglomerados es una técnica, utilizada de manera complementaria al ACP, para generar la clasificación en grupos, conglomerados o clúster de un amplio número de sujetos o casos en subgrupos de máxima homogeneidad interna y máxima heterogeneidad externa (Guisande *et al.*, 2006) o situarlos en grupos, conglomerados o clúster, no conocidos (Carrasco y Hernán, 1993). Se considerará el tipo de AC jerárquico ascendente aglomerativo ya que se pretende clasificar datos o individuos con una estructura de árbol en función de

diferentes niveles de jerarquía (Pérez, 2005; Guisande *et al.*, 2006). El AC se realizará utilizando las coordenadas/regresiones de los productores en los primeros factores o ejes previamente obtenidos en el ACP y que explicaban el mayor porcentaje de la varianza total. De esta manera, se cumple con los requisitos mínimos necesarios: los factores no están correlacionados, la unidad de medida es la misma, el número de factores explicativos se reduce y se favorece la interpretación (Martínez-Ramos, 1984). El criterio de agregación fue la Distancia Euclídea al cuadrado y el método para calcular la distancia entre individuos, fue el método de agrupación de Ward (Carrasco y Hernán, 1993). En cuanto al número de grupos resultantes del AC, se determinará visualmente en el dendograma resultante del análisis, en función de la distancia de ligamiento entre grupos (cuando las distancias sucesivas entre los pasos marquen un repentino salto), o se recurrirá a algunos estadísticos como el Criterio Cúbico de Clustering, el valor seudo F o seudo T (SAS, 1994).

RESULTADOS

“TIPIFICACIÓN DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO EN FUNCIÓN DEL MANEJO Y USO DE INSUMOS ALIMENTICIOS DISPONIBLES EN SISTEMAS DE DOBLE PROPÓSITO”

RESUMEN

Antecedentes: El sur del Estado de México destaca por su carácter ganadero y la producción de leche. Sin embargo, un punto fundamental en estas zonas es la alimentación del ganado que supone el mayor costo de producción y la producción estacional de forraje. En este sentido, la pertinencia de utilizar estrategias de alimentación está determinada por las condiciones agroclimáticas. **Objetivo:** tipificar unidades de producción de ganado de doble propósito (DP) en función del manejo y uso de insumos disponibles para su alimentación. **Metodología:** El estudio se desarrolló en cuatro municipios del sur de estado de México, a partir del seguimiento de 213 unidades de producción (UP). La información se analizó mediante estadística multivariada; un Análisis Factorial por Componentes Principales (ACP) para estandarizar información y un Análisis Clúster (AC) para tipificar UP. **Resultados:** Del ACP se obtuvo una medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de 0.608, con una prueba de Bartlett-chi cuadrado de 1367.419 ($P < 0.05$) y cuatro componentes que explicaron 74.23% de la varianza total del modelo. Del AC se obtuvieron cuatro grupos definidos como: suplementos para vacas (G1SV), DP semi-intensivo (G2SI), suplementos para engorda (G3SE) y tradicional (G4T). El G1SV fue el grupo más pequeño con los hatos más grandes y extensas superficies. El G2SI agrupó mayor cantidad de UP y se caracterizó por la alimentación del ganado en estabulación gran parte del año. El G3SE se integró por UP con superficies y hatos de tamaño medio, que engordan animales. El G4T se caracterizó por UP con hatos pequeños y superficie reducida en la que el ganado pastoreo todo el año. **Implicaciones:** las condiciones agroclimáticas y la topografía juegan un importante papel en estacionalidad y en la producción de forraje, así como en la toma de decisiones de los productores, sobre los insumos utilizados para la alimentación del ganado, lo que se ve reflejado en la orientación de la producción ganadera. **Conclusión:** La tipología obtenida es fundamental para la planificación de estrategias de alimentación, en función de la época del

año y de los insumos disponibles en las UP, mismas que pueden tener variaciones de acuerdo con el sistema de manejo.

Palabras clave: manejo; alimentación; tipificación; doble propósito; trópico.

<http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.6460>

“EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN Y RENTABILIDAD EN SISTEMAS DE GANADO DE DOBLE PROPÓSITO”

RESUMEN

El objetivo del estudio consistió en analizar el efecto del manejo alimenticio en el desempeño socioeconómico de las unidades de producción (UP) de bovinos de doble propósito en el sur del Estado de México. Se analizaron 213 UP ubicadas en cuatro municipios de la mesa central de México. Estas UP se clasificaron previamente mediante estadística multivariada (ACP y Clúster) en cuatro grupos en función de su manejo alimenticio: i. suplementos para vacas (G1SV), ii. semi-intensivo (G2SI), iii. suplementos para engorda (G3SE) y iv. tradicional (G4T). Posteriormente las variables de tipo social, de estructura y económica se analizaron mediante un ANOVA con del modelo general lineal (MGL) y prueba de Tukey para comparaciones entre los grupos. No hubo diferencias en la mayoría de las variables sociales ($P>0.05$), pero si en algunas en las variables de estructura, en los ingresos y costos y en los indicadores de económicos ($P<0.05$). La alimentación representó el principal componente del costo de producción en los cuatro grupos, alcanzando hasta el 70% del costo total ($P<0.05$). El G1SV presentó los mayores ingresos e indicadores económicos ($P<0.05$), mientras que el G3SE tuvo el segundo mejor ingreso asociado a la engorda de bovinos. En contraste el G2SI registró los indicadores económicos más bajos ($P<0.05$), lo que evidencia una limitada capacidad para generar ingresos. Por último, el G4T presentó los costos más bajos ($P<0.05$) y mejor eficiencia en el manejo de sus recursos propios. Se concluye que el desempeño económico de los sistemas de doble propósito está determinado principalmente por la eficiencia del uso de los recursos y no por el nivel de intensificación o tamaño de la superficie.

Key words: pastoreo, suplementación, estabulación, insumos alimenticios, indicadores económicos.



Cynthia Angelica Aguirre Sanchez <caas.dance@gmail.com>

TROP-D-26-01040 - Submission Notification to co-author - [EMID:bf548c40ddc252ef]

1 mensaje

Tropical Animal Health and Production <em@editorialmanager.com>

30 de abril de 2026 a las 13:53

Responder a: Tropical Animal Health and Production <varsha.rajaraman@springer.com>

Para: Cynthia Angélica Aguirre-Sánchez <caas.dance@gmail.com>

Submission ID: TROP-D-26-01040

Re: "SOCIOECONOMIC EVALUATION OF FEEDING STRATEGIES AND PROFITABILITY IN DUAL-PURPOSE LIVESTOCK SYSTEMS"

Full author list: Anastacio García Martínez; Cynthia Angélica Aguirre-Sánchez; Benito Albarrán-Portillo; Sherezada Esparza-Jiménez; Adolfo Armando Rayas-Amor; Carlos Galdino Martínez-García; Anastacio García-Martínez

Dear Master Aguirre-Sánchez,

We have received the submission entitled: "SOCIOECONOMIC EVALUATION OF FEEDING STRATEGIES AND PROFITABILITY IN DUAL-PURPOSE LIVESTOCK SYSTEMS" for possible publication in Tropical Animal Health and Production, and you are listed as one of the co-authors.

The manuscript has been submitted to the journal by Dr. Doctor Anastacio García Martínez who will be able to track the status of the paper through his/her login.

If you have any objections, please contact the editorial office as soon as possible. If we do not hear back from you, we will assume you agree with your co-authorship.

Thank you very much.

With kind regards,

Springer Journals Editorial Office
Tropical Animal Health and Production

DISCUSIÓN

En conjunto, la tipificación de las UP y el análisis socioeconómico permitió evidenciar que los sistemas de ganado bovino de doble propósito en el sur del Estado de México presentan una marcada heterogeneidad que no solo es estructural, sino económica y de manejo (Magaña-Monforte *et al.* 2006; Nájera-Garduño *et al.*, 2016.) Del análisis multivariado resultaron cuatro grupos diferenciados en función de la estructura, manejo y uso de insumos alimenticios que fueron denominados: Suplementos para Vacas (G1SV), Semi-Intensivo (G2SI), Suplementos para Engorda (G3SE) y Tradicional (G4T). Dicha tipología evidenció que la alimentación constituye el factor más importante dentro de los sistemas productivos (Salas-Reyes *et al.*, 2015), ya que las variables relacionadas con el uso de concentrados comerciales, maíz, y paja, además de los días en pastoreo y estabulación, fueron las que explicaron la mayor proporción de la varianza en el modelo factorial, lo cual confirmó que el nivel de dependencia de insumos externos y la intensificación del pastoreo son los diferenciadores principales entre las UP (Piedra-Matías *et al.*, 2010). Desde el punto de vista económico, reafirmó que la alimentación representa el componente más importante de la estructura de costos, yendo desde el 50 al 70% del total, lo que confirma el papel determinante en la rentabilidad de los sistemas (García-Martínez *et al.*, 2017). Sin embargo, los mismos resultados indican que un mayor gasto por concepto de alimentación no necesariamente se traduce en un mejor desempeño económico, la clave está en la eficiencia con la que los insumos que se utilizan se transforman en ganancia (García-López, 2010). El G1SV, caracterizado por contar con la mayor superficie, los hatos más grandes y el manejo de la alimentación más intensivo, presentó los costos totales más altos, pero a su vez, obtuvo el margen bruto, relación B/C y la rentabilidad más altos, lo cual indica que una suplementación estratégica puede resultar en mayores ingresos y justificar el incremento en los costos de producción (Albarrán-Portillo *et al.*, 2018; Esparza-Jiménez *et al.*, 2021). En contraste, el G2SI, a pesar de ser el grupo que presentó la mayor cantidad de días en estabulación, obtuvo los valores más bajos en la mayoría de los indicadores económicos, situación que reafirma que un modelo semi-intensivo, cuando no se asocia con una mejora proporcional en la productividad, se traduce en ineficiencia del sistema (García-Martínez *et al.*, 2017). Es decir, el incremento en gastos no siempre conlleva mayores ingresos si no se lleva a la par un adecuado manejo alimenticio de acuerdo con los objetivos productivos. Por otro lado, el

G3SE presentó una marcada transición hacia sistemas más intensivos y enfocados en la engorda, al destinar la mayor cantidad de insumos externos específicamente para esta actividad. Es un grupo que a pesar de presentar elevados costos por concepto de alimentación, logró el segundo margen bruto más alto de los cuatro grupos evaluados. Dicha información indica que la especialización productiva puede ser económicamente viable cuando se tiene eficiencia en la conversión de insumos en ganancia de peso y se justifica el aumento de costos (García-Martínez *et al.*, 2017; Albarrán-Portillo *et al.*, 2018). Es por ello que la orientación productiva puede influir de manera contundente en la estructura de costos y a su vez en la generación de ingresos. Por último, el G4T, con un enfoque completamente extensivo, mínimo uso de insumos externos y menores costos totales, obtuvo los ingresos y márgenes más moderados. Es un sistema cuya estrategia de alimentación se basa en el aprovechamiento de los recursos propios y mínimo gasto para suplementación (Hernández-Morales *et al.*, 2013; García-Martínez y Flores-Cardoso, 2018). A pesar de revelar una menor rentabilidad comparada con los grupos más intensivos, es un grupo que muestra eficiencia en el uso de sus recursos, y presenta menor vulnerabilidad frente a los cambios de precios en los insumos externos, lo cual resulta coherente en la zona, donde se tienen contextos de baja disponibilidad de capital y marcada estación forrajera (Nájera-Garduño *et al.*, 2016). Es justo la estacionalidad de los forrajes lo que influye contundentemente en el establecimiento de las estrategias para el manejo alimenticio, ya que es en primavera e invierno donde se incrementan los periodos de estabulación y semi-estabulación con suplementación estratégica, lo que eleva los costos por dicho concepto (Vitela *et al.*, 2005). Si bien, el último grupo (G4T) no exhibe un cambio marcado en su manejo, a pesar de la época, si se refleja en la producción, puesto que al bajar tanto la calidad como la cantidad de forraje, se presentan bajas en la producción, lo cual afecta la economía de los productores (Mejía-Haro, 2002). Todo lo anterior reafirma que en el establecimiento de estrategias para el manejo alimenticio debe considerarse no solo la disponibilidad del forraje, sino también la orientación productiva y capacidad económica de cada productor. En ese tenor, el desempeño económico de los sistemas responde más a la suplementación estratégica que a la cantidad de insumos utilizados (Esparza-Jiménez *et al.*, 2021; García-López, 2010). Los resultados demuestran que no existe un modelo unificado u óptimo para los productores de los sistemas de doble propósito en la región, sino que se tienen estrategias diferenciadas que responden a cada

contexto estructural, productiva y socioeconómico específico (Granados-Rivera et al., 2018; Juárez-Barrientos *et al.* 2015). El manejo alimenticio representa el factor más contundente para optimizar los sistemas en las condiciones de la región.

CONCLUSIONES

La tipificación de las unidades de producción permitió demostrar que las estrategias de alimentación en sistemas de doble propósito no son casuales, son el resultado de un proceso de adaptación condicionado por la estacionalidad del forraje, la disponibilidad de recursos y la capacidad de inversión del productor. En este contexto, la eficiencia productiva y económica no depende del nivel de intensificación del sistema, sino de la relación entre el manejo alimenticio, la orientación productiva y el aprovechamiento oportuno de los recursos disponibles.

Los resultados evidencian que la toma de decisiones en alimentación constituye el principal factor para mejorar el desempeño de los sistemas, ya que es el componente que articula la relación entre recursos disponibles, costos de producción y generación de ingresos. Por lo tanto, la mejora de estos sistemas no radica en la adopción generalizada de modelos intensivos, sino en el diseño de estrategias alimenticias específicas, ajustadas a las condiciones particulares de cada unidad de producción.

En este sentido, el estudio confirma que la sostenibilidad de los sistemas de doble propósito en el trópico seco depende de su capacidad para optimizar el uso de los recursos locales y complementar de manera estratégica con insumos externos en momentos críticos. Así, la tipificación generada se consolida como una herramienta útil para la toma de decisiones técnicas y el diseño de políticas o programas de intervención, al permitir entender la lógica bajo la cual operan los productores y orientar acciones diferenciadas que incrementen la eficiencia sin comprometer la viabilidad económica de los sistemas.

REFERENCIAS

- Aguirre-Sánchez, C. A., García-Martínez, A., Albarrán-Portillo, B., 2023. Caracterización de estrategias de alimentación en unidades de producción de ganado lechero en sistemas agrosilvopastoriles en trópico seco. Tesis de licenciatura Departamento de producción animal. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. 41 pp. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Aguilar-Pérez, C., Solorio-Sánchez, F., Ku-Vera, J., Magaña-Monforte, J., y Santos-Flores, J., 2019. Producción de leche y carne en sistemas silvopastoriles. *Bioagrobiencias*. 12(1):1-8. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/BAC/article/viewFile/2911/1299>.
- Albarrán-Portillo, B; García-Martínez, A; Arriaga-Jordán, C.M. (2018). Desarrollo de estrategias de suplementación para vacas en lactación en la época de secas en un sistema doble propósito en Zacazonapan, Estado de México. *La ganadería en condiciones de trópico seco*. Cap. 9, 203-216. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/80221>.
- Arrieta-González, A., Hernández-Beltrán, A., Barrientos-Morales, M., Martínez-Herrera, D. I., Cervantes-Acosta, P., Rodríguez-Andrade, A., Domínguez-Mancera, B., 2022. Caracterización y tipificación tecnológica del sistema de bovinos doble propósito de la Huasteca Veracruzana México. *Revista MVZ Córdoba*. 27(2). <https://doi.org/10.21897/rmvz.2444>
- Casermeyro, J. R., Spahn, E., de Petre, A., Valenti, R., Butus, M., Díaz, E., Duarte, O., Chajud, A., Rosales, E., & Montiel, J., 2008. Producción lechera en un sistema silvopastoril mejorado. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, XIX (36), 215–255. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14503609>
- Esparza-Jiménez, S., Albarrán-Portillo, B., González-Ronquillo, M., García-Martínez, A., Vázquez-Armijo, J. F., Arriaga-Jordán, C. M., 2021. Rendimiento de leche derivado de energía y proteína de vacas en pastoreo recibiendo suplementos en un sistema agrosilvopastoril. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12 (1): 87-104. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242021000100087&script=sci_arttext_plus&tlng=es

FAOSTAT., 2024. Cultivos y productos de ganadería/Producción y rendimiento de leche cruda de ganado bovino en el mundo. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>. Consultado el 03 de abril del 2024.

OCDE-FAO., 2024a. Perspectivas Agrícolas 2020-2029. Carne. Disponible en: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/498ef94e-es/index.html?itemId=/content/component/498ef94e-es>. Consultado el 17 de abril del 2024.

OCDE-FAO., 2024b. Perspectivas Agrícolas 2020-2029. Lácteos y sus productos. Disponible en: [https://www.oecdilibrary.org/sites/8b675a1aes/index.html?itemId=/content/component/8b675a1aes#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20mundial%20de%20leche,millones%20de%20toneladas%20\(Mt\)](https://www.oecdilibrary.org/sites/8b675a1aes/index.html?itemId=/content/component/8b675a1aes#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20mundial%20de%20leche,millones%20de%20toneladas%20(Mt).). Consultado el 03 de abril del 2024.

FAO., 2024. Agroforestería. <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/agroforestry/basic-knowledge/es/>. Consultado el 09 de abril del 2024.

Ferrer, C., San Miguel, A., y Olea, L., 2011. Nomenclátor básico de pastos en España. Pastos. 29(2), 7-44. https://www.researchgate.net/publication/277033707_Nomenclator_basico_de_pastos_en_Espana.

García López, R., 2010. Influencia de tres sistemas de suplementación a largo plazo en vacas lecheras. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 44(1), 15–18. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193014943004>.

García-Martínez A., Albarrán-Portillo, B., & Avilés-Nova, F., 2015. Dinámicas y tendencias de la ganadería doble propósito en el sur del estado de México. Agrociencia. (2): 125-139. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

García-Martínez, A; López-Gama, R; Morales-Almaraz, E; Martínez-García, C.G; Albarrán-Portillo, B; Rayas-Amor, A.A., 2017. Análisis productivo y económico de unidades de producción de ganado bovino para carne en Tlatlaya, Estado de México. Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 10. pp: 22-28.

García-Martínez, A., y Flores-Cardoso, J. M., 2018. Situación actual de los sistemas de ganado bovino en el municipio de Tlatlaya. La ganadería en condiciones de trópico seco. Cap. 4, 95-123.

GEM. 2024., Municipios del estado de México. <https://estadodemexico.com.mx/municipios-del-estado-de-mexico/>

Guisande, G. C., Barreiro, F. A., Moneiro, E. I., Riveiro, A. I., Vergara, C. A. R. and Vaamonde, L. A. 2006. Tratamiento de datos. Díaz de Santos. España. 356 pp.

Granados-Rivera, L. D., Quiroz-Valiente, J., Maldonado-Jáquez, J. A., Granados-Zurita, L., Díaz-Rivera, P., Oliva-Hernández, J., 2018. Caracterización y tipificación del sistema doble propósito en la ganadería bovina del Distrito de Desarrollo Rural 151, Tabasco, México. *Acta universitaria*, 28(6), 47-57. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1916>.

Hair, J. F. J., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. and Tatham, R. L. 2006. *Multivariate data analysis. International Edition. 6Ed.* Prentice Hall International. New Jersey. United States of America. 897 pp.

Hernández Morales, P., Estrada-Flores., J. G., Avilés-Nova, F., Yong-Ángel, G., López-González, F., Solis-Méndez, A. D., & Castelán-Ortega, O. A., 2013. Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del estado de México. *Universidad y Ciencia*. 29(1): 19-31. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792013000100003.

Hernández, S.R., Fernández, C.C., Baptista, L.P., 2004. *Metodología de la Investigación*, Tercera ed. ed. México.

Juárez-Barrientos, J. M., Herman-Lara, E., Soto-Estrada, A., Ávalos-de la Cruz, D. A., Vilaboa-Arroniz, J., & Díaz-Rivera, P. (2015). Tipificación de sistemas de doble propósito para producción de leche en el distrito de desarrollo rural 008, Veracruz, México. *Revista Científica*, XXV (4), 317–323. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95941173007>.

Magaña-Monforte, J. G., Ríos-Arjona, G., y Martínez-González, J. C., 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México, *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 14(3): 105-114.

Martínez-García, C. G., Rayas-Amor, A. A., 2022. Sistemas de producción de leche en pequeña escala, una opción de desarrollo rural. *Universitaria.* 6(41), 74-75. <https://revistauniversitaria.uaemex.mx/article/view/20141/14984>.

Martínez, Y., & Chongo, B., 2001. Una nota acerca de las concentraciones de tiroxina (T4) y triiodotironina (T3) en vacas lecheras en pastoreo de gramíneas de baja calidad. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola,* 35(4), 383–385. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193018246012>.

Mejía Haro, J., 2002. Consumo Voluntario de Forraje por Rumiantes en Pastoreo. *Acta Universitaria,* 12(3), 56–63. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41612204>.

Milera, M., 2013. Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente. *Avances en Investigación Agropecuaria,* 17(3), 7–24. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83728497002>.

Nájera-Garduño, A. L., Piedra-Matías, R., Albarrán-Portillo, B., García-Martínez, A., 2016. Cambios en la ganadería doble propósito en el trópico seco del Estado de México. *Agrociencia,* 50 (6), 701-710. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000600701&lng=es&tlng=es.

Orús, A., 2024. Ranking de los principales países productores de leche de vaca en el mundo en 2023. *Statista.* <https://es.statista.com/estadisticas/600241/principales-productores-de-leche-de-vaca-en-el-mundo-en/#statisticContainer>. Consultado el 03 de abril del 2024.

Pérez, L.C. 2004. *Técnicas de análisis Multivariante de datos.* Editorial Pearson Prentice Hall. Madrid España. 646 pp.

Piedra-Matías, R., 2010. Modelización de los sistemas de ganado bovino en el municipio de Tejupilco, Estado de México. Parte II. Tipificación de las explotaciones de ganado bovino. Tesis de licenciatura, centro universitario UAEM Temascaltepec, 67 pp.

Sánchez, T., Simón, L., Lamela, L., & López, O., 2006. Las potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cuba, 29(3). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121691007>

SIAP., 2023. Producción de carne de res. Procuraduría Federal del Consumidor. <https://www.gob.mx/profeco/documentos/muuuuuy-sabrosa-carne-de-res?state=published#:~:text=Producci%C3%B3n%20de%20carne%20de%20res&text=En%20M%C3%A9xico%2C%20los%20principales%20estados,de%20acuerdo%20con%20el%20SIAP. Consultado el 22 de abril del 2024.>

Reyes, J. J., Gálvez, M., Noda, A., & Redilla, C., 2013. Conducta alimentaria de vacas lecheras en estabulación que consumen dietas integrales de forrajes tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* (Vol. 47).

Riquelme, C., & Pulido, R. G., 2008. Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre el consumo voluntario y comportamiento ingestivo en vacas lecheras a pastoreo primaveral. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40(3), 243–249. [https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173013335004.](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173013335004)

Sánchez, M. D., 1999. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. En: *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. <https://www.fao.org/3/x1213s/x1213s01.pdf>.

Sánchez, T., Simón, L., Lamela, L., & López, O., 2006. Las potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cuba (Vol. 29, Issue 3). [https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121691007.](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121691007)

Serrano, M. A. (2002). *Estadística aplicada uni y multivariante*. Consejería de Agricultura y Pesca. Haro Artes Gráficas. Sevilla, España. II. 730-879.

STATISTA., 2024. Volumen de producción de carne de bovino en México de 2011 a 2022. *Estatista Research Department*. <https://es.statista.com/estadisticas/595120/volumen-de-produccion-de-carne-de-bovino-mexico/>. Consultado el 22 de abril del 2024.

Urdaneta de Galué, F., Elena Peña, M., Rincón, R., Romero, J., y Rendón-Ortín, M., 2008. Gestión y tecnología en sistemas ganaderos de doble propósito (taurus-indicus). *Revista Científica*, 18(6), 715-724. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592008000600010&lng=es&tlng=es.

Villalobos-Arámbula, V., 2023. Al alza producción lechera en México, crece 9% en últimos cinco años. *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/al-alza-produccion-lechera-en-mexico-crece-9-en-los-ultimos-cinco-anos>. Consultado el 09 de abril del 2024.

Visauta, B. y Martori, J. C. (2003). *Análisis Estadístico con SPSS para Windows. Estadística Multivariante*. 2 Ed. McGraw-Hill II. 345 pp.

Vitela, I., Cruz-Vázquez, C., & Solano, J., 2005. Comportamiento de vacas Holstein mantenidas en un sistema de estabulación libre, en invierno, en zona árida, México. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 37(1), 23–27. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173019391004>.

Zepeda Cancino, R. M., Velasco Zebadúa, M. E., Nahed Toral, J., Hernández Garay, A., & Martínez Tinajero, J. J., 2016. Adopción de sistemas silvopastoriles y contexto sociocultural de los productores: apoyos y limitantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(4), 471–488. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265648>