Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Facultad de Ciencias Agrarias

Tecnicatura Universitaria en Procesamiento Agroalimentario

Trabajo Final

Contenido proteico de harina de morera de papel (*Broussonetia papyrifera L.*) y su potencial uso en la alimentación de cabras lecheras en la Reserva Provincial Santa Catalina.

Autor: Eugenio Ariel Varela

DNI: 27.500.465

Director: Lic. en Gestión de la Calidad e Inocuidad de los Alimentos Nicolás Marchessi.

Co – Director: Lic. en Gestión de la Calidad e Inocuidad de los Alimentos Diego Alonso.

Contenido

Resumen..... 3
Abstract..... 4
1. Introducción..... 5
2. Objetivo..... 7
2.1. Objetivo general.....7
2.2. Objetivos específicos.....7
3. Marco teórico..... 7
3.1. Breve descripción del mercado de leche de cabra. 7
3.2. Contexto productivo local: Tambo caprino de la reserva de Santa Catalina.....10
3.3. Morera de papel (*B. papyrifera*) como recurso forrajero. 13
3.4. Problemática de dispersión y aprovechamiento. 14
3.5. Requerimientos nutricionales: inicio de lactancia.....15
4. Materiales y métodos. 4.1. Proteína bruta de la harina de morera de papel. 16
4.2. Evaluación exploratoria de la viabilidad nutricional y económica de la utilización de la harina de morera de papel como alimento balanceado. 19
5. Resultados y discusión. 20
5.1. Contenido proteico de la harina de Morera de papel y estimación de calidad. 20
5.2. Estudio de viabilidad nutricional y económica del alimento alternativo. 22
6. Conclusión. 24
7. Bibliografía..... 25

Resumen

La producción de leche de cabra en Argentina es una actividad económica relevante en muchas regiones; la alimentación y el estado sanitario de los animales son factores determinantes para asegurar la calidad y cantidad de la leche de cabra. En estos sistemas, la dieta se basa en la combinación de alimentos balanceados y forrajes, incluyendo tanto recursos tradicionales como subproductos agroindustriales. En este contexto, la búsqueda de fuentes alternativas de alimentación que sean económicamente viables y ambientalmente sostenibles resulta de gran interés. Una de estas alternativas es la morera de papel (*Broussonetia papyrifera*), una especie ampliamente distribuida que presenta comportamiento invasivo. El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido proteico de la harina de hojas de morera de papel y evaluar de manera exploratoria su potencial utilización como ingrediente en la formulación de alimentos balanceados para cabras lecheras en inicio de lactancia. Los resultados obtenidos evidenciaron un contenido de proteína bruta cercano al 21% en base seca, lo que posiciona a este recurso como una alternativa viable dentro del grupo de forrajes. Asimismo, las formulaciones teóricas desarrolladas indicaron que su incorporación puede contribuir a reducir costos sin afectar a la ración. En conclusión, la utilización de la morera de papel presenta potencial tanto desde el punto de vista nutricional, económico y ambiental, al permitir valorizar un recurso vegetal disponible localmente y contribuir al manejo de una especie invasora en la Reserva Provincial Santa Catalina.

Abstract

Goat milk production in Argentina is an economically relevant activity in many regions; animal nutrition and health status are key factors in ensuring both the quality and quantity of milk production. In these systems, diets are based on a combination of balanced feed and forages, including both traditional resources and agro-industrial by-products. In this context, the search for alternative feed sources that are economically viable and environmentally sustainable is of growing interest. One such alternative is paper mulberry (*Broussonetia papyrifera*), a widely distributed species with invasive behavior. The aim of this study was to determine the protein content of paper mulberry leaf meal and to explore its potential use as an ingredient in the formulation of balanced feed for dairy goats at the beginning of lactation. The results showed a crude protein content of approximately 21% on a dry matter basis, positioning this resource as a viable alternative within the forage group. Additionally, the theoretical formulations developed indicated that its inclusion could contribute to reducing feeding costs without significantly affecting the nutritional profile of the ration. In conclusion, the use of paper mulberry presents potential from nutritional, economic, and environmental perspectives, as it allows the valorization of a locally available plant resource while contributing to the management of an invasive species in the Santa Catalina Provincial Reserve.

1. Introducción.

En el mundo se producen 11,5 millones de litros de leche caprina, lo que representa el 2,4 % de la producción mundial de leches. En Argentina, la producción alcanza las 3.200 toneladas (unos 3 millones de litros) y se prevé un rápido incremento en los próximos años (Rocha, 2009).

La producción de leche de cabra en la Argentina es una actividad de importancia económica en muchas regiones. Es un alimento que gradualmente va ganando terreno en el sector lechero, dadas sus características de mercado artesanal e incluso por sus propiedades similares a la leche materna (Bidot, 2017).

Según MAGyP (2021), existen en Buenos Aires 67.814 caprinos, lo que representa el 1,3 % del total nacional. Pese a su baja participación en el stock nacional, ha venido en aumento del 273 % en el período 2009-2018 (SENASA, 2018), lo que demuestra el interés en la actividad (Simonetti, 2023).

Para garantizar la producción de leche, tanto en calidad como en cantidad, la alimentación y el estado sanitario de las cabras son factores cruciales.

Respecto a la alimentación en animales de producción en la Argentina, se suministran alimentos balanceados formulados y también forrajes, entendiendo estos últimos como los elementos producidos en forma primaria, así como también aquellos provenientes de subproductos de la industria molinera y del aceite, como afrechillos y expeller de soja, entre otros (Gallardo, M., 2000).

En ciertos casos también se utilizan hojas, ramas y frutos de arbustos y árboles. El uso está ampliamente arraigado en las producciones de cabras, ya que las mismas buscan este tipo de materiales naturalmente cuando ramonean en los montes. La búsqueda de forrajes alternativos, económicos y sostenibles es fundamental para este y cualquier tipo de emprendimiento productivo.

En la búsqueda de forrajes alternativos, la utilización de la morera de papel (*B. papyrifera*), sería uno de ellos un árbol de la familia Moráceas. La morera de papel

Broussonetia papyrifera de hojas caducas, originario del sudeste de Asia, que se ha naturalizado en muchas partes del mundo. Se adapta a casi cualquier tipo de suelo y tolera bien la sequía. Argentina no es la excepción: este arbusto se encuentra ampliamente distribuido y logra multiplicarse de forma invasiva por sus raíces gemíferas cuando no es controlado, como ocurre en la Reserva Provincial Santa Catalina (Sandullo, 2019).

Las hojas de esta planta son una opción como complemento alimenticio para cabras destinadas a la producción lechera. Contienen un nivel significativo de proteína (hasta un 20 % sobre base de materia seca), lo que la convierte en una buena fuente de forraje (Jarerat et al., 2001), sumado a que es rica en fibra, minerales, vitaminas, antioxidantes y compuestos fenólicos, lo que la hace ideal para cabras al inicio de la lactancia (Chen et al., 2022).

Existe bibliografía sobre los beneficios de la utilización de las hojas de la morera de papel por su contenido de nutrientes y su comportamiento en procesos de ensilaje (Jarerat et al., 2001; Hao et al., 2021), pero es escasa o nula la información sobre la utilización de la harina de morera de papel y sobre cómo esta puede adaptarse tecnológicamente a otros ingredientes para formular alimentos balanceados de calidad que puedan mantenerse secos y presenten mayor durabilidad.

Con el presente trabajo se podrá valorar el contenido proteico de harina de hoja de morera de papel y su análisis exploratorio de la utilización en la formulación de un alimento balanceado, contribuyendo a mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción de leche de cabra, beneficiando a los productores y consumidores e incluso el manejo integrado de una planta que resulta invasora en la Reserva Provincial Santa Catalina.

2. Objetivo.

2.1. Objetivo general.

- Determinar el contenido proteico de harina de morera de papel (*B. papyrifera*) y estudiar su posible uso como ingrediente para alimento de cabras al inicio de lactancia.

2.2. Objetivos específicos.

- Determinar el porcentaje de proteína bruta presente en la harina de morera de papel.
- Evaluar exploratoriamente la viabilidad técnica y económica de la utilización de la harina de morera de papel en la elaboración de alimentos balanceados para cabras en el inicio de lactancia.

3. Marco teórico.

3.1. Breve descripción del mercado de leche de cabra.

La leche de cabra es un producto que lentamente se hace más popular en los mercados mundiales, más allá de las fronteras de aquellos países donde en la actualidad es uno de los componentes principales de la dieta de millones de personas. Cabe destacar que la leche de cabra solo representa un 2 % del total de las leches producidas a nivel mundial (Rocha, 2009).

En el mundo se calcula que existen alrededor de 780 millones de cabezas de caprinos, cuya producción se concentra en países que presentan altos niveles de pobreza y condiciones poco propicias para el desarrollo de otras actividades generadoras de ingresos referentes a la utilización de rumiantes, tales como las áreas tropicales o muy áridas (Finance, 2011).

China es el principal país productor, con 183 millones de cabezas, seguido por India con 120 millones. En Europa, países como Francia, España, Grecia, Italia, Albania,

Holanda y Suiza son conocidos por ser los mayores productores de leche de cabra, sostenidos por un mercado interno fuerte y por la demanda mundial, principalmente de quesos. Gran Bretaña se destaca por la producción de yogurt y leche fluida (Rodríguez, 2006).

En América, los principales productores son México, Brasil, Venezuela, Perú y Argentina. Brasil es el mayor productor de América del Sur, concentrando el 97 % de sus existencias en el Nordeste del país, en explotaciones de bajos recursos económicos y tecnológicos.

El ganado caprino en Argentina está distribuido principalmente en la zona central, oeste, cuyana y norteña. El 70 % se concentra en las provincias de Córdoba, Santiago del Estero, Catamarca, La Rioja y San Luis.

Entre las razas explotadas en la región se encuentran Anglo-Nubian (doble propósito leche-carne) y Boer (carne), ambas con tendencia a partos múltiples (Revidatti et al., 2012).

La producción argentina es principalmente para autoconsumo o para la obtención de productos regionales típicos elaborados con los excedentes de la producción de leche fluida. Si bien los emprendimientos se orientaban a la producción de cabritos, la producción lechera fue ganando terreno convirtiéndose en parte importante de las producciones del sector (Rodríguez, 2006).

Esta actividad se caracteriza por modificar el escenario en el que se desarrollan las economías regionales que cuentan con escasos recursos y condiciones poco propicias para desarrollar actividades económicas alternativas, y se forman bajo un marco de informalidad y vulnerabilidad socioeconómica, permitiéndoles desarrollar una nueva actividad generadora de ingresos propia.

La composición nutricional de la leche caprina difiere de la de otras especies y se caracteriza por sus elevados contenidos de grasa y proteína, así como por su mayor digestibilidad. Sin embargo, la composición de la leche no depende únicamente de la especie o de la raza de los animales, sino que se ve influenciada en gran medida por el

tipo de dieta suministrada. En este sentido, factores como el nivel de proteína, la cantidad y tipo de fibra, el tamaño de partícula, la incorporación de grasas o aceites vegetales y la relación forraje-concentrado actúan como determinantes clave sobre la producción y calidad de la leche (Bedoya et al., 2012).

Un aspecto distintivo de la cabra respecto de otros rumiantes es su comportamiento alimentario, caracterizado por una marcada capacidad selectiva frente a los componentes de la dieta, particularmente en relación con los forrajes. Las cabras tienden a preferir fracciones de mayor valor nutricional, seleccionando partes ricas en proteína y rechazando aquellas con mayor contenido de fibra o celulosa. Así, en los ensilados seleccionan los granos, mientras que en forrajes como la alfalfa consumen preferentemente las hojas, descartando tallos y fracciones finas. Este comportamiento selectivo disminuye cuando se reduce el tamaño de partícula o cuando se incrementa la proporción de concentrados en la dieta (Jimeno et al., 2003).

En sistemas donde la alimentación se suministra en forma de raciones totalmente mezcladas (Unifeed), la selectividad del animal se reduce en comparación con sistemas de alimentación separada. No obstante, en este tipo de raciones es fundamental controlar la granulometría y evitar la presencia excesiva de partículas finas, ya que estas pueden afectar el consumo y la eficiencia de utilización del alimento (Jimeno et al., 2003).

Las necesidades nutritivas de las cabras lecheras de alta producción varían considerablemente a lo largo de su ciclo productivo. Las etapas de preparto e inicio de lactancia, consideradas momentos críticos, los requerimientos de energía y proteína se incrementan significativamente, siendo necesario formular raciones con alta densidad energética y proteica que permitan sostener el rendimiento productivo.

En particular, durante el inicio de la lactancia, la dinámica productiva de la cabra presenta similitudes con la de la vaca lechera. La producción de leche aumenta progresivamente desde el parto hasta alcanzar un pico entre las 4 y 6 semanas postparto. Durante este período, el animal suele atravesar un balance energético y proteico negativo, ya que la demanda nutricional supera la capacidad de ingestión. En

consecuencia, se produce una movilización de reservas corporales, principalmente del tejido adiposo. Inicialmente, el contenido de grasa de la leche es elevado, disminuyendo posteriormente a medida que avanza la lactancia, lo cual se explica tanto por un efecto de dilución como por la reducción en la lipomovilización corporal y en la concentración plasmática de ácidos grasos no esterificados. En este contexto, la alimentación durante el inicio de la lactancia adquiere un rol central, dado que un manejo nutricional inadecuado puede comprometer tanto la producción como la condición corporal del animal. Por ello, resulta fundamental ajustar la dieta a las necesidades fisiológicas del animal en esta etapa, optimizando el aporte energético y proteico para sostener la producción de leche y la salud del rodeo (Jimeno et al., 2003; Bidot, 2017).

3.2. Contexto productivo local: Tambo caprino de la reserva de Santa Catalina.

La Reserva Provincial Santa Catalina se ubica al sur del conurbano bonaerense, en la cabecera sudoeste del partido de Lomas de Zamora, entre las coordenadas (34º 42’ S - 58º 28’ O - 10 m s. n. m.), destacándose como un área verde rodeada de urbanizaciones que superan el millón de habitantes. En una superficie cercana a las 700 hectáreas, donde coexisten una amplia variedad de ambientes, tales como pastizal pampeano, bajos y lagunas, relictos del talar nativo, plantaciones forestales, parcelas agropecuarias, áreas parquizadas con edificaciones históricas y sectores de un ex Jardín Agro-botánico.

En la figura 1 puede verse una imagen satelital junto a la ubicación geográfica.

Figura 1. Imagen satelital y ubicación geográfica.



Fuente: Google maps.

En este contexto, se consultó sobre el manejo y la alimentación de cabras a las investigadoras responsables del Módulo de Rumiantes Menores (sector de tambo caprino) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, ubicado dentro de la reserva.

El sistema productivo corresponde a un modelo intensivo desarrollado en una superficie aproximada de 800 m², que cuenta con potreros interconectados, áreas de piso de cemento y sectores techados, además de bebederos, comederos y una tarima de ordeñe. Estas instalaciones son utilizadas con fines educativos, permitiendo que estudiantes de grado realicen prácticas vinculadas al manejo, alimentación y cuidado de los animales (Figura 2).

Figura 2. Tambo y animales ramoneando hojas de morera de papel.



Fuente: elaboración propia.

La alimentación de las cabras se basa en una ración formulada a partir de pellet de alfalfa, maíz, expeller de soja y forraje (rollo o pasto verde), en proporciones variables según el estado fisiológico de los animales, siguiendo las recomendaciones establecidas por el NRC (2007). Las raciones correspondientes a las etapas de servicio, gestación y lactancia se presentan en la Tabla 1. (Simonetti L., et al. 2023).

Tabla 1. Raciones de las cabras madres en cada etapa fisiológica (cantidades expresadas en kg)

Etapa	Pellet de alfalfa	Pasto*	Grano de maíz	Expeller de soja
Servicio	1,20	0,10-0,20	0,30	-
Gestación temprana	1,20	0,10-0,20	0,30	-
Gestación media	1,20	0,10-0,20	-	-
Gestación avanzada	0,90	0,10-0,20	0,60	0,20
Lactancia inicial	1,30	0,10-0,20	0,70	0,25
Pico lactancia-destete	1,65	0,10-0,20	0,85	0,25

*Expresado en MS

Fuente: Simonetti, Laura, et al. 2023. Crianza de cabritos trillizos Anglo-Nubian x Boer al pie de sus madres en un sistema intensivo.

En relación con la morera de papel, se observó en el sitio que las hojas y ramas finas, obtenidas durante tareas de mantenimiento y poda en el predio, son utilizadas de manera ocasional como alimento de las cabras. Este material es ofrecido a los animales y consumido de forma espontánea mediante ramoneo.

Sin embargo, no existen registros sobre su incorporación en la dieta ni sobre su aporte nutricional, lo que impide evaluar su contribución real dentro del sistema productivo. A partir de estas observaciones, surge el interés por analizar la composición nutricional de este vegetal y explorar su potencial de utilización como ingrediente en la alimentación de cabras lecheras.

Se plantea, también, la necesidad de evaluar estrategias de conservación del material vegetal, considerando que el período de inicio de lactancia —etapa de mayores requerimientos nutricionales— se produce entre los meses de junio y julio, mientras que la morera de papel, al ser una especie caducifolia, no presenta disponibilidad de hojas en ese momento. Por tal motivo, su recolección y procesamiento deberían realizarse durante los meses de primavera (octubre-noviembre), cuando se produce el rebrote de la planta.

Con respecto a la morera de papel, es habitual que se utilice como complemento restos de hojas y ramas finas, debido a que el lugar se encuentra rodeado de plantas arbóreas y rebrotes de tocones de esta. Cuando se realizan podas de limpieza en las instalaciones por parte de los alumnos o personal de mantenimiento, se acostumbra a

suministrar en los corrales los restos de hojas y ramas finas, las cuales son inmediatamente ramoneadas por las cabras.

Sin embargo, no se generaron registros en cuanto a la incorporación en la dieta o ración, por lo que no existe información sobre el aporte o propiedades que puede contribuir.

A partir de estas observaciones, se abordó el estudio de esta especie, evaluando las posibilidades de incorporarla en la dieta animal y además de qué forma hacerlo.

Otro de los aspectos a analizar y definir es la forma en la cual estas hojas podrían ser conservadas. El inicio de lactancia está comprendido entre los meses de junio y julio, a causa de que las pariciones están planificadas para estas fechas, ya que coincide con la mayor actividad del alumnado que lleva a cabo las tareas de alimentación, cuidado y trabajos de ordeñe. La morera de papel al ser una planta caducifolia y no posee hojas comestibles en este período del año, por lo que su acopio y elaboración debe estar comprendido a partir de octubre-noviembre, momento en el cual las plantas comienzan a rebrotar.

3.3. Morera de papel (*B. papyrifera*) como recurso forrajero.

La morera de papel (*B. papyrifera*) es un árbol caducifolio de rápido crecimiento, que puede alcanzar entre 8 y 15 metros de altura. Es originario del sudeste asiático y presenta hojas simples, ásperas, lobuladas o dentadas, flores masculinas dispuestas en amentos y las femeninas en cabezuelas globosas de color rojo. Se trata de una especie diclino-dioica, es decir, que posee flores masculinas y femeninas en individuos diferentes, por lo que requiere la presencia de ambos sexos en proximidad para asegurar su reproducción sexual (Ainsworth, 2000).

Tradicionalmente, *B. papyrifera* ha sido utilizada en Asia para la producción de papel de alta calidad (Ewins, 1987), así como también con fines medicinales, energéticos y forrajeros (Whistler y Elevitch, 2006). En la medicina tradicional, ha sido empleada para el tratamiento de diversas afecciones, incluyendo infecciones microbianas y

trastornos ginecológicos, usos que han sido respaldados por estudios farmacológicos (Peñailillo, 2013).

Desde el punto de vista productivo, esta especie presenta características que la convierten en un recurso de interés para su utilización como forraje. Sus hojas poseen un contenido significativo de nutrientes, destacándose su aporte proteico, lo que la posiciona como una alternativa potencial dentro de la alimentación de rumiantes. Asimismo, su rápido crecimiento, capacidad de rebrote y adaptación a diferentes condiciones ambientales favorecen su disponibilidad como recurso vegetal (Jarerat, 2005).

En este sentido, la utilización de la morera de papel como recurso forrajero adquiere relevancia en sistemas productivos donde se busca diversificar la dieta y reducir la dependencia de insumos concentrados convencionales. Su incorporación podría contribuir a mejorar la eficiencia nutricional y económica, especialmente en etapas de alta demanda, como el inicio de la lactancia (Benavides, J. 1995).
En la Figura 3 se presentan imágenes de las hojas, la morfología general de la planta y sus estructuras reproductivas.

Figura 3. Hojas y corteza morera de papel. Planta y estructuras reproductivas.



Fuente: Rick Burnette, 2016.

3.4. Problemática de dispersión y aprovechamiento.

La Morera de papel, es una especie exótica invasora. Sandullo (2019) determinó que dentro del bosque histórico de la Reserva Provincial Santa Catalina esta especie fue la que se encontraba con mayor densidad, o sea mayor número de individuos por hectárea.

En el marco de la preservación de la Reserva Provincial Santa Catalina, uno de los mayores desafíos actuales es el mantenimiento de la biodiversidad en su bosque naturalizado por lo que se planifican y efectúan variedad de estudios, que incluyen resolver y otorgar herramientas para el manejo y control de especies exóticas con alta capacidad de dispersión.

Es una planta que actualmente no presenta ningún interés específico en el área, se está evaluando y planificando su control en el lugar. Por lo dicho surge la idea de aprovechar las hojas, dentro del marco de control de esta especie en la reserva, ya que puede facilitar aporte proteico en la ración de los animales.

3.5. Requerimientos nutricionales: inicio de lactancia.

En relación con los requerimientos proteicos, estos varían según el estado fisiológico del animal. En general, son menores en animales adultos en mantenimiento, aumentan durante la gestación y se incrementan durante los períodos de máxima producción láctea (NRC, 2001).

El objetivo de una adecuada nutrición proteica es suministrar suficiente proteína degradable en el rumen que permita optimizar la actividad microbiana y, en consecuencia, mejorar la eficiencia ruminal. De esta manera, se busca alcanzar la productividad deseada evitando tanto deficiencias como excesos en el aporte de proteína (Elizondo, 2006).

Las necesidades de proteína en rumiantes se expresan en términos de proteína metabolizable (PM), definida como la proteína verdadera que es digerida en el tracto posruminal y cuyos aminoácidos son absorbidos a nivel intestinal. La PM está compuesta por la proteína microbiana sintetizada en el rumen, la fracción de proteína del alimento que no es degradada ruminalmente y la proteína endógena (NRC, 2001).

Las proteínas cumplen un rol fundamental en los procesos de crecimiento, reproducción y producción de leche. En este contexto, el uso de fuentes de nitrógeno no proteico, como la urea, puede contribuir a cubrir parte de los requerimientos en rumiantes. No obstante, desequilibrios en el aporte proteico pueden afectar

negativamente el metabolismo del animal, reduciendo las reservas corporales y aumentando la susceptibilidad a diversas enfermedades (Heredia, 2014).

En relación con el uso de recursos alternativos, se ha reportado que la inclusión de *B. papyrifera* en la dieta de rumiantes puede favorecer el crecimiento, mejorar la digestibilidad de la proteína bruta y optimizar parámetros asociados a la fermentación ruminal (Hua et al., 2020).

4. Materiales y métodos.

4.1. Proteína bruta de la harina de morera de papel.

Obtención de la harina: La obtención de la harina comenzó con la cosecha, secado y molienda del material vegetal. Se recolectaron aproximadamente 2 kg de hojas y ramas de Morera de papel en las periferias del tambo caprino ubicado en la Reserva Provincial Santa Catalina. El vegetal se encontraba en el estado vegetativo.

Figura 4. Cosecha de hojas de morera de papel.



Fuente: elaboración propia.

El material recolectado se mantuvo inicialmente a temperatura ambiente durante 72 horas, cubierto con tejido para favorecer la pérdida gradual de humedad. Posteriormente, se secó en una estufa de aire caliente forzado a 50 °C durante 2 horas, con el objetivo de reducir la humedad residual hasta alcanzar condiciones adecuadas para su posterior molienda (Figura 5).

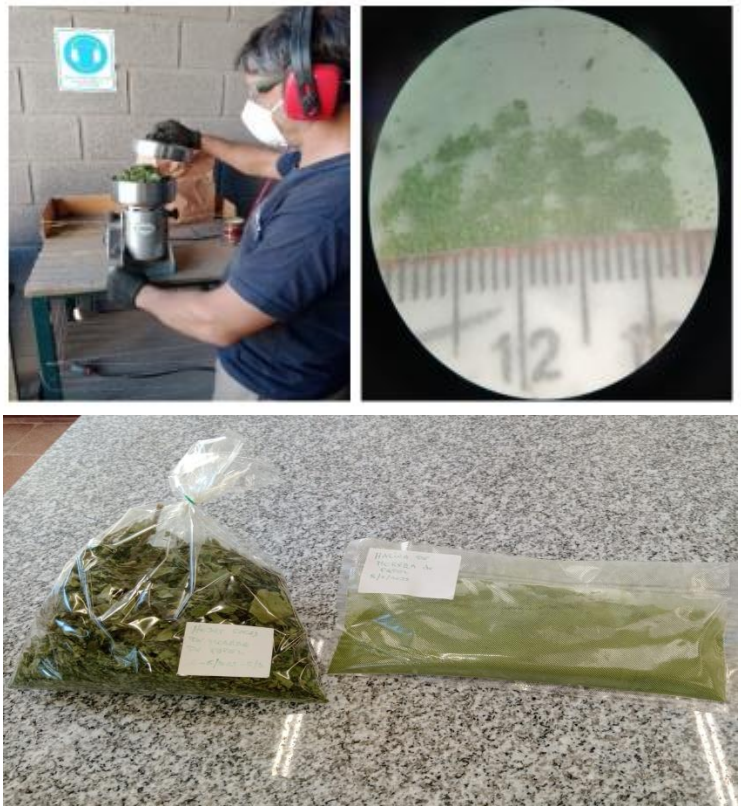
Figura 5. Secado de la Morera de papel: a temperatura ambiente y en estufa.



Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, el material seco se molió en un triturador Numak FW 177 hasta lograr una molienda fina. La uniformidad de la molienda se verificó con una lupa estereoscópica marca Nikon con 20 aumentos (Figura N° 6).

Figura 6. Molienda y granulometría de la harina (20X).



Fuente: elaboración propia.

Determinación de humedad de las muestras.

La determinación del contenido de humedad se realizó como una medición auxiliar necesaria para expresar los resultados de proteína bruta en base seca de las muestras de hojas y tallos frescos. Por este motivo, esta determinación no fue considerada una variable de estudio independiente.

El contenido de humedad expresado en % de humedad de las hojas frescas de morera de papel, se calculó por método gravimétrico post secado en estufa hasta peso constante. Los resultados se pueden ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Porcentaje de humedad de las muestras.

Muestra	% de humedad
Hoja fresca de morera de papel	60
Harina de morera de papel	5

Fuente: elaboración propia.

Determinación de proteína bruta en la harina y en la hoja y tallos frescos.

Se determinó mediante el método de Kjeldahl (Kjeldahl J. 1883). Se utilizó un digestor y destilador Tecator A 1002 (Figura 7) para finalmente valorar por medio de una titulación ácido base con una solución de ácido clorhídrico (solución volumétrica marca Anedra concentración 0.1003 N), empleando como indicadores al verde de bromocresol y al rojo de metilo.

Figura 7: Metodología para la determinación de proteína bruta.



Para el cálculo de % de proteína bruta se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{[(V - V_b).N.f]_{HCl}.14.100}{G}$$

V: volumen de HCl gastados en la titulación de la muestra.
Vb: volumen de HCl gastados en la titulación del blanco.
G: masa de la muestra húmeda en mg.

Finalmente, el valor obtenido se multiplicó por el factor 6.25 que permite conocer el porcentaje de proteína bruta a partir del porcentaje de Nitrógeno. Para unificar los valores, se tomó como criterio él porcentaje de proteína bruta en base seca.

4.2. Evaluación exploratoria de la viabilidad nutricional y económica de la utilización de la harina de morera de papel como alimento balanceado.

Viabilidad nutricional:

Con el objetivo de evaluar exploratoriamente la posibilidad de utilizar harina de morera de papel como ingrediente en la formulación de un alimento balanceado destinado a cabras al inicio de la lactancia, se utilizó el programa Zootec 3.0 (Quishpe E., 2005). Como referencia se consideraron los requerimientos nutricionales establecidos por la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA).

El alcance de la evaluación se limitó al aporte de proteína bruta de la harina de morera de papel y a su incorporación teórica en la formulación de las raciones. A partir de la

fórmula original utilizada en el establecimiento se formularon dos variantes teóricas, considerando el porcentaje de proteína bruta determinado experimentalmente:

a) Reemplazo total de la harina de soja por harina de morera de papel.

b) Reemplazo parcial de la harina de soja por harina de morera de papel y ajuste de proporciones de los demás ingredientes para alcanzar el perfil de referencia.

Las formulaciones obtenidas fueron evaluadas en función de su capacidad para alcanzar el contenido de proteína bruta establecido como referencia, dentro del alcance exploratorio del trabajo.

Viabilidad económica.

La evaluación económica de la incorporación de harina de morera de papel en la alimentación de cabras en inicio de lactancia se realizó en base a los costos de los principales insumos, expresados en pesos y su equivalente en dólares (tipo de cambio: 1425 ARS/USD) (Tabla 4).

El costo de la harina de morera de papel se estimó considerando el consumo energético asociado al proceso de secado del material vegetal.

A partir de estos datos, se calculó el costo por kilogramo de ración para cada una de las alternativas formuladas.

Tabla 4. Costo/presentación de los insumos principales.

Componente	kg	Costo en pesos	Costo en dólares
Pellets de alfalfa	25	32000.-	22.45.-
Soja	30	18800.-	13.20.-
Trigo	15	22000.-	15.43.-
Maíz	40	14500.-	10.17.-
Afrecho de trigo	18	23000.-	16.14.-

5. Resultados y discusión.

5.1. Contenido proteico de la harina de Morera de papel y estimación de calidad.

En la Tabla 5 se pueden observar los porcentajes promedio de proteínas para los de la harina de morera de papel y para los de hoja y tallos fresco, no se aprecian diferencias

entre los contenidos de proteína bruta hallados en base seca para la harina y para la hoja fresca. Esto indica que el proceso de secado y molienda no perjudico el contenido proteico.

Contenido proteína bruta de la harina de morera de papel obtenido:

Tabla 5. Resultados de la determinación de proteína.

Muestra	% de proteína bruta en base seca
Harina de morera de papel	21.455
Hoja y tallos frescos de morera de papel	21.255

Fuente: Elaboración propia.

La determinación sobre el material vegetal fresco se realizó como valor de referencia para comparar el contenido de proteína bruta antes y después del procesamiento. Los resultados obtenidos fueron similares, con valores de 21,255 % para el material fresco y 21,455 % para la harina de morera de papel.

La similitud entre ambos resultados indica que, bajo las condiciones utilizadas en este estudio, no se observaron variaciones apreciables en el contenido de proteína bruta luego del proceso de secado y molienda.

Los valores obtenidos son consistentes con los reportados por Jarerat (2005), quien describe contenidos de proteína cercanos al 20% en base seca para esta especie.

Si bien estos valores son inferiores a las fuentes proteicas concentradas como la soja (70% en harina y aproximadamente 38% en semilla entera) (Bruggink, 1993), se encuentran dentro del rango esperado para forrajes, que generalmente oscila entre el 3% y el 25% de proteína bruta, dependiendo de la especie, la fracción vegetal y el estado fenológico (Ranch Engineering, 2025).

En este sentido, Paniagua-Hernández et al. (2020) destacan que el contenido nutricional de los forrajes puede variar en función del estado de desarrollo de la planta y la edad del rebrote, lo cual representa un aspecto relevante a considerar en la formulación de alimentos balanceados, ya que puede afectar la homogeneidad del producto final.

Por otra parte, la evaluación de la calidad forrajera no se encuentra estandarizada, existiendo distintos enfoques para su determinación. Según Di Marco (2012), el concepto de calidad puede referirse a la composición nutritiva del forraje, su respuesta al manejo o su impacto sobre el consumo animal.

Se considera que un forraje de buena calidad presenta valores de digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) cercanos al 70%, fibra detergente neutra (FDN) menor al 50% y proteína bruta superior al 15%. Por ello, forrajes de baja calidad presentan menor digestibilidad, mayor contenido de fibra y menor valor proteico.

Estudios recientes reportan valores de FDN y FDA de 42,78% y 30,16%, respectivamente (Zheng et al., 2025), lo que sugiere una digestibilidad intermedia y un valor nutritivo adecuado dentro del grupo de forrajes.

5.2. Estudio de viabilidad nutricional y económica del alimento alternativo.

Viabilidad nutricional.

Formula teórica A: harina de soja + trigo + afrecho de trigo y % de materia seca y él % de proteína bruta (Tabla 6):

Tabla 6. Composición y características de la Formulación A:

Cod.	Formulación A	Composición %	Materia seca %	Proteína bruta %
10	Harina de soja	**15,00**	**89.15**	**18.46**
3	Trigo	**40,00**		
6	Afrecho de trigo	**45,00**		

Fuente: elaboración propia.

Formulación teórica B: Trigo + afrecho de trigo + harina de morera de papel (remplazo total de la harina de soja) % de materia seca y el % de proteína bruta (Tabla7):

Tabla 7. Composición y características de la formulación teórica B.

Cod.	Formulación B	Composición %	Materia seca %	Proteína bruta %
37	Harina de morera de papel	**15,00**	**89.90**	**15.01**
3	Trigo	**40,00**		
6	Afrecho de trigo	**45,00**		

Fuente: elaboración propia.

Formulación Teórica C: harina de soja + harina de morera de papel (reemplazo parcial de parte de la harina de soja) +Trigo+ afrecho de trigo, % de materia seca y él % de proteína bruta.

Debido al menor aporte proteico de la harina de morera de papel respecto de la harina de soja, para alcanzar el contenido de proteína bruta establecido como referencia fue necesario ajustar las proporciones de trigo y afrecho de trigo e incrementar la participación de la harina de morera de papel en la formulación(Tabla 8).

Tabla 8. Composición y características de la formulación teórica C

Cod.	Formulación C	Composición %	Materia seca %	Proteína bruta %
10	Harina de soja	**5,00**	**91.5**	**18.01**
3	Trigo	**20,00**		
6	Afrecho de trigo	**28,00**		
37	Harina de morera de papel	**47**		

Fuente: elaboración propia.

Evaluación económica.

Costos de secado de la morera de papel:

Secado (2 horas en estufa para 2 kilos) (equipo disponible) Para 25 kilos	**Materia prima:** 62,5 kg **Tandas:** 32 **Tiempo total:** 64 h **Costo eléctrico estimado:** **$7.360 – $10.304** **Valor promedio: $8832.-**

Costo en pesos por kg de formulación A:

Tabla 9. Costos de las formulaciones.

	Ingredientes	Composición %	Gramos	Valor
Fórmula A	Harina de soja	15,0	150,0	94,5
	Trigo	40,0	400,0	586,8
	Afrecho de trigo	45,0	450,0	575,1
	Total en pesos por Kg de ración			**1256,4**

Fórmula B	Harina de morera de papel	15,0	150,0	53,0
	Trigo	40,0	400,0	586,8
	Afrecho de trigo	45,0	450,0	575,1
	Total en pesos por Kg de ración			**1214,9**

Fórmula C	Harina de morera de papel	47,0	470,0	166,1
	Harina de soya	5,0	50,0	31,5
	Trigo	20,0	200,0	293,4
	Afrecho de trigo	28,0	280,0	357,8
	Total en pesos por Kg de ración			**848,8**

Cabe destacar que el presente análisis no contempla costos operativos asociados a la recolección, mano de obra y almacenamiento del material vegetal, por lo que los resultados deben considerarse como una estimación exploratoria.

Desde un punto de vista aplicado, los resultados obtenidos permiten considerar a la harina de morera de papel como un insumo viable dentro de la formulación de raciones para rumiantes, especialmente en sistemas donde se busca reducir costos sin comprometer significativamente el aporte proteico. Si bien no reemplaza completamente a fuentes proteicas concentradas como la de soja, su inclusión parcial permite alcanzar niveles adecuados de proteína bruta, como se observa en la formulación teórica C, lo que refuerza su potencial como complemento dentro de estrategias de alimentación más eficientes.

6. Conclusión.

La harina de hojas y tallos finos de morera de papel presenta un contenido de proteína bruta cercano al 21% en base seca, posicionándola dentro de un forraje de calidad.

El proceso de secado y molienda no afectó valor proteico, lo que permitió su utilización en forma de harina.

La inclusión de harina de morera de papel en las formulaciones de raciones para rumiantes permite alcanzar niveles adecuados de proteína bruta cuando se combina

con otras fuentes nutricionales, especialmente la formulación parcial C que integra tanto harina de morera de papel y como harina de soja.

Además, el análisis económico evidenció una reducción en el costo por kilogramo de ración en las formulaciones que incorporan harina de morera de papel.

La utilización de la morera de papel no solo representa una oportunidad desde el punto de vista nutricional y económico, sino también desde una perspectiva ambiental. Dado que se trata de una especie exótica invasora en la Reserva Provincial Santa Catalina, su aprovechamiento como recurso forrajero podría contribuir al manejo y control de su dispersión, generando valor a partir de un material actualmente subutilizado.

7. Bibliografía.

Bedoya Mejía, O., Rosero Noguera, R., & Posada, S. L. (2012). Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes.https://repository.unilasallista.edu.co/items/207c62b5-e2b9-4397-a6f2-16c0bf9c54a4

Benavides, J. (1995). Módulos agroforestales con cabras para la producción de leche (Vol. 18). Catie.

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=jProxwHASBgC&oi=fnd&pg=PR3&dq=podria+usarse+la+morera+de+papel+en+principio+de+lactancia+en+cabras&ots=lvdUJYbOJf&sig=W6IzVlJMa1GWVzF6Y8irX18z0Vk#v=onepage&q&f=false

Bidot Fernández, A. (2017). Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica. *Revista de Producción Animal, 29*(2), 32–41.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s2224-79202017000200005&script=sci_arttext

Bruggink, J. H. B. (1993). Utilización de concentrados de proteína de soja en dietas de animales jóvenes. En *Memorias del IX Curso de Especialización FEDNA*. Barcelona: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.

https://fedna.biolucas.com/wp-content/uploads/2021/11/93CAP_10.pdf

Chen, Y., Wang, L., Liu, X., Wang, F., An, Y., Zhao, W., ... &Zhou, H. (2022). Thegenus *Broussonetia*: Anupdatedreview of phytochemistry, pharmacology and applications. *Molecules, 27*(16), 5344.

https://www.mdpi.com/1420-3049/27/16/5344

Di Marco, O. (2012). *Estimación de calidad de los forrajes*. Facultad de Ciencias Agrarias, INTA Balcarce.

https://www.produccionanimal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/72Estimacion_calidad_forrajes.pdf

Ewins, R. (1987). Barkcloth and theorigin of paper. En *Proceedings of the 1st NationalPaper Conference* (pp. 11–15). Hobart: Papermakers of Australia.

Elizondo, J. (2006). El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. *Agronomía Mesoamericana, 17*(1), 69–77.

https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Elizondo-Salazar/publication/26507736_El_nitrogeno_en_los_sistemas_ganaderos_de_leche/links/5441190b0cf2a6a049a53831/El-nitrogeno-en-los-sistemas-ganaderos-de-leche.pdf

Gallardo, M. (2000). Concentrados y subproductos para la alimentación de rumiantes. *América Latina*, *202*, 20.

https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/47-Material.pdf

Hao, Y., Huang, S., Liu, G., Zhang, J., Liu, G., Cao, Z., ... & Li, S. (2021). Effects of differentpartsonthechemicalcomposition, silagefermentationprofile, in vitro and in situ digestibility of papermulberry. *Animals, 11*(2), 413.

https://www.mdpi.com/2076-2615/11/2/413

Hua, 2020.Hua, J., Xu, T., Shen, Q., Liu, Y., Huang, G., Rao, D., ... & Wang, J. (2020). Productive and metabolic increments of the inclusion of Broussonetia papyrifera to replace maize silage in growing goats. *Czech Journal of Animal Science*, *65*(8).

https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/cjs/2020/08/03.pdf

Jarerat, 2005.Jarerat, A., Haruthaithanasan, V., &Sriroth, K. (2001). Potential use of paper mulberry leaves for silage production.

http://posaa.kapi.ku.ac.th/Document/PDF/FinalRep2001_V2/Full_2B-2-2(1).pdf

Jimeno, V., Rebollar, P., & Castro, T. (2003). Nutrición y alimentación del caprino de leche en sistemas intensivos de explotación. En *XIX Curso de Especialización FEDNA*. Madrid, España.

https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/leche_caprina/51-nutricion_caprino_leche.pdf

MAGyP. (2021). Informe de faena año 2019: Especies caprinos. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/gestion/otras.php?accion=imp

NRC. (2001). National Research Council, Committee on Animal Nutrition, & Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle: 2001*. National Academies Press.

https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=EgWw2Kd9mb4C&oi=fnd&pg=PP17&dq=NRC.+(2001).+Nutrient+requirements+of+dairy+cattle+(7th+ed.).+National+Academy+Press.&ots=pRHSFo7Qkj&sig=S29AMihBOjCXp573dEfcmi9fX3U#v=onepage&q&f=false

NRC. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants*. National Academies Press.

https://www.nationalacademies.org/publications/11654

Paniagua-Hernández, L. D., Arias-Gamboa, L. M., Alpízar-Naranjo, A., Castillo-Umaña, M. Á., Camacho-Cascante, M. I., Padilla-Fallas, J. E., & Campos-Aguilar, M. (2020). Efecto de la densidad de siembra y edad de rebrote en la producción y composición bromatológica de *Tithonia diversifolia*. *Pastos y Forrajes, 43*(4), 275–283.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000400275

Peñailillo Lazo, J. F. (2013). *Estudio de la diversidad genética de la morera de papel* (Tesis).

QuishpeE. (2005) Zootec 3.01

https://elmerzinho.blogspot.com/2013/03/zootec-30-formulacion-de-raciones-de_21.html?m=1

RanchEngineering. (2025). Composición de forrajes. Recuperado de http://ranchengineering.com

Rick Burnette (2016). Morera de papel. Un recurso de agroforestería complicado. https://www.echocommunity.org/es/resources/47b18d06-695b-4a26-91a3-a8711856d4c9

Revidatti, M. A., De la Rosa, S. A., Capello-Villada, J. S., &Orga, A. (2012). Indicadores productivos de hembras caprinas. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal, 2*, 75–81.

https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/produccion_caprina/160-indicadores_productivos.pdf

Rocha, J. (2009). Leche de cabra: una alternativa saludable.

Rodríguez, V. (2006). Desarrollo de un yogur deslactosado de leche de cabra (Tesis de maestría). Universidad Católica de Córdoba.

https://www.proquest.com/openview/f4e2561b3647f9ac261b50d25433e468/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y

Sandullo, S. E. (2019). Situación y lineamientos para el manejo de la morera de papel en la Reserva Provincial Santa Catalina.

https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-FCF:19656/Description

Simonetti, L., Ghibaudi, M., Perandones, Y., Fernández, M. B., López, C., Fernández, L. B., & Valencia, J. I. (2023). Crianza de cabritos trillizos en sistema intensivo. *Revista Científica Agropecuaria, 10*(3).

http://servicios.ingenieria.unlz.edu.ar:8080/ojs/index.php/agrarias/article/view/129

Zheng, X., Sun, Y., Guo, S., Yu, J., Huang, R., & Zhang, F. (2025). Theeffect of *Broussonetiapapyrifera*silageon intestinal healthindicators. *Frontiers in VeterinaryScience, 12*, 1543302.

https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2025.1543302/full