



**Universidad  
de La Laguna**

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
SECCIÓN DE INGENIERÍA AGRARIA

Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

---

Análisis de la palatabilidad del  
fermentado semisólido de las palas  
de diferentes cultivares de tuneras  
(*Opuntia maxima* Mill.)

---

Lucía Fumero Rodríguez

La Laguna, julio 2023



**AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO POR  
SUS DIRECTORES  
CURSO 2022/2023**

DIRECTOR – COORDINADOR: María de los Ángeles Camacho Pérez

DIRECTOR: Antonio César Perdomo Molina

Como directores de la alumna Lucía Fumero Rodríguez en el TFG titulado: Análisis de la palatabilidad del fermentado semisólido de las palas de diferentes cultivares de tunera (*Opuntia maxima* Mill.), nº de Ref..... damos nuestra autorización para la presentación y defensa de dicho TGF, a la vez que confirmamos que el alumno ha cumplido con los objetivos generales y particulares que lleva consigo la elaboración del mismo y las normas del Reglamento de Trabajo de Fin de Grado de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería.

La Laguna, a 20 de junio de 2023

CAMACHO PEREZ  
MARIA DE LOS  
ANGELES -  
42936967S

Digitally signed by  
CAMACHO PEREZ MARIA  
DE LOS ANGELES -  
42936967S  
Date: 2023.06.15 23:25:02  
+01'00'

Fdo:.....

(Firma de los directores)

**SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TRABAJO FIN DE GRADO**

**IMPRESO P06**

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 5519156 Código de verificación: GTuCL/8h

Firmado por: Antonio César Perdomo Molina  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 18/06/2023 10:18:32



Este Trabajo Fin de Grado ha sido realizado dentro del proyecto de investigación CAIA2023 0004-04 “Mejora sostenible de la gestión de las explotaciones ganaderas avícolas y caprinas en base a la utilización de forrajes y cereales locales en la alimentación y al aprovechamiento integral de residuos ganaderos”, dentro del Subproyecto 4 "Aprovechamiento de la penca de tunera fermentada como alimento alternativo en dietas de pequeños rumiantes" desarrollado en la Unidad de Producción Animal, Pastos y Forrajes en Zonas Áridas y Subtropicales del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA). El proyecto ha sido financiado con fondos propios de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno de Canarias.





## **Agradecimientos**

A mis directores en este Trabajo Fin de Grado, María de los Ángeles Camacho Pérez y Antonio César Perdomo Molina por su ayuda y apoyo.

A todo el equipo de la finca “El Pico”, especialmente a Sergio Álvarez Ríos, Yurena Ramallo Dorta y Carolina Aránzazu Gonzalo Pérez.

A Mario Torres Herrera por su constante apoyo y compañía durante estos años.



# ÍNDICE

<b>1. Introducción</b> .....	<b>12</b>
<b>2. Objetivos</b> .....	<b>15</b>
3.1. Generalidades de la tunera .....	17
3.1.1. Origen y distribución en el mundo.....	17
3.1.3. Morfología.....	18
3.1.3.1. Raíz.....	18
3.1.3.2. Tallo.....	18
3.1.3.3. Hojas.....	19
3.1.3.4. Flor.....	20
3.1.3.5. Fruto.....	21
3.1.3.6. Semilla.....	21
3.2. La tunera en las Islas Canarias.....	22
3.2.1. Especies y variedades.....	23
3.3. Importancia forrajera de la tunera.....	23
3.4. Usos de la tunera como forraje.....	24
3.4.1. Fermentado de los cladodios.....	24
3.4.1.1. Aditivos estimulantes de fermentación.....	25
3.5. Aspectos positivos de la tunera como forraje.....	27
3.5.1. Adaptabilidad.....	27
3.5.2. Eficiencia hídrica.....	27
3.5.3. Rendimiento.....	27
3.5.4. Labores culturales.....	28
3.6. Composición nutritiva de la tunera.....	28
3.7. Generalidades del caprino.....	29
3.7.1. Historia y taxonomía.....	29
3.8. El caprino en España.....	30
3.9. El caprino en las Islas Canarias.....	31
3.9.1. Razas canarias.....	32
3.9.1.1. Raza tinerfeña.....	33



3.9.1.2. Raza palmera.....	34
3.9.1.3. Raza majorera .....	34
3.10. Anatomía del aparato digestivo de la cabra .....	35
3.11. Proceso digestivo .....	36
3.11.1. Prehensión e insalivación.....	36
3.11.2. Masticación y deglución.....	36
3.11.3. Digestión.....	37
3.12. Conducta alimenticia.....	37
3.12.1. Ingestibilidad .....	38
3.12.1.1. Capacidad de ingesta .....	38
3.12.1.2. Factores que intervienen en la ingestión.....	38
3.12.2. Digestibilidad.....	40
3.12.2.1. Factores que intervienen en la digestibilidad.....	40
3.12.3. Palatabilidad.....	41
3.12.3.1. Factores que intervienen en la palatabilidad .....	41
3.12.3.2. Ensayos de palatabilidad.....	42
<b>4. Materiales y métodos .....</b>	<b>45</b>
4.1. Localización del área de estudio .....	45
4.2. Material vegetal estudiado .....	45
4.3. Animales.....	48
4.4. Diseño experimental .....	49
4.5. Materiales para elaborar el fermentado.....	50
4.6. Proceso de elaboración del fermentado de tunera .....	52
4.7. Reparto de la ración .....	54
4.7. Recogida de muestras de fermentado para su análisis.....	55
4.8. Análisis estadístico .....	55
4.9. Costes de producción .....	55
<b>5. Resultados y discusión .....</b>	<b>58</b>
5.1 Ingesta del fermentado .....	58
5.2. Composición nutricional.....	61
5.3. Supuesto de necesidades proteicas .....	65
5.4. Estudio económico .....	66



<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>72</b>
<b>7. Conclusions .....</b>	<b>73</b>
<b>8. Referencias bibliográficas .....</b>	<b>75</b>
<b>9. Anexos .....</b>	<b>82</b>
9.1. Anexo 1. Datos de campo .....	82
9.2. Anexo 2. Consumos .....	84
9.3. Anexo 3. Análisis nutricional .....	86
9.4. Anexo 4. Análisis estadístico .....	94



**Título:** Análisis de la palatabilidad del fermentado semisólido de palas de diferentes cultivares de tunera (*Opuntia maxima* Mill.)

**Autor:** Fumero Rodríguez, L.

**Tutores:** Camacho Pérez, M.A., Perdomo Molina, A.

**Palabras clave:** caprino, cladodios, forraje, proteína.

## Resumen

La ganadería caprina ha sido una importante fuente de ingresos en la historia de las Islas Canarias. Sin embargo, actualmente enfrenta desafíos que limitan su desarrollo, la dependencia de insumos importados, así como el encarecimiento de los precios de los forrajes ha impactado negativamente al sector. Ante esta situación, se propone una alternativa: utilizar los cladodios de la tunera como complemento alimenticio a través de un proceso de fermentación para mejorar sus propiedades nutritivas y eficacia como alimento.

Para poder llevar a cabo esta alternativa, en este estudio se elaboró un fermento de cladodios de tres variedades de *Opuntia maxima* Mill. (Colorado Moscatel, Porto Largo y Ofer), el cual se suministró a 6 cabras en mantenimiento. La elaboración de este fermentado involucró el picado del material vegetal, la adición de aditivos, y la homogenización y la fermentación del producto durante 6 horas. Tras este proceso se ofreció como alimento al ganado, midiendo el peso del alimento restante para determinar su palatabilidad. También, se tomaron muestras para analizar la composición nutricional de cada fermento y su evolución a lo largo del tiempo.

Los resultados indican que la variedad de tunera utilizada no influye en el consumo de esta por parte de los animales. Además, se ha comprobado que el fermentado de tunera es un forraje de excelente calidad, con un alto contenido proteico.

Por otra parte, los resultados reflejan que una fermentación de dos horas es suficiente para obtener niveles de proteína similares a los obtenidos tras seis horas de fermentación, lo cual reduce el costo de producción del fermentado y respalda su viabilidad como alternativa forrajera en el mercado.



**Title:** Analysis of the palatability of semi-solid fermented shovelfuls of different cultivars of tunera (*Opuntia maxima* Mill.)

**Author:** Fumero Rodríguez, L.

**Directors:** Camacho Pérez, M.A., Perdomo Molina, A.

**Key words:** goat, cladodes, forage, protein.

## Abstract

Goat farming has been an important source of income in the history of the Canary Islands. However, it is currently facing challenges that limit its development. Dependence on imported inputs, as well as rising fodder prices, has had a negative impact on the sector. Faced with this situation, an alternative is proposed: to use the cladodes of the prickly pear cactus as a feed supplement through a fermentation process to improve its nutritional properties and effectiveness as a feed.

In order to carry out this alternative, in this study a ferment of cladodes from three varieties of *Opuntia maxima* Mill. was prepared (Colorado Moscatel, Porto Largo and Ofer), which was fed to 6 goats under maintenance. The elaboration of this fermented product involved the chopping of the plant material, the addition of additives, and the homogenisation and fermentation of the product for 6 hours. After this process it was offered as feed to the cattle, measuring the weight of the remaining feed to determine its palatability. Samples were also taken to analyse the nutritional composition of each ferment and its evolution over time.

The results indicate that the variety of prickly pear cactus used does not influence the animals' consumption of it. In addition, it was found that the fermented prickly pear cactus is an excellent quality fodder, with a high protein content.

On the other hand, the results show that a two-hour fermentation is sufficient to obtain protein levels similar to those obtained after six hours of fermentation, which reduces the production cost of the fermented product and supports its viability as a fodder alternative in the market.



# 1. INTRODUCCIÓN



## 1. Introducción

En las Islas Canarias, una de las cabañas ganaderas de mayor importancia es la caprina, cuya producción lechera está destinada principalmente a la elaboración de quesos. Durante años, esta actividad ha supuesto una importante fuente de ingresos para la región.

Sin embargo, la situación actual de la ganadería caprina en el Archipiélago canario es preocupante. Atendiendo a los datos publicados por la Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno de Canarias, en el año 2022, el ganado caprino mantuvo su papel predominante sobre la producción ganadera del archipiélago, con un total de 206.911 cabezas de ganado, un 21% menos respecto al año 2013, en el que se registraron 250.920 cabezas de ganado (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2022).

A pesar de su importancia como actividad económica, la cabaña caprina se enfrenta a muchos desafíos que limitan el desarrollo del sector, entre ellos la elevada dependencia de insumos importados. Canarias es una región con una deficiente producción pasícola y forrajera por lo que el sector ganadero, en su mayoría, depende de la importación de forraje y materias primas para la alimentación del ganado.

Según refleja Álvarez et al., (2017) en la revista Agropalca, el consumo de alimento por parte del ganado se estimó en 300.000 t/año de concentrado, elaborado en su totalidad a partir de materias primas importadas y en 70.000 t/año de forraje, de las cuales 47.000 toneladas también proceden de la importación.

En los últimos años, esta situación se ha vuelto insostenible. El encarecimiento de los precios ha golpeado con fuerza al sector ganadero, haciendo inasumibles los precios de las forrajeras básicas para alimentar al ganado y, en consecuencia, que los ganaderos isleños se planteen la eliminación de parte de su ganado para reducir gastos en alimentación o el cierre total de sus instalaciones. Según el Gobierno de Canarias, en el año 2022, se sacrificaron 33.020 animales de ganado caprino, un 30% más que en el año 2021, en el que se registraron 23.048 animales sacrificados.

Por este motivo, es imprescindible buscar una alternativa a alimenticia a los insumos importados que reduzca los costes de producción y mejore la rentabilidad de las explotaciones ganaderas. Una alternativa que este trabajo propone es el estudio de la utilización de las palas de tunera como complemento alimenticio. La utilización de la tunera como forraje no es una idea nueva, tradicionalmente, en Canarias, este material se ha picado y ofrecido al ganado como alimento. Sin embargo, en este trabajo se ha



realizado una modificación de la técnica tradicional, incluyendo un proceso de fermentación. Este proceso permite aumentar las propiedades nutritivas de la tunera y así garantizar su eficacia como alimento (Flores et al., 2011).

En regiones como México, el fermentado de palas de tunera como suplemento alimenticio ya ha sido objeto de numerosas investigaciones, como las realizadas por Flores et al., (2011): 'Dietas a base de forraje tradicional y nopal (*Opuntia* spp.) enriquecido con proteínas para alimentar cabra' o 'Fermentación semisólida del nopal (*Opuntia* spp.) para su uso como complemento proteico animal'.

En base a dichos estudios, este trabajo muestra las características del proceso de elaboración, los resultados de la composición química de la tunera antes y después del proceso de fermentación, y la respuesta de pequeños rumiantes a este alimento. Además, se incluye un estudio económico que permite determinar la rentabilidad de este producto como sustitución de otras materias primas convencionales.

De esta manera, se pretende estudiar este procedimiento en las Islas Canarias, con el objeto de facilitar a los ganaderos canarios una alternativa a la importación de forrajes, así como conocer las ventajas y desventajas que esto conlleva.



## **2. OBJETIVOS**



## 2. Objetivos

Los objetivos que este Trabajo Fin de Grado pretende alcanzar son recogidos a continuación.

- Objetivo general.

- 1) Valorar la palatabilidad del fermentado de diferentes variedades de *Opuntia maxima* Mill. como alternativa forrajera en la alimentación de pequeños rumiantes.

- Objetivos específicos.

- 1) Evaluar el contenido nutricional del fermentado de diferentes variedades de *Opuntia maxima* Mill.
- 2) Estudiar el proceso de fermentación para optimizar el tiempo de preparación del alimento.



### **3. REVISIÓN BIBLIGRÁFICA**



### 3. Revisión bibliográfica

#### 3.1. Generalidades de la tunera

##### 3.1.1. Origen y distribución en el mundo

La familia de las cactáceas tiene su origen en América, principalmente en las regiones áridas y semiáridas del continente. México ha sido considerado uno de los centros de origen de la familia *Cactaceae*, y más concretamente del género *Opuntia* (Melgarejo, 2000).

En México, las especies del género *Opuntia* se conocen como nopales y se clasifican por sus cladodios articulados de manera distintiva, sus pequeñas hojas cilíndricas que se pierden muy temprano; y por sus flores originadas normalmente, en el ápice de los cladodios (Fuentes et al., 2009).

En la actualidad, los nopales existen en forma silvestre o cultivada en numerosos países de todos los continentes. El sur de España, la cuenca mediterránea, y países como Francia, Grecia, Italia, Turquía e Israel, se suman a las más de 5.000 millones de hectáreas de zonas áridas y semiáridas del planeta donde el nopal puede desarrollarse y prosperar adecuadamente (Sáenz et al., 2006).

##### 3.1.2. Taxonomía

Según Rebman y Pinkava (2001), las plantas del género *Opuntia* pertenecen a la familia *Cactaceae*, la cual incluye cerca de 115 géneros y 1.600 especies distribuidos en tres subfamilias de plantas perennes: *Periskioideae*, *Cactoideae* y *Opuntioideae* (Bravo, 1978), con una cuarta subfamilia recientemente reconocida, *Maihuenioideae* (Wallace, 1995).

El género *Opuntia* se encuentra en un proceso activo de diferenciación, por lo que la delimitación exacta de sus especies se dificulta. Existen diversos sistemas de clasificación y sinonimias que agravan este problema, lo que hace que su determinación taxonómica sea difícil (Bravo, 1978). Este hecho se suma a que estas plantas se hibridan con facilidad y presentan gran plasticidad fenotípica (Gibson y Nobel, 1986).

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente establece, en el año 2019, el encuadramiento taxonómico expuesto en la Tabla 1.



<b>Taxón</b>	<b>Categoría</b>
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Cactaceae</i>
Subfamilia	<i>Opuntioideae</i>
Tribu	<i>Opuntieae</i>
Género	<i>Opuntia</i>

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la tunera. Fuente: Catálogo español de especies exóticas invasoras, 2019. Elaboración propia

### **3.1.3. Morfología**

#### **3.1.3.1. Raíz**

En el sistema radicular de la tunera, se pueden distinguir dos tipos de raíces. Esta distinción es ocasionada según el método de reproducción utilizado. Si la reproducción se realiza mediante semillas, la planta presenta una raíz pivotante. Sin embargo, si la reproducción ha sido vegetativa, el sistema radicular es fasciculado y superficial, con capacidad de penetrar en el terreno hasta alcanzar los 80 cm de profundidad y varios metros en sentido longitudinal (Fernández y Saiz, 1990).

Aunque el sistema radicular de la tunera es semejante a muchas otras plantas, este presenta la particularidad de que, sus raíces carecen de pelos absorbentes en suelos secos. En cambio, cuando existe agua disponible, la raíz tiene la capacidad de desarrollar pelos con una gran velocidad de absorción de agua y nutrientes. Por ello, la tunera presenta una gran adaptación a las diferentes condiciones agroclimáticas, aprovechando tanto el agua superficial de las lluvias puntuales como aquellas más profundas (Fernández y Saiz, 1990).

#### **3.1.3.2. Tallo**

El tallo de la tunera está constituido por artejos aplanados, elípticos y suculentos, de color verde glauco los dos primeros años, a partir de cuyo momento van adquiriendo paulatinamente consistencia leñosa, formando un tronco casi cilíndrico de color



grisáceo, lo que sucede a los 10-15 años (Figura 1). Los artejos, comúnmente conocidos como pencas o palas, se unen mediante una coyuntura o articulación de menor tamaño, lo cual le confiere a la tunera su aspecto ramificado (Fernández y Saiz, 1990).



Figura 1. *Opuntia* spp.

Las palas, son tallos fotosintéticos altamente modificados y adaptados para el aprovechamiento y transformación de la energía luminosa en energía química mediante la fotosíntesis. Éstas se encuentran recubiertas por una cutícula de naturaleza lipídica que recubre toda la superficie, evitando la evaporación del agua y la pérdida de turgencia de la planta (Fernández y Saiz, 1990).

### **3.1.3.3. Hojas**

En la tunera, las hojas solo se encuentran en cladodios tiernos, y son únicamente visibles en las primeras etapas ya que se desprenden totalmente cuando el cladodio ha alcanzado cierto grado de desarrollo. Son herbáceas, caducas y presentan forma de ganchito cónico, engrosadas en su base (Figura 2). En sus axilas se hallan las areolas, un órgano característico de las cactáceas, de donde brotan las espinas (Bravo, 1978).



Figura 2. Hojas de *Opuntia* spp.

#### 3.1.3.4. Flor

Las flores son hermafroditas, su cáliz está constituido por numerosos sépalos de color amarillo verdoso que protegen la corola. Esta está formada por varios pétalos ovoides soldados a su base (Figura 3). El ovario es ínfero y termina en un estilo alargado. El estigma, por otro lado, es receptivo desde la apertura de la flor, la cual se abre durante una o dos semanas, aunque la apertura de las anteras dura uno o dos días.



Figura 3. Flor de *Opuntia* spp.

Generalmente, las flores se producen en las areolas localizadas en tercio superior del cladodio y, fundamentalmente en el borde superior. Cada areola produce,



normalmente, una flor, aunque no todas florecen en una misma época. En el caso del Sureste español, se producen dos floraciones anuales, una tiene lugar en primavera y otra en otoño, aunque según la época y las labores culturales, la intensidad de esta puede ser variable (Melgarejo, 2000).

### 3.1.3.5. Fruto

El fruto es una baya de forma ovoidal, carnosa, unilocular y polisperma (Figura 4). Ésta se encuentra provista de un pericarpio o cáscara cubierto de numerosas y pequeñas espinas. Una vez maduro el fruto, la pulpa es jugosa, mucilaginosa, azucarada y aromática (Melgarejo, 2000).



Figura 4. Fruto de *Opuntia* spp. Fuente: Shutterstock, 2023

Sus dimensiones y coloraciones pueden variar según la variedad, encontrándose frutos de cinco a diez centímetros de longitud y de cuatro a ocho centímetros de diámetro (Melgarejo, 2000), de color amarillo canario, amarillo limón, anaranjado, rojo, rojo-morado, verde tierno, blanco verdoso, etc.

### 3.1.3.6. Semilla

Las semillas se encuentran distribuidas regularmente por toda la pulpa del fruto. Poseen una testa dura, resistiendo la acción de los ácidos gástricos de los animales, pasando por el aparato digestivo de estos sin perder su poder germinativo. La testa es clara, el arilo ancho, el embrión curvo, los cotiledones grandes y perisperma está bien desarrollado (Fernández y Saiz, 1990).



### 3.2. La tunera en las Islas Canarias

Tradicionalmente, la tunera ha tenido una estrecha relación con la población canaria. Este cultivo ha servido para diferentes propósitos a lo largo de la historia del Archipiélago, siendo aprovechable tanto por su fruto como por sus cladodios. En épocas pasadas, la tunera era utilizada para la marcación de lindes, para la elaboración de juguetes infantiles, para el ahumado de quesos o para la alimentación del ganado, entre otros fines.

Además, el cultivo de la tunera también estuvo íntimamente ligado al desarrollo económico del Archipiélago. Las primeras décadas del siglo XIX estuvieron marcadas por una enorme recesión, provocada por la pérdida del mercado del vino. La crisis de subsistencia pudo paliarse gracias a la introducción de un nuevo producto de exportación: la cochinilla (González, 2001). El *Dactylopius coccus*, también conocido como cochinilla, es un pequeño insecto parásito que al desecarse es utilizado para extraer un tinte de color rojo oscuro, un producto muy demandado por la industria textil europea.

La introducción de la cochinilla en las islas se realiza en 1820 desde México (González, 2001) y a partir de este momento, la tunera comienza un desarrollo sin precedentes en las islas para el cultivo de este insecto.

La venta de cochinilla comenzó a decaer a partir de 1862 debido a la aparición de los tintes sintéticos (González, 2001). A partir de este momento, el cultivo de la tunera sufrió un importante revés y entró en crisis, con su consiguiente abandono.

Actualmente, según el mapa de cultivos de las Islas Canarias y según se expone en la Tabla 2, en la campaña 2015-2021 se registraron 237,46 ha de tunera en superficie agrícola cultivada y 461,72 ha de tunera en abandono (Gobierno de Canarias, 2021).

Agrupación	Superficie de agrupación (ha)	Cultivo (ha)	Superficie total (ha)
Frutales subtropicales	3.730,69	Tunera	215,29
Viña	350,71	Asociación viña-tunera	22,16



Agrupación	Superficie de agrupación (ha)	Cultivo (ha)	Superficie total (ha)
Sin cultivo	72.637,13	Abandono asociación viña-tunera	66,89
Sin cultivo	72.637,13	Abandono tunera	394,83

Tabla 2. Superficie cultivada de tunera en las Islas Canarias. Fuente: Gobierno de Canarias. Mapa de cultivos de Canarias, campaña 2015-2021. Elaboración propia

### 3.2.1. Especies y variedades

Según el CCBAT (Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife, 2012), el Archipiélago canario se caracteriza por la presencia de diferentes especies de tunera. *Opuntia tomentosa* y *Opuntia dillenii* son unas de ellas, aunque no son las especies más abundantes.

*Opuntia maxima* Mill. es la especie de tunera más común en las Islas Canarias. Está presente en todo el Archipiélago, ocupando los más diversos ambientes. Sus palas tienen un color verde brillante, con espinas pequeñas y flores de varios colores. La coloración de sus frutos, los higos picos o tunos, también es diversa, según la variedad.

Bajo la denominación de tuno blanco se conocen diferentes variedades, normalmente con varias características comunes: cladodios alargados con flores naranjas, tunos de piel verde-amarillo y pulpa blanca-verdosa.

Por el contrario, las variedades que presentan cladodios redondeados, flores amarillas y frutos de piel verde-anaranjada con pulpa de color naranja son conocidas en el Archipiélago como habaneras, amarillas o coloradas.

### 3.3. Importancia forrajera de la tunera

Históricamente, las cactáceas han constituido una importante fuente de alimento para el ganado, sobre todo en las diferentes regiones áridas y semiáridas del mundo.

En México, la importancia de la *Opuntia* como forraje comenzó durante el siglo XIX, resultado de la necesidad de alimentar al ganado en las zonas áridas del territorio mexicano (Flores y Aguirre, 1979). En 1970, más del 50% del ganado ovino, y casi un 80% del caprino se localizaban en las zonas áridas del país, fue entonces cuando la tunera se



hizo indispensable, proveyendo de alimento y agua a los animales durante los prologados tiempos de sequía (Villareal, 1958).

De esta forma, la tunera se convirtió en una planta bien aceptada por los rumiantes, tanto en condiciones de estabulación como de pastoreo. Esta constituye un alimento alternativo cuando, por la sequía, escasean otros forrajes. Se considera que la tunera produce por unidad de agua siete veces más energía que la alfalfa, por lo que puede emplearse no sólo como alimento de emergencia durante las épocas de sequía, sino como parte integrante de la alimentación habitual del ganado (Fernández y Saiz, 1990).

En la actualidad, la industria pecuaria de las zonas áridas del norte de México tiene a la tunera como un recurso forrajero de primer orden. Solo en el año 1966 ya se utilizaban 600 toneladas diarias de tunera en la alimentación de ganado lechero estabulado de Monterrey, Nuevo León y 100 toneladas en Saltillo, Coahuila (Granados y Castañeda, 1997); mientras que el ganado bovino, y sobre todo el caprino y ovino en pastoreo, consumían nopal casi todo el año. (Flores y Aguirre, 1979).

### **3.4. Usos de la tunera como forraje**

La utilización de los cladodios de la tunera en la alimentación animal es una práctica común en muchos países. Generalmente, la tunera se ha ofrecido a los animales en su forma natural, fresca, sin someterse a ningún procesado previo, sin embargo, la presencia de espinas en sus palas y su moderado nivel proteico ha limitado su uso.

Por este motivo, a lo largo de la historia, los ganaderos han desarrollado distintas técnicas que pretenden resolver estos problemas como el chamuscado o el molido (FAO, 2018), técnicas que pretenden evitar que las espinas impidan el consumo de la planta o el fermentado de los cladodios para incrementar el valor nutricional de esta (Flores et al., 2011).

#### **3.4.1. Fermentado de los cladodios**

Como se ha mencionado anteriormente, la tunera es una planta de interés como alimento para el ganado, particularmente por su alta eficiencia al convertir agua en biomasa, y por su contenido de energía digestible. Sin embargo, debe ser combinado con otros alimentos para complementar la dieta diaria del ganado, debido a su bajo contenido de proteína. Con la finalidad de resolver dicha cuestión y aumentar el nivel



proteico de la tunera, se han desarrollado nuevos procedimientos, como la fermentación aerobia de la planta.

El principio de fermentación se basa en la creación de proteína microbiana previa metabolización de la glucosa, por acción de las levaduras. Gran parte de la glucosa de la tuna se encuentra formando polisacáridos y estas moléculas se pueden hidrolizar con facilidad en medios catalizados por ácido. Por consiguiente, para que el proceso sea efectivo, es necesario que la glucosa sea liberada (Focher et al., 1991).

Este método ha sido utilizado por muchos años en distintos países como México, Brasil o Cuba. Hasta ahora, la tecnología que ha sido propuesta para su aplicación por investigadores brasileños y mexicanos una tecnología laboriosa y de alto costo ya que se requiere deshidratar y moler la tunera previamente a su fermentación, situación que compromete su aplicación para los pequeños y medianos productores.

En México, en la región centro norte del país, se desarrolló durante el año 2011, el proceso de enriquecimiento proteico de la tunera mediante su fermentación aeróbica (Flores et al., 2011 y 2014). Este proceso consiste en el troceado del cladodio, al cual se le agrega una fuente de nitrógeno y otros aditivos que pretenden enriquecer su contenido nutricional. Luego, la mezcla es introducida en una hormigonera para su homogenización y fermentación. El periodo de fermentación es de 6 a 8 horas, con intervalos de movimiento y reposo.

#### **3.4.1.1. Aditivos estimulantes de fermentación**

La función de estos aditivos es promover y ayudar a que se establezcan las condiciones adecuadas para que ocurra la fermentación.

- Melaza

La melaza contiene altas cantidades de azúcar y, por lo tanto, presenta un alto valor energético. Se trata de una de las fuentes de carbohidratos más utilizadas y efectivas por su contenido de azúcares solubles, que promueven un rápido desarrollo de las bacterias necesarias para la fermentación (Peñagarico et al., 1975).

- Urea (Nitrógeno no proteico, NNP)

El nitrógeno no proteico es un recurso alimenticio utilizado en la alimentación de rumiantes adultos con el propósito de favorecer la multiplicación de microorganismos del



rumen y así, aumentar la disponibilidad de proteína microbiana en el rumen y satisfacer los requerimientos proteicos del animal durante todas sus etapas productivas (Huber, 2003).

Al aumentar la multiplicación de microorganismos del rumen, el nitrógeno no proteico es una importante fuente de proteína para el animal. Con el uso de este producto, los ganaderos pueden reducir la utilización de productos ricos en proteína, uno de los recursos de mayor coste en la alimentación del ganado y, en consecuencia, los costes de alimentación (Valadares et al., 2006).

Su aplicación al fermentado de tunera pretende favorecer el crecimiento de las levaduras y así enriquecer el contenido proteico del producto final.

- Sulfato amónico

El sulfato amónico constituye una sal que se forma a través de la reacción entre amoníaco y ácido sulfúrico. Se trata de una fuente muy accesible de nitrógeno, que actúa como activante de la fermentación alcohólica, aportando a las levaduras el nitrógeno de forma amoniacal necesario para su multiplicación.

- Levadura

Las levaduras son hongos unicelulares que normalmente no desarrollan un micelio, sino que permanecen en estado unicelular durante todo el ciclo de crecimiento. Normalmente prosperan en hábitats con abundante azúcar, tales como frutas, flores e incluso la corteza de los árboles, *Saccharomyces cerevisiae* se deriva de una levadura silvestre usada en la antigüedad para fabricar vino y cervezas, las células de esta levadura se utilizan también en la fabricación de pan (Madigan et al., 1999).

*Saccharomyces cerevisiae* es muy tolerante al entorno ácido y su temperatura óptima suele ser 37 °C. Hu et al., (2018) encontraron, que algunas de sus cepas sobreviven a pH de 3.0-4.0, y reportan que otras pueden sobrevivir hasta los 42 °C. Esta levadura es uno de los microorganismos de alimentación directa comúnmente utilizados como suplemento en vacas lecheras (Throne et al., 2009).



### **3.5. Aspectos positivos de la tunera como forraje**

#### **3.5.1. Adaptabilidad**

La tunera tiene un amplio rango de adaptación a las condiciones del medio, esto hace que se adapte con facilidad en diferentes zonas del mundo y, además, la convierte en un cultivo aprovechable en cualquier época del año.

Es una planta que puede ser encontrada hasta los 2.675 msnm (Borrego y Burgos, 1986). Respecto a la temperatura, la ideal para su crecimiento es de 6 a 36 °C y la óptima es de 15 a 16 °C. Su tolerancia a heladas varía con la especie y variedad y se adapta a una amplia variedad de texturas y profundidades de suelo, aunque prospera mejor en suelos calcáreos profundos, con buen drenaje, textura franco-arenosa y con un pH óptimo de 7.5 (FAO, 2009).

#### **3.5.2. Eficiencia hídrica**

La tunera se adapta a condiciones climatológicas variables, soportando precipitaciones de 200 a 1.800 mm (De la Rosa y Santana, 1998), aunque su rango de precipitación óptimo es de 200 a 850 mm (López et al., 2001; Martínez y Lara, 2003).

Se trata de un cultivo más eficiente en el uso de agua que los cultivos forrajeros tradicionales, es de tres a cuatro veces más eficiente que especies C4 como el maíz y sorgo y hasta cinco veces más que las C3 como la alfalfa o trigo (Nobel, 2001). Según (De Kock, 2001) la tunera utiliza 267 litros de agua/kg de materia seca comparados con 500, 666 y 1.000 litros que usan la cebada, el sorgo y la alfalfa respectivamente.

#### **3.5.3. Rendimiento**

Se trata de un forraje de alta productividad, sin embargo, la producción de tunera verde por hectárea depende de varios factores, entre los cuales, la precipitación es uno de los más importantes.

En México, en sistemas tradicionales se han registrado datos de producción de 27 a 67 t/ha mientras que, en sistemas intensivos de cultivo bajo irrigación, el rendimiento es de 73 a 186 t/ha, con densidades de 5.000 a 8.000 plantas por hectárea (González et al., 1998).



### 3.5.4. Labores culturales

Generalmente, la tunera es un cultivo de fácil manejo que requiere cuidados mínimos. Los requisitos mínimos que presenta dicho cultivo para obtener una buena producción de cladodios consisten en podas periódicas, riegos y fertilización de la planta.

### 3.6. Composición nutritiva de la tunera

La tunera está caracterizada por ser un forraje succulento, con elevado contenido de agua (83 – 92%) y de valor nutricional variado según la especie. Presenta un porcentaje de materia seca que varía entre 8 – 17%, el cual contiene entre 4 – 12% de proteína cruda, 1.9 – 2.6 Mcal/kg de energía digestible, 35 – 45% de fibra cruda, 29 µg/100g de carotenos y 13 mg/100g de ácido ascórbico. Los valores de digestibilidad para la proteína y la materia orgánica son de 72% y de 65 – 80% respectivamente (Vázquez et al., 2008).

Respecto a la composición mineral de *Opuntia*, Vázquez et al., (2008) en conjunto con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México, establece los valores recogidos en la Tabla 3.

Mineral	Valor (g/kg de MS)
Calcio	42 – 52
Fosforo	1 – 18
Sodio	0.6
Potasio	12 – 26
Magnesio	11– 14
Cobre	6.5
Hierro	170.8
Manganeso	170 – 249
Zinc	10 – 31

Tabla 3. Composición mineral de *Opuntia maxima* Mill. Fuente: Vázquez et al., 2008. Elaboración propia



La composición nutritiva y mineral de la tunera depende, además, de la edad del cladodio, la época del año, las precipitaciones y la parte de la planta que sea usada para el análisis.

### **3.7. Generalidades del caprino**

#### **3.7.1. Historia y taxonomía**

La cabra es un mamífero que pertenece al orden de *Artiodactyla*, familia Bovidae, subfamilia *Caprina*, y género *Capra* (Linnaeus, 1758).

El origen del caprino se pierde en los tiempos de la prehistoria. Su presencia en muchas de las pinturas rupestres encontradas indica que su existencia se remonta a varios miles de años a. de C. (Camacho et al., 1990).

Los hombres de aquella época, conocedores de las capacidades de este ganado fueron los que iniciaron su domesticación. Desde entonces, la cabra comenzó a formar parte de la alimentación del hombre, acompañándole en sus desplazamientos y participando de su forma de vida nómada, sedentaria o sus variantes.

A pesar de su importante contribución al sostenimiento alimentario de la humanidad y de otras funciones, la cabra ha sido un animal denostado por su consideración de enemigo de los ecosistemas y propiciador de la desaparición de los suelos de cultivo, siendo relegada a los lugares más abruptos o desérticos. Además de considerarse responsable de la transmisión de enfermedades al hombre, como la brucelosis “fiebre de Malta” y su difusión mundial a través de las grandes rutas comerciales y pecuarias (Crespo, 1994).

En función del peso de tales consideraciones peyorativas o teniendo presente otras causas, geográficas, sociales, económicas o coyunturales, la ganadería caprina ha tenido una evolución desigual en los diversos países del mundo.

Durante años, Suiza lideró la evolución y el desarrollo de las razas de cabras lecheras de mayor rendimiento en el mundo como Alpine, Saanen, Toggenburg, Oberhasli (Devendra y Burns, 1970). Además de criar cabras para la obtención de leche, el interés la carne, el control de las malezas desarrolló una gran multitud de razas locales con orientación productiva única, doble o incluso triple, como la cabra de Angora, Boer, o Cashmere (Haenlein, 2007).



Hoy en día, este proceso de desarrollo ha dado lugar a varias razas de cabras selectas en algunos países en términos de productividad de leche y carne, lo que demuestra su gran potencial evolutivo (Haenlein, 2007).

### 3.8. El caprino en España

En el contexto de la Unión Europea, España es el segundo país en importancia censal de ganado caprino y en producción de carne, detrás de Grecia y ocupa el tercer lugar en producción de leche después de Francia y Grecia (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023).

En España, el 80% de las ganaderías tiene alguna base territorial, con lo que el manejo que predomina en las explotaciones españolas es el semiextensivo, eso significa que, aunque los animales comen forrajes, granos y cereales en comedero, una parte de su alimentación proviene del pastoreo. Este le confiere unas propiedades, aromas y sabores especiales a la carne y a la leche, que se transmiten a los quesos y al resto de los productos derivados (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023).

El reducido formato corporal de la cabra, su agilidad y habilidad para el pastoreo y su reconocida rusticidad determina que la especie caprina, explotada bajo estos modelos extensivos y semiextensivos de producción, sea más idónea que la ovina y la bovina para el aprovechamiento de áreas áridas y semiáridas, escasas disponibilidades forrajeras, topografía accidentada, para la utilización de rastrojos y subproductos derivados de cultivos agrícolas, logrando productividades aceptables en medios ecológicos difíciles (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023).

Por este motivo, se puede concluir que la producción de ganado caprino se concentra en principalmente sur de la Península Ibérica y en las Islas Canarias (Tabla 4), aunque, las cabras para aprovechamiento cárnico se concentran en zonas más montañosas en la parte norte peninsular (Buxade, 1995).

Comunidad Autónoma	Número de cabezas de ganado
Andalucía	1.018.609
Castilla La Mancha	384.098
Extremadura	268.114
Murcia	215.489
Canarias	212.358



Comunidad Autónoma	Número de cabezas de ganado
Castilla y León	148.533
Cataluña	78.891
Valencia	75.596
Aragón	52.007
Galicia	46.940
Madrid	38.868
Asturias	33.823
País Vasco	28.143
Cantabria	20.472
Baleares	14.387
Navarra	14.260
La Rioja	11.361
Total	2.661.949

Tabla 4. Censo de ganado caprino por comunidad autónoma (2022). Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023. Elaboración propia

### 3.9. El caprino en las Islas Canarias

No existe duda de que la principal riqueza y sustento de los aborígenes canarios lo constituyó la población caprina existente (Camacho et al., 1990). Su economía se basaba en el aprovechamiento de la carne, la leche, el queso, piel y huesos de esta especie.

Si bien, esta especie se asentaba en todo el archipiélago, Fuerteventura era, según los historiadores la isla que mayor número de cabezas poseía. Testimonio de ello es el nombre que antiguamente poseía su capital “Puerto Cabra” (Camacho et al., 1990).

En la actualidad, las cabras canarias poseen una gran importancia censal además de una elevada aptitud lechera. Su leche presenta excelentes valores de grasa y proteína, en comparación con otras razas especializadas como la Alpina y la Saanen (Gonzalo et al., 2002) y, su producción está destinada principalmente a la elaboración de quesos, cuya calidad se encuentra amparada por tres Denominaciones de Origen Protegidas (Majorero, Palmero, Flor de Guía).



Según se ve reflejado en la Tabla 5, la explotación de este ganado está especialmente vinculada a las zonas áridas, de orografía adversa y donde los recursos alimenticios naturales son escasos. Estas zonas áridas y semiáridas del Archipiélago, si bien se concentran mayoritariamente en las islas orientales de Fuerteventura y Lanzarote están también ampliamente representadas en las zonas basales y vertientes meridionales de Tenerife, Gran Canaria, La Palma, La Gomera y El Hierro. Sin embargo, como antaño, el mayor número de cabezas de ganado se encuentra en la isla de Fuerteventura.

Isla	Número de cabezas de ganado
Fuerteventura	76.906
Gran Canaria	52.402
Tenerife	34.178
Lanzarote	20.819
La Palma	14.916
El Hierro	6.884
La Gomera	3.995
Total	210.100

Tabla 5. Censo de ganado caprino por isla (2021). Fuente: INSTAC, 2023. Elaboración propia

### 3.9.1. Razas canarias

La cabra es el animal predominante, en número, entre las especies ganaderas de las Islas Canarias y es así desde que el Archipiélago ha estado habitado por la especie humana. Este animal llegó a las islas con los primeros pobladores desde el norte de África, durante la etapa aborigen.

En 1498, la colonización de las islas supuso la introducción de diferentes razas peninsulares (Serrana, Murciana, Malagueña) y extranjeras (Maltesa, Francesa, Suiza) cuyo grado de influencia es difícil de precisar (Camacho et al., 1990). Sin embargo, con el paso del tiempo y el aislamiento natural del archipiélago, se configuró una nueva agrupación caprina.

Más tarde, en 1985, se consideraba que la población caprina del Archipiélago Canario estaba formada por una sola raza y se define la Agrupación Caprina Canaria. Sin



embargo, tras la realización de diversos estudios científicos (morfológicos, inmunogénicos y productivos), se establecieron tres tipos étnicos: Raza Tinerfeña, Majorera y Raza Palmera (Álvarez et al., 2005).

Desde entonces, las razas autóctonas han constituido y constituyen la seña de identidad de la ganadería canaria. Su producción aporta una incalculable riqueza tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista social y medioambiental. Estas razas conforman, además, un almacén genético fundamental que es necesario conservar.

### 3.9.1.1. Raza tinerfeña

Si bien la cabra Tinerfeña está considerada en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado Española como una sola raza (Real Decreto 2129/2008. Anexo I), es reconocida la existencia de dos ecotipos: la variedad Norte (Figura 5), adaptada a condiciones de humedad, y la variedad Sur, adaptada a condiciones de aridez (Fernández, 2011).

La población de la variedad Norte agrupa animales longilíneos con marcado biotipo lechero. Cabeza grande, alargada, orejas grandes y caídas. Los cuernos son de tipo Prisca que salen en forma paralela para luego divergir. Los colores predominantes de la capa son el negro y el castaño. Presentan perilla, tupé, mamellas y pelo largo. Las mamas son globosas y con pigmentaciones oscuras (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023).



Figura 5. Cabra de raza Tinerfeña – Norte. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023.



### 3.9.1.2. Raza palmera

La cabra Palmera (Figura 6) es una raza muy antigua que se origina en la isla de La Palma y que durante siglos ha sido uno de los pilares de la economía de la isla. Es una de las razas a nivel mundial con mayor potencial para la elaboración de quesos artesanales, dada la calidad excepcional de su leche, al poseer el mejor porcentaje de proteína conocido en las razas caprinas de aptitud lechera, y un muy buen nivel de grasa. En estos parámetros la Cabra Palmera rinde con excelencia con una tasa de proteínas del 4,31% y de grasa del 5,35% (Asociación de Criadores de Raza Palmera, 2023).



Figura 6. Cabra de raza Palmera. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023

Morfológicamente, la cabra Palmera es un animal muy equilibrado, longilíneo y de perfil subcóncavo o recto. La cabeza es pequeña de ojos vivos, con una cornamenta de tipo espiral, con presencia de perilla en ambos sexos y oreja de tamaño medio y orientación horizontal. El cuello es fino, sin mamellas y cubierto de pelo en los machos. La grupa es ancha y redondeada alberga en las hembras un sistema mamario de forma globosa y de piel fina. Respecto a su capa, predominan aquellas de color rojo en diferentes tonalidades, aunque se han catalogado varias decenas de capas diferentes: puede hablarse de cabras bermejas, negras fulas, pejeverdes, moriscas, jardinas, herreras o cardosas (Asociación de Criadores de Raza Palmera, 2023).

### 3.9.1.3. Raza majorera

La raza caprina Majorera puede considerarse una de las joyas de la ganadería en Canarias, tanto por el número de ejemplares que aporta al censo ganadero del



archipiélago, como por la importancia de sus producciones lecheras, dedicadas a la elaboración de queso (Gobierno de Canarias, 2023).

La cabra Majorera (Figura 7) debe su nombre a la isla de Fuerteventura (Maxorata en la época prehispánica), del Archipiélago Canario, lugar donde se formó y donde se encuentra el mayor núcleo de animales la raza (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023).



Figura 7. Cabra de raza Majorera. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023

Se trata de un animal de cabeza grande, con orejas largas y cuernos en forma de arco que a veces se retuercen en el externo distal. Posee un cuello fino, largo y de buena inserción, un pecho profundo de buen desarrollo y una espalda angulosa. Sus extremidades son fuertes, largas y finas, con articulaciones manifiestas y pezuñas de color oscuro, y su capa es policromada (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023).

### **3.10. Anatomía del aparato digestivo de la cabra**

La cabra es un rumiante, por lo que la anatomía de su aparato digestivo de es muy similar al de otros rumiantes como la vaca o la oveja. Este está formado por las siguientes estructuras: cavidad bucal, faringe, esófago, estómago, intestino delgado e intestino grueso.

En comparación con otros animales como los cerdos o los pollos, el sistema digestivo de la cabra presenta cierta complejidad. En un rumiante adulto, el estómago



consta de tres pre-estómagos (el rumen, el retículo y el omaso) y un verdadero estómago (el abomaso o cuajar). Debido a esta estructura, los alimentos experimentan una serie de procesos y transformaciones a medida que atraviesan el aparato digestivo de la cabra, desde el inicio hasta el final, pasando por los diferentes órganos que lo componen. (García y Gingins, 1969). De esta forma, los alimentos recorren el aparato digestivo de la cabra de principio a fin, sufriendo distintos procesos y transformaciones al pasar por los distintos órganos que componen dicho aparato.

### **3.11. Proceso digestivo**

La digestión es el proceso mediante el cual los animales obtienen de los alimentos los diferentes nutrientes necesarios para su mantenimiento y producción. El proceso digestivo se puede dividir en cinco fases: prehensión e insalivación, masticación, deglución y digestión (Márquez et al., 2006).

#### **3.11.1. Prehensión e insalivación**

La primera fase del proceso digestivo es la prehensión o captación del alimento. La forma de realizarla varía entre las diferentes especies animales, pero en todas ellas, los órganos que intervienen son los labios, los dientes y la lengua.

Una vez el alimento está dentro de la cavidad bucal se produce la insalivación, en la que intervienen las glándulas salivales. De esta forma, el alimento se prepara para la masticación y la deglución (Márquez et al., 2006).

#### **3.11.2. Masticación y deglución**

La masticación consiste en el desmenuzamiento mecánico de los alimentos dentro de la cavidad bucal. Con la masticación se consigue reducir la comida a pequeños tamaños para que el alimento mejore su aprovechamiento o digestibilidad.

Los rumiantes realizan la masticación en dos fases. La primera fase tiene lugar tras la prehensión del alimento, con la que se produce un somero desmenuzamiento. La segunda fase tiene lugar tras la regurgitación a la boca del contenido de los pre-estómagos, y durante esta se produce un triturado completo del alimento. Tras la masticación se produce la deglución o paso de los alimentos desde la cavidad bucal hasta el estómago (Márquez et al., 2006).



### **3.11.3. Digestión**

La digestión propiamente dicha comprende todos los procesos fisicoquímicos y microbiológicos que tiene lugar en el aparato digestivo y que permiten transformar los alimentos en nutrientes que puedan ser absorbidos. En ella intervienen principalmente el estómago, los intestinos, el hígado y el páncreas (Márquez et al., 2006).

Los rumiantes se caracterizan porque los alimentos son sometidos en primer lugar a una degradación mecánica en la boca y después a una digestión microbiana en los pre-estómagos, antes de que los jugos gástricos actúen sobre ellos en el cuajar. La principal función de esta digestión es la degradación de la celulosa, en la que los microbios presentes en el aparato digestivo, especialmente aquellos ubicados en el rumen, desempeñan un papel fundamental (Nava y Díaz, 2001).

Una vez que el alimento ha sido deglutido, se estratifica en el interior del rumen según su tamaño y composición. A partir de este momento, gracias a las contracciones de los pre-estómagos, el contenido del rumen es mezclado y batido, y las partículas de mayor tamaño son degradadas físicamente. Al mismo tiempo los microorganismos actúan sobre aquellas partículas de menor tamaño. Posteriormente, el contenido del rumen pasa el retículo donde continúa desmenuzándose. Desde el retículo, el alimento continúa su camino hacia el omaso, pero solo entraran en este pre-estómago aquellas partículas que tengan un diámetro suficiente para atravesar el agujero retículo-omásico y las partículas de mayor tamaño son regurgitadas a la boca para ser remasticadas (Márquez et al., 2006). Esta segunda masticación se conoce con el nombre de rumia, de ahí que a los animales que la realizan se les denomine rumiantes.

### **3.12. Conducta alimenticia**

Las diferencias anatómicas y fisiológicas de la cabra respecto a otras especies rumiantes, hace de ésta un animal con hábitos alimenticios particulares. Las diversas estrategias de alimentación de los rumiantes están condicionadas por el tamaño de su cuerpo y la capacidad de su tracto digestivo. Los pequeños rumiantes tienen niveles metabólicos más elevados que su capacidad digestiva, por lo tanto, necesitan ingerir alimentos de mayor calidad y digerirlos rápidamente para poder satisfacer sus necesidades metabólicas (Nava y Díaz, 2001).

Otra de las características de la conducta alimenticia de las cabras consiste en su capacidad para variar rápidamente de dieta de acuerdo con la disponibilidad de alimentos en el entorno natural. Numerosos autores citan que el ganado caprino es capaz de utilizar una gran variedad de especies vegetales en su alimentación, lo que les



permite adaptarse a las áreas más diversas del mundo (Somlo et al., 1985). Sin embargo, es un animal exigente en lo que respecta a su alimentación, tiene un gran rango de palatabilidad y es capaz de seleccionar con especial cuidado las especies que consume en función de su presentación, naturaleza y cualidades organolépticas.

### **3.12.1. Ingestibilidad**

Con la finalidad de preparar raciones alimenticias adecuadas y que estas puedan ser íntegramente consumidas, es de necesidad conocer la cantidad de alimento que es capaz de consumir el animal, es decir, la capacidad de ingesta.

#### **3.12.1.1. Capacidad de ingesta**

Los rumiantes, como otros animales, ajustan el consumo de alimento a sus necesidades, por lo que la cantidad de alimento ingerido depende de la concentración energética de la ración. Si la ración que se le ofrece al animal es muy concentrada, las necesidades energéticas del animal serán cubiertas con poco alimento. Por el contrario, si la concentración energética de la ración es muy baja, el animal no tendrá la suficiente capacidad de ingesta para consumir todo el alimento necesario (Jarrige, 1981).

La capacidad de ingesta (CI) se define entonces como la cantidad de alimento que es capaz de ingerir en 24 horas un animal, en este caso una cabra. Se trata de un concepto teórico que hace referencia a una ración equilibrada, y puede cuantificarse de varias formas, usualmente se calcula en kilogramos de materia seca (MS) o en Unidad de Lastre (UL) (Ayanz, 2006).

#### **3.12.1.2. Factores que intervienen en la ingestión**

La capacidad de ingesta no es constante a lo largo del ciclo productivo de un animal, sino que varía en función de diferentes factores.

- Tamaño del animal

La capacidad de ingesta está relacionada con el tamaño de los órganos que constituyen el aparato digestivo, por lo tanto, también depende del desarrollo de estos. Un animal adulto tendrá mayor capacidad de ingesta que uno joven. De igual manera, los animales de razas de mayor tamaño tienen mayor capacidad de ingesta que los de



razas más pequeñas. En general, la capacidad de ingesta de una cabra varía entre el 2% y el 5% de su peso vivo (Tarazona et al., 2012).

- Estado fisiológico del animal

Los distintos estados fisiológicos que atraviesa el animal a lo largo de su vida provocan una variación en la capacidad de ingesta. Generalmente, la ingestión disminuye al final de la gestación debido a la compresión del rumen por el desarrollo del feto (Jarrige, 1981); después del parto, aumenta progresivamente hasta alcanzar su máximo consumo, cuando se logra la máxima producción de leche (Morand-Fehr y Simiane, 1997).

- Factores ambientales

El estrés ocasionado por factores ambientales tales como calor, frío y corrientes de aire o los ocasionados por el manejo del ganado como el transporte o el ruido, tiene una influencia negativa sobre la ingestión del alimento (Corcy, 1993).

Las horas de luz también constituyen un factor a tener en consideración. Generalmente, las cabras ingieren el alimento durante el día, por lo que en las épocas del año con días más largos (primavera y verano), su capacidad de ingesta aumenta ya que tienen más horas de luz para comer (Tarazona et al., 2012).

- Número de comidas

La capacidad de ingesta se ve influenciada por el reparto de las raciones. Si a una cabra se le reparte la ración en varias comidas al día, la capacidad de ingesta aumenta. Este aumento se debe a que el animal tras comer y digerir el alimento deja espacio en el estómago que se puede llenar con la ingesta de nuevo alimento (Márquez et al., 2006).

En el caso de aportar el alimento una sola vez al día, la cabra comerá hasta cubrir la capacidad física máxima de su rumen. Una vez digerido el alimento, el estómago se vacía y el animal podrá ingerir más alimento, sin embargo, no podrá comer hasta el día siguiente por lo que se estará limitando su capacidad de ingesta (Tarazona et al., 2012).



### **3.12.2. Digestibilidad**

El alimento consumido por los animales es transformado en el aparato digestivo para obtener los distintos nutrientes que contiene. Sin embargo, no todo el alimento consumido por los animales es asimilado por sus organismos; un determinado porcentaje se elimina a través de la orina o las heces (Morand-Fehr et al., 1997).

Por este motivo, en la nutrición animal, se maneja el concepto de digestibilidad. La digestibilidad se define como el porcentaje de sustancias ingeridas por el animal que no son excretadas por las heces, y que, por tanto, han sido absorbidas por el organismo. (Morand-Fehr et al., 1981).

#### **3.12.2.1. Factores que intervienen en la digestibilidad**

La digestibilidad de los alimentos depende de diversos elementos que influyen de manera directa e indirecta sobre el consumo y la capacidad digestiva.

- Nivel de ingesta

La cantidad de alimento consumido puede afectar a la digestibilidad. Cuando el animal se alimenta frecuentemente y con alto volumen, aumenta la velocidad del tránsito digestivo, entonces la digestión se ve afectada y se reduce la digestibilidad de la ración (Gálvez et al., 1971).

- Preparación del alimento

El tamaño del alimento es un factor que puede influir en la digestibilidad. Partículas muy finas pueden acelerar el proceso de paso de los alimentos en el tracto digestivo y provocar una menor tasa de absorción de nutrientes (Gálvez et al., 1971).

Otro factor importante que puede afectar la palatabilidad de los alimentos es su contenido de fibra. Según un estudio de Hagen et al., (2012), las dietas con alto contenido de fibra pueden ser menos palatables puesto que causan una sensación de saciedad temprana y reducen la ingestión de alimento. Además, las dietas con alto contenido de fibra pueden ser laxantes y causar diarrea en algunos animales.



### **3.12.3. Palatabilidad**

La preferencia de un animal para consumir una especie vegetal, o parte de ella, dentro de una formación vegetal, es un aspecto por considerar dentro del manejo del ganado caprino. La palatabilidad, junto con la capacidad de ingestión del animal, incide en el consumo voluntario de forrajes y concentrados (Azocar, 1987).

Según Triadani et al., (2022) la palatabilidad es un concepto que se podría definir como “el placer” que un animal experimenta al consumir un determinado alimento y que puede generar un consumo sostenido del mismo a lo largo del tiempo lo cual se traduce en un buen crecimiento y bienestar.

#### **3.12.3.1. Factores que intervienen en la palatabilidad**

El caprino puede diferenciar sabores dulces, salados, ácidos y amargos con mayor facilidad que cualquier otro rumiante domesticado. Es la única especie que muestra preferencia por todas las categorías gustativas de los sabores principales, aceptando alimentos con quinina, glucosa o sal (Azocar, 1987).

Los hábitos alimenticios de la cabra son difíciles de evaluar cuando los comparamos con otras especies domesticas como el vacuno y el ovino, debido a su comportamiento alimenticio altamente selectivo. En palabras de Corcy (1993), "La cabra puede llegar a desperdiciar hasta el 50% de la hierba que consume en pastoreo. En pesebre también eligen, pudiendo llegar a rehusar hasta un 15-30% de los henos, del 10 al 50% de los ensilados e incluso pueden rehusar concentrados en cantidades importantes".

Como regla general, la mayoría de los rumiantes prefieren plantas ricas en proteína y carbohidratos no estructurales, tales como la azúcar y el almidón y suelen rechazar lo más basto, entre otras cosas la fibra que es esencial para el funcionamiento del aparato digestivo. Por lo tanto, el valor nutricional de las plantas no siempre explica la selección de estas por parte de los rumiantes (Longhurst et al., 1960).

La selección de alimento por parte del animal está determinada, ante todo, por el olor, el gusto y el tacto (Arnold et al., 1980), factores que dependen de la edad, el estado fenológico, el órgano consumido, la estación, etc. Según Genin et al., (1993), las partes de la planta que el caprino prefiere consumir decrece en el siguiente orden: hojas verdes, flores, frutos, hojas secas y tallos.



### 3.12.3.2. Ensayos de palatabilidad

Existen diversas razones por las cuales los ensayos de palatabilidad resultan significativos en la alimentación animal. Las pruebas de palatabilidad contribuyen al diseño de dietas de mayor apetencia para los animales; mejoran y aumentan el consumo del alimento y, por ende, la tasa de crecimiento; y, además, son fundamentales para el desarrollo de nuevos productos alimenticios.

El diseño de ensayos de palatabilidad es variable, puede depender según el objeto de estudio y los recursos disponibles. Por ello, existen diferentes metodologías para determinar la palatabilidad.

En un estudio llevado a cabo por Le Houerou (1980) en el norte de África, se determinó la palatabilidad de más de 300 plantas mediante la proporción de biomasa consumida y disponible. Se establecieron los siguientes intervalos para clasificar la palatabilidad: muy palatable (65-100%), palatable (45-65%), medianamente palatable (10-45%), pobremente palatable (1-10%).

Otros estudios, como los realizados por Johnston (1988), reflejan que es posible evaluar la palatabilidad de los alimentos mediante la medición del alimento antes y después de su consumo por los animales, estimando las cantidades y proporciones del alimento consumido en términos de grados (0, 1, 2, 3, etc.), que indican la palatabilidad en una escala de menor a mayor.

Estas metodologías para la determinación de la palatabilidad, aunque económicas y eficientes en tiempo, conllevan cierto porcentaje de error. Por ello, actualmente se realizan ensayos de palatabilidad en ganado en condiciones de estabulación, conocidos como ensayos “tipo cafetería” (Méndez, 1992).

Los ensayos de palatabilidad tipo cafetería son un método para evaluar la preferencia de los animales por diferentes tipos de alimentos, donde se ofrecen múltiples opciones de alimentos en un espacio común. Los animales tienen acceso a diferentes tipos de alimentos al mismo tiempo y pueden elegir libremente cuál de ellos consumir. Estos ensayos permiten evaluar las preferencias alimentarias de los animales y su capacidad para seleccionar aquellos alimentos que les resultan más apetecibles. Además, estos ensayos pueden ser utilizados para evaluar el efecto de diferentes factores en la preferencia de los animales, como el sabor, la textura y el aroma de los alimentos (Ríos et al, 1989).



Para la realización de este tipo de ensayos es común la metodología expuesta a continuación, aunque esta dependerá de las necesidades específicas de cada estudio (Méndez, 1992).

- 1) Selección de un número adecuado de animales que sean representativos de la población que se desea estudiar, preferentemente de la misma edad, raza y género para minimizar las posibles variaciones en la preferencia alimentaria.
- 2) Preparación de los alimentos de manera uniforme para evitar que una presentación diferente pueda influir en la elección de los animales.
- 3) Diseño del ensayo. Existen diferentes diseños experimentales, sin embargo, un diseño habitual es la elección forzada. En este diseño, se ofrecen dos opciones de alimentos a los animales y se registra cuál de los dos alimentos es más consumido.
- 4) Prueba de palatabilidad. Para llevar a cabo la prueba de palatabilidad, se deben ofrecer dos opciones de alimentos a los animales, en recipientes separados. Es de importancia registrar qué alimento se ofrece primero y el tiempo que se le ofrece el animal.
- 5) Análisis de datos mediante estudios estadísticos.



## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**



## 4. Materiales y métodos

### 4.1. Localización del área de estudio

El presente estudio se ha desarrollado en las instalaciones del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA), en el Departamento de Producción Animal, Pastos y Forrajes en Zonas Áridas y Subtropicales.

La explotación, conocida como “Finca El Pico”, se encuentra ubicada en el término municipal de San Cristóbal de La Laguna, más concretamente en las coordenadas 28º 31' 24,06" N y 16º 22' 17,75" O.

El complejo dispone de instalaciones para la cría, reproducción de ganado, de parcelas experimentales para la producción de forraje y de laboratorios dotados tanto para la caracterización y análisis de productos de origen animal como para la valoración nutritiva de los forrajes.

La cabaña ganadera del ICIA cuenta con un total de 90 cabezas de ganado de las razas caprinas (Tinerfeña, Palmera y Majorera), todas ellas autóctonas del archipiélago canario. La cabaña se compone de 73 animales productivos; 31 cabras de raza Tinerfeña, 27 cabras de raza Palmera y 15 cabras de raza Majorera, que se mantienen en un sistema de producción intensivo.

### 4.2. Material vegetal estudiado

La recolección de *Opuntia maxima* Mill. se llevó a cabo en diferentes parcelas pertenecientes a la Sección de Ingeniería Agraria de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (EPSI) de la Universidad de La Laguna.

Se trata de una colección de tunera plantada en el año 1993 por D. Eladio González Díaz, antiguo profesor de la Universidad de La Laguna e investigador del ICIA. La colección se compone de distintas especies y variedades del género *Opuntia* (Tabla 6), establecidas en las distintas parcelas con un marco de plantación de 3x2 metros.

Espece	Variedad
<i>Opuntia maxima</i> Mill.	Blanco Moscatel
<i>Opuntia maxima</i> Mill.	Colorado Moscatel
<i>Opuntia maxima</i> Mill.	Fasnía Moscatel



Especie	Variedad
<i>Opuntia maxima</i> Mill.	Ariquera
<i>Opuntia spp.</i>	Copena
<i>Opuntia maxima</i> Mill.	Ofer
<i>Opuntia maxima</i> Mill.	Porto Largo
<i>Opuntia maxima</i> Mill.	Sicilia 1
<i>Opuntia maxima</i> Mill.	Sicilia 2

Tabla 6. Colección de *Opuntia* de la Universidad de La Laguna. Fuente: Eladio González Díaz, 1993.

Elaboración propia

Las parcelas en cuestión, conocidas como “Tahonilla Alta” y “Tahonilla Baja”, se localizan en las coordenadas 28º 28' 38,23" N, 16º 19' 19,01" O y 28º 28' 41,24" N, 16º 19' 08,68" O respectivamente. La distribución de las variedades en cada parcela se organiza de acuerdo con las Figuras 8 y 9.

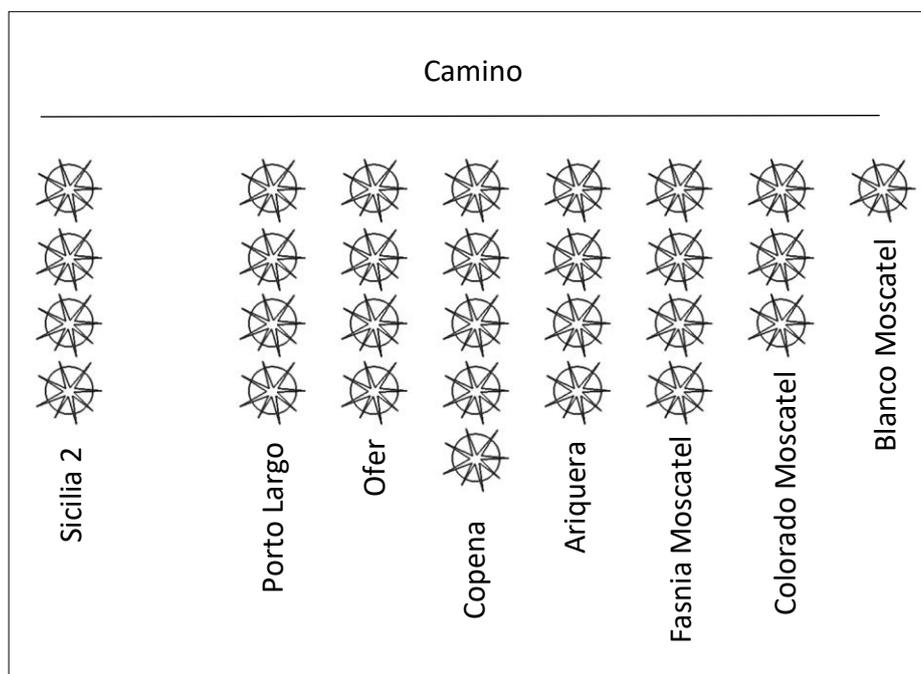


Figura 8. Distribución de las variedades en “Tahonilla Alta”. Fuente: Eladio González Díaz, 1993.

Elaboración propia

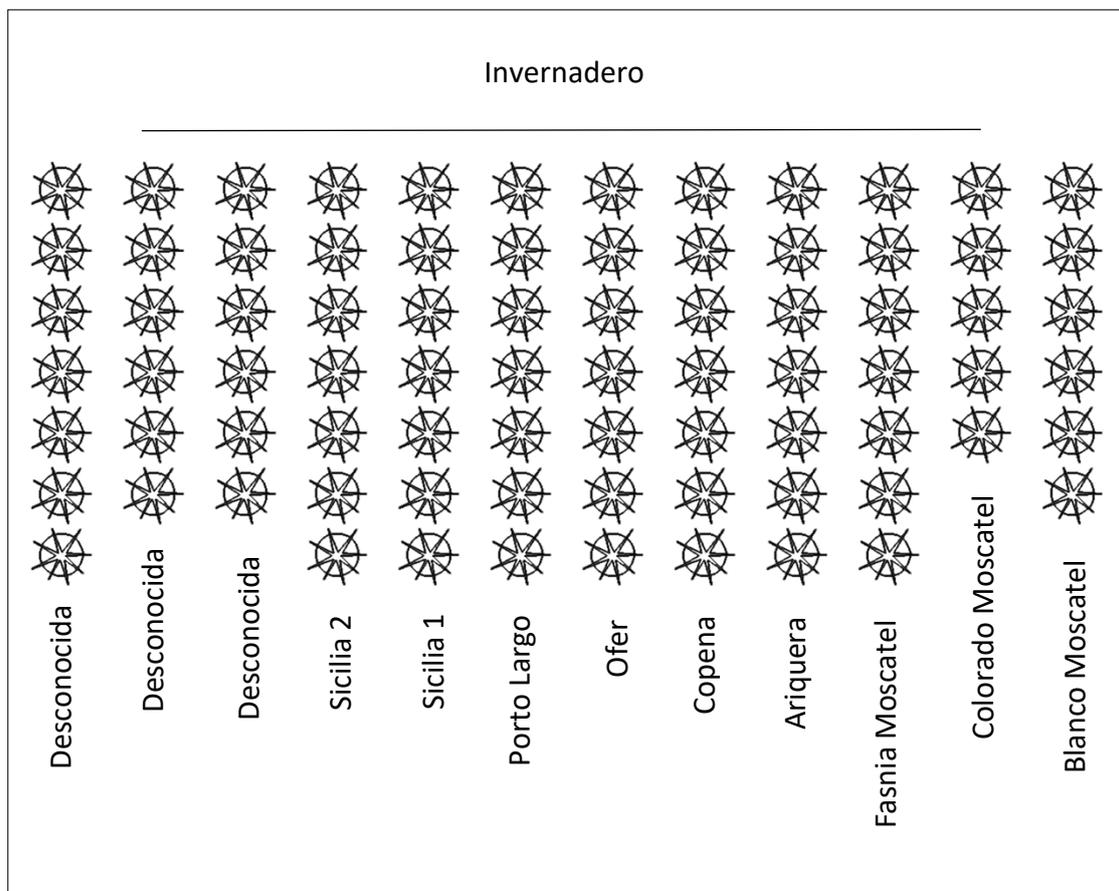


Figura 9. Distribución de las variedades en "Tahonilla Baja". Fuente: Antonio Perdomo Molina, 2023.  
Elaboración propia

Para la realización del experimento se utilizaron tres variedades. La primera variedad, Colorado moscatel, caracterizada por presentar cladodios redondeados, flores de color amarillo y frutos con pulpa verde-anaranjada. En cuanto a las otras variedades, Ofer y Porto Largo, estas se seleccionaron por presentar las características opuestas: cladodios alargados con flores naranjas y tunos de pulpa verde-amarillo.

La recolección de las variedades se llevó a cabo en dos etapas; la primera tuvo lugar el día 7 de febrero en la parcela de "Tahonilla Alta" y la segunda se llevó a cabo del día 20 de marzo en "Tahonilla Baja" (Anexo 1, Tabla 1). En ambas cosechas, la recolección se realizó de forma manual, recolectándose únicamente los cladodios más jóvenes de cada planta, situados en el último y penúltimo nivel de esta.

Tras la recolección del material vegetal este fue trasladado a las instalaciones del ICIA. Una vez allí, fue colocado en un secadero para forrajes con el fin de acelerar su deshidratación y hacer más palatable el fermentado para los animales (Figura 10). Según el trabajo de investigación "Estudio de palatabilidad de un fermento de *Opuntia ficus indica* en pequeños rumiantes" realizado por Cabrera et al., (2023), el fermento de



tunera elaborado mediante cladodios totalmente secos es más palatable para el ganado caprino que el fermentado realizado con tunera semiseca o fresca.



Figura 10. Secadero

Para conocer el grado de deshidratación de los cladodios, así como para garantizar una menor variabilidad en el consumo del fermentado, se realizaron diferentes pruebas para determinar la materia seca de estos (Anexo 1, Tabla 2).

### 4.3. Animales

El complejo aportó a la investigación seis cabras; dos cabras de raza Majorera y cuatro cabras de raza Tenerife Norte, las cuales fueron seleccionadas según su edad y estado productivo, de manera que los animales estudiados presenten unas necesidades nutricionales similares. En este caso, se eligieron seis cabras en estado de secado, con una edad aproximada de un año.

Habitualmente, las cabras objeto de estudio, se alojan en condiciones de manejo estabulado conviviendo con aquellas cabras en su mismo estado productivo. Sin embargo, para la realización de este experimento, las seis cabras fueron trasladadas a tres corrales separados, alojándose dos cabras por corral y considerándose cada corral como una unidad experimental. El traslado se efectuó 15 días antes del comienzo de la investigación para que los animales se adaptaran a su nuevo entorno. Este periodo de adaptación pretende evitar el rechazo del fermentado de cladodios debido a factores ajenos al alimento como el estrés.



Además, para evaluar la ganancia o pérdida de peso de los animales, así como para el cálculo del consumo por kilogramo de peso vivo, las cabras fueron pesadas al comienzo de la investigación y durante esta. Los resultados recogidos se exponen, según la fecha de toma de datos, en el Anexo 1 en las Tablas 3 y 4.

#### **4.4. Diseño experimental**

En las instalaciones del departamento de Producción Animal, Pastos y Forrajes en Zonas Áridas y Subtropicales perteneciente al ICIA, durante el periodo del 27 de marzo del año 2023, hasta el 16 de abril de ese mismo año, se llevó a cabo la parte experimental del presente Trabajo Fin de Grado.

La investigación consistió en la elaboración de una dieta basada en un fermento de cladodios de diferentes variedades de *Opuntia maxima* Mill. para la alimentación de ganado caprino. Concretamente, se prepararon tres tipos de fermento de tunera; el fermento tipo 1, elaborado con la variedad 'Colorado Moscatel'; el fermento tipo 2 preparado con la variedad 'Porto Largo'; y el fermento tipo 3, preparado con la variedad 'Ofer'.

Las dietas se distribuyeron en un diseño completamente al azar, de tal manera que los animales fueron evaluados durante tres semanas (21 días), suministrándoles el alimento tres días a la semana.

En la primera semana de investigación comprendida desde el 27 de marzo hasta el 2 de abril, los días 28, 29, y 30 se ofreció a las seis cabras objeto de estudio ocho kilogramos de alimento por corral, cuatro kilogramos del fermento tipo 1 y cuatro kilogramos del fermento tipo 2. La siguiente semana de estudio, que abarcó desde el día 2 de abril hasta día 9, los días 4, 5 y 6 se presentó a los animales el fermento tipo 1 y el fermento tipo 3. Y, durante la tercera y última semana, desde el día 10 hasta el día 16 de abril, los días 11, 12 y 13 se ofreció a los animales el fermento tipo 2 y tipo 3 (Tabla 7). En ambos casos, se utilizaron las mismas cantidades de alimento que la primera semana, cuatro kilogramos por variedad y corral.



Variedades	Semana 1 27/03/23 - 02/04/23			Semana 2 02/04/23 - 09/04/23			Semana 3 10/04/23 - 16/04/23		
	Día 28	Día 29	Día 30	Día 4	Día 5	Día 6	Día 11	Día 12	Día 13
Tipo 1 - Tipo 2	4/4 (kg)	4/4 (kg)	4/4 (kg)						
Tipo 1 - Tipo 3				4/4 (kg)	4/4 (kg)	4/4 (kg)			
Tipo 2 - Tipo 3							4/4 (kg)	4/4 (kg)	4/4 (kg)

Tabla 7. Distribución de la dieta a los animales

Por otra parte, con la finalidad de prevenir desequilibrios nutricionales y de evitar una brusca bajada de peso en los animales, la alimentación se complementó con una pequeña proporción de forraje y concentrado. Durante los días laborales, se suministró únicamente alfalfa, y, durante los fines de semana se les proporcionó, de igual manera, alfalfa *ad Libitum* y 600 gramos de concentrado por animal y día.

#### 4.5. Materiales para elaborar el fermentado

Los materiales utilizados se basan en los expuestos en el trabajo de investigación “Fermentación del nopal (*Opuntia* spp.) para su uso como complemento proteico animal” realizado por Flores et al., (2019) para la Universidad de Chapingo, México.

De acuerdo con el estudio mencionado, para la elaboración del fermentado de tunera se requieren los siguientes materiales: un triturador, un biodigestor, urea, melaza, sulfato amónico y levadura.

En este caso, para el picado de los cladodios se utilizó una biotrituradora (Figura 11) de la marca Caravanggi, modelo Bio 80. Para su funcionamiento, este modelo presenta un motor de gasolina y dos sistemas de trituración; el primer sistema, práctico para la trituración de productos leñosos y, el segundo sistema, equipado con martillos móviles capaces de triturar hojas, masas de tierra y elementos fibrosos, que fue el utilizado en el experimento. Además, este modelo consta de un tamiz amovible que permite regular el grado de finura del material que se desea triturar.



Figura 11. Biotrituradora Caravangi

El segundo elemento requerido para la elaboración del fermentado de tunera es un biodigestor. No obstante, con el propósito de abaratar los costes que este proceso conlleva, y que este sea más asequible para los ganaderos canarios, se ha realizado una modificación, sustituyendo el biodigestor por una hormigonera convencional. En esta situación, dado que la investigación requiere elaborar dos tipos de fermentado simultáneamente, se emplearon dos hormigoneras de la marca BigMat (Figura 12), ambas con una capacidad de 150 litros.



Figura 12. Hormigoneras



En lo que respecta a los aditivos, Flores et al., (2019) reporta en su investigación las siguientes proporciones: urea (1%), melaza (0,2%), sulfato de amonio (0,1%) y levadura (0,02%). Por ende, para procesar 17 kilogramos de cladodios, se requirieron 170 gramos de urea, 34 gramos de melaza, 17 gramos de sulfato amónico y 3,4 gramos de levadura de la cepa *Saccharomyces cerevisiae*.

Con el objetivo de mejorar la eficiencia del procedimiento, se llevó a cabo la medición previa de todos los aditivos (Figura 13). La urea y el sulfato amónico fueron mezclados y dispuestos en bolsas, se elaboraron dos bolsas por día de experimento. Por otra parte, la melaza y la levadura fueron dispuestas en botes individuales.



Figura 13. Preparación de los aditivos

#### 4.6. Proceso de elaboración del fermentado de tunera

En base al estudio realizado por Flores et al., (2019), se puede determinar que el proceso de fermentación semisólida de la tunera involucra tres etapas diferenciadas: picado del material vegetal, adición de los aditivos y homogenización y fermentación del material vegetal. Tras la ejecución de estas etapas, la tunera está lista para ser utilizada como alimento para el ganado.

Según los pasos expuestos anteriormente, en primera instancia, se procedió al picado de los cladodios de la tunera para facilitar la incorporación de los aditivos (Figura 14). Este procedimiento se realizó mediante la biotrituradora detallada en el apartado “Materiales”, utilizando, como se indicó, su segundo sistema para realizar el picado, y ajustando el tamiz para lograr un mejor tamaño de las partículas resultantes del proceso (Figura 15).



Figura 14. Picado del material vegetal



Figura 15. Cladodios triturados

Conforme a la segunda etapa, los cladodios picados y separados de acuerdo con su variedad se trasladaron a las dos hormigoneras, identificadas previamente con bridas de colores distintivos para evitar posibles equivocaciones en el reconocimiento de las variedades empleadas. A continuación, se procedió a la incorporación de los distintos aditivos en ambas amasadoras. En cuanto a la levadura, esta fue incorporada en último lugar, tras haber sido activada con 30 mililitros de agua.

Una vez incorporados todos los aditivos, dio comienzo la tercera y última etapa del proceso, la homogenización y fermentación del producto. Para iniciar esta fase, ambas



hormigoneras se activaron simultáneamente y permanecieron en funcionamiento durante un periodo de seis horas, desde las 7:00 hasta las 13:00 horas. Durante este periodo, las hormigoneras trabajaron en 12 ciclos intercalados (30 minutos de movimiento y 30 minutos de reposo), que se programaron mediante un temporizador analógico de la marca Silver Electronics, ajustable cada 15 minutos.

Transcurridas las seis horas, se homogenizaron los aditivos y se produjo la fermentación del material vegetal, obteniéndose así a suministrar a los animales del ensayo (Figura 16).



Figura 16. Fermentado de *Opuntia*

#### **4.7. Reparto de la ración**

La ración se repartió a los animales en cubos de plástico, colocándose cuatro cubos en cada corral, dos por variedad para garantizar que los animales pudieran comer de la misma variedad simultáneamente.

La ración establecida, dos kilogramos por cabra y variedad, se ofreció a los animales durante una hora (Figura 17). Tras este periodo, se midió el peso del alimento restante en cada cubo, lo cual permitió determinar el consumo como un indicador de la palatabilidad.



Figura 17. Reparto de la ración

#### **4.7. Recogida de muestras de fermentado para su análisis**

La recogida de muestras para posterior su análisis tuvo lugar durante las dos primeras semanas de investigación. Las muestras correspondientes a las variedades Colorado Moscatel y Porto Largo se tomaron durante los días 28, 29 y 30 de marzo y, las muestras de la variedad Ofer se recolectaron los días 4, 5 y 6 de abril. En total, se recolectaron 36 muestras (4 muestras por día y variedad).

Cada día las muestras fueron envasadas al vacío y congeladas a  $-15^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, estas fueron enviadas para su análisis al Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA).

#### **4.8. Análisis estadístico**

El tratamiento estadístico se realizó mediante el software IBM SPSS Statistics versión 23.0. Para determinar el efecto del tipo de fermento sobre la ingesta, así como el efecto del tiempo de procesado sobre la composición nutricional de este se hizo un análisis multivariante donde se utilizó la prueba Tukey ( $p < 0,05$ ) para comparación de medias.

#### **4.9. Costes de producción**

Con el objetivo de realizar un estudio económico detallado que permita aproximarse al precio por kilogramo de fermentado, se consideraron distintos factores



determinantes en el proceso de elaboración este producto que puedan suponer un coste para los ganaderos.

En primer lugar, se asumió que la producción de este fermentado parte desde cero, lo que implica llevar a cabo una inversión inicial. Dicha inversión comprende la adquisición de una biotrituradora, una hormigonera y un temporizador.

Otro factor relevante en el proceso de elaboración del fermentado son los aditivos utilizados. Para determinar el coste de estos aditivos, se tuvo en cuenta la proporción necesaria de cada uno de ellos para elaborar un kilogramo de fermentado, así como su precio según los datos proporcionados por Cereales Archipiélago.

Además, se consideraron los costes de producción relacionados con la mano de obra y la energía. Para calcular el coste de la mano de obra, se realizó una meticulosa medición del tiempo requerido para cada una de las actividades del proceso de elaboración y se tuvo en cuenta el salario mínimo interprofesional establecido por el Real Decreto 152/2022 del 22 de febrero.

En cuanto al coste de la energía, se utilizaron los datos proporcionados por la Confederación Española de Empresarios, utilizándose el precio del kilovatio hora correspondiente al mes de abril de 2023, así como los datos proporcionados por CEPSA de la gasolina 95 para este mismo mes. Por último, cabe destacar que se despreció el coste del material vegetal utilizado.

Este estudio proporcionará información relevante para la optimización y planificación de futuras producciones, permitiendo identificar posibles áreas de mejora en términos de eficiencia y reducción de costes.



## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



## 5. Resultados y discusión

### 5.1 Ingesta del fermentado

En el Anexo 2 (Tabla 1) se presenta información detallada sobre los consumos diarios por corral de cada tipo fermento de tunera evaluado.

Se observa que el consumo total de los tres tipos de fermento fue relativamente homogéneo en el corral 2 y en el corral 3. Sin embargo, en el caso del corral 1, se aprecia un menor consumo de alimento durante el todo el ensayo. Esta disminución en el consumo podría atribuirse a problemas de salud que afectaron a los animales en dicho corral, como cojera e hinchazón en las orejas. Estos resultados resaltan la importancia de considerar el estado de salud de los animales en los estudios de palatabilidad y consumo de alimentos. Como ya han destacado otros autores (Tarazona et al., 2012), en este ensayo se confirma que los problemas de salud pueden influir de manera significativa en los patrones de consumo y afectar la ingesta total de alimento.

En la Anexo 2 (Tabla 2) se encuentran registrados los consumos diarios por kilogramo de peso vivo de los tres tipos de fermento evaluados. El mayor consumo se registró el día 29 de marzo para la variedad Colorado Moscatel, alcanzando un valor de 5,33 g/kg PV. Por otro lado, el día 31 de marzo se registró el menor consumo para la misma variedad, siendo este de 0,58 g/kg PV.

Los resultados del análisis estadístico llevado a cabo con los datos del consumo de los tres tipos de fermento aparecen recogidos en la Tabla 8. El objetivo de este análisis fue determinar si existían diferencias significativas en la preferencia de ingesta de los animales respecto a los distintos tipos de fermentado evaluados.

Los resultados revelaron que la variedad Ofer fue la más consumida por los animales, con un valor medio de 2,35 gramos por kilogramo de peso vivo. Por otro lado, se observó que la variedad Colorado Moscatel fue la menos ingerida, con un valor medio de 1,86 gramos por kilogramo de peso vivo (Gráfico 1).

Cabrera et al., (2023) registra en “Estudio de la palatabilidad de un fermento de *Opuntia ficus-indica* en pequeños rumiantes” un consumo medio de 13,5 g/kg PV para tuneras secas, siendo este consumo muy superior a los obtenidos en este estudio. No obstante, se plantea la posibilidad de aumentar este consumo, para ello es necesario llevar a cabo estudios de palatabilidad a largo plazo con cabras adultas, así como otros con rumiantes de menor edad con el objetivo de acostumbrarlos a este tipo de alimentación.

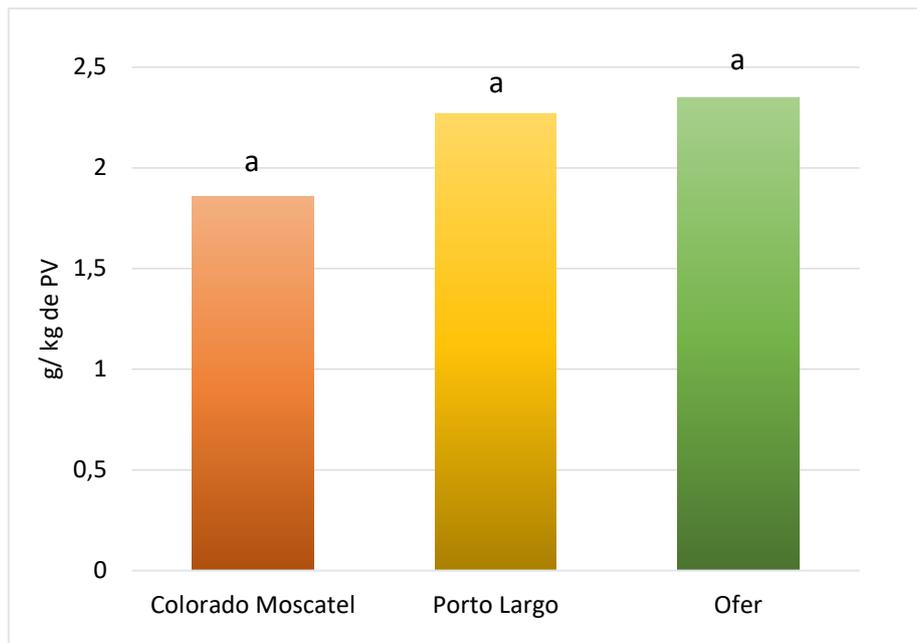


Gráfico 1. Consumo medio según variedad

Sin embargo, los análisis estadísticos realizados no demostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tres tipos de fermentado en términos de su influencia en el consumo de las distintas variedades. Esto indica que, a nivel estadístico, no se encontraron evidencias de que el fermentado de una variedad fuera preferido en mayor medida, en comparación con el fermentado de las otras dos variedades.

Variiedad	Media $\pm$ DS	Significancia
Colorado Moscatel	1,86 $\pm$ 1,72	NS
Porto Largo	2,27 $\pm$ 0,75	NS
Ofer	2,35 $\pm$ 1,47	NS

Tabla 8. Consumo (g) en relación con el peso medio de los animales según la variedad. *Nota: NS= no significativo*

La Tabla 9 presenta la ingesta promedio de fermento en cada semana de experimento. En ella se observa un aumento en el consumo del fermentado de tunera durante la tercera semana de estudio, sin embargo, esta diferencia no alcanza niveles estadísticamente significativos ( $p > 0,05$ ).



Semana	Media $\pm$ DS	Significancia
1	2,34 $\pm$ 1,76	NS
2	1,56 $\pm$ 0,47	NS
3	2,56 $\pm$ 1,37	NS

Tabla 9. Consumo (g) en relación con el peso medio de los animales según la semana. *Nota: NS= no significativo*

En la Tabla 10 se expone el análisis estadístico realizado para comprobar si los animales presentan alguna preferencia por el tipo de fermento después de haberlo ingerido anteriormente, lo que permitiría inferir si han desarrollado o no una adaptación a dicho tipo de fermento. Los resultados obtenidos indican que no se observan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Variedad	Semana	Media $\pm$ DS	Significancia
Colorado Moscatel	1	2,42 $\pm$ 2,54	NS
	2	1,31 $\pm$ 0,17	NS
Ofer	2	1,82 $\pm$ 0,56	NS
	3	2,89 $\pm$ 2,07	NS
Porto Largo	1	2,31 $\pm$ 1,76	NS
	3	2,24 $\pm$ 0,75	NS

Tabla 10. Consumo (g) en relación con el peso medio de los animales según la variedad y la semana de estudio. *Nota: NS= no significativo*

Esta situación se visualiza en el Gráfico 2 donde también se aprecia la evolución del consumo a lo largo del experimento.

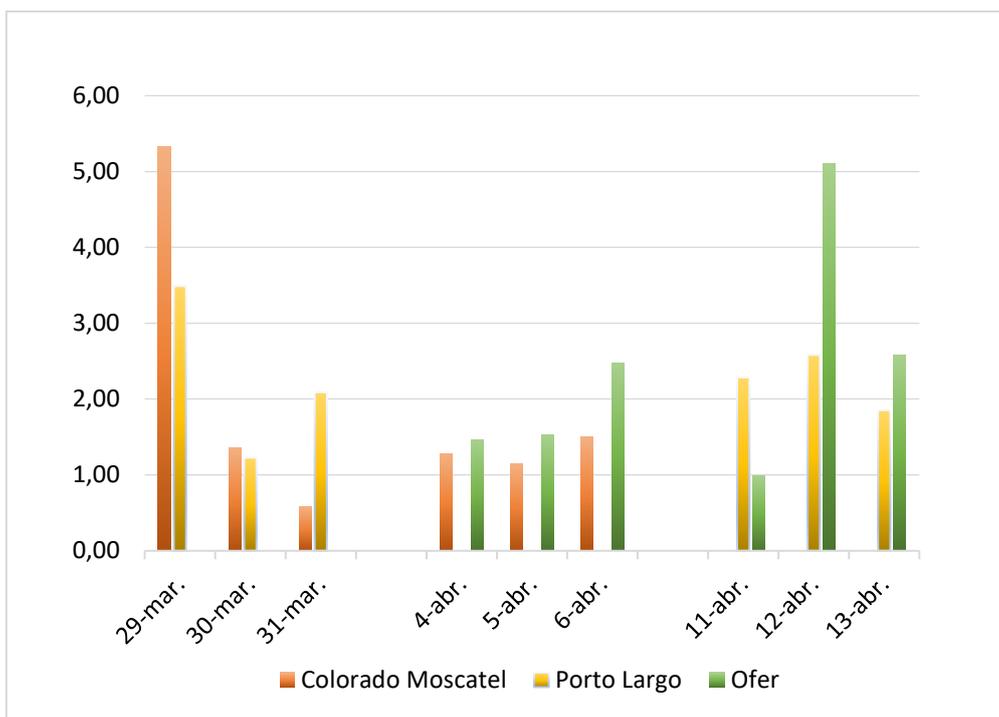


Gráfico 2. Consumo diario según variedad

## 5.2. Composición nutricional

En el Anexo 3 se recoge la composición nutricional de cada tipo de fermento en su estado inicial, así como a las dos, cuatro y seis horas de fermentación. En ella se observa que los valores nutricionales del fermentado en su estado inicial se encuentran dentro de los parámetros esperados y son similares a los reportados por Vázquez et al. (2008) y Cabrera et al., (2023).

La Tabla 11 muestra la composición nutritiva del fermento final (tras 6 horas de fermentación) que fue el suministrado a los animales para las tres variedades estudiadas. Cabe destacar que no se observaron diferencias significativas entre las tres variedades ( $p > 0,05$ ) en ninguno de los parámetros nutritivos analizados. Esta situación sugiere que no hay justificación para utilizar variedades específicas, lo cual es una ventaja para los ganaderos del Archipiélago, ya que pueden emplear cualquiera de las variedades disponibles en las Islas Canarias sin tener en cuenta diferencias nutricionales.

Variedad	MS (%)	PB (%)	FAD (%)	FND (%)	CEN (%)
CM	7,68	44,45	16,58	18,50	23,24
PL	7,18	43,82	16,34	17,95	23,29



Variedad	MS (%)	PB (%)	FAD (%)	FND (%)	CEN (%)
O	8,22	40,25	15,46	18,30	21,51

Tabla 11. Valores nutricionales medios del fermentado tras 6 horas según variedad. *Nota: MS= Materia seca; PB= Proteína bruta; FAD= Fibra ácido detergente; FND= Fibra neutro detergente; CEN= Cenizas*

En la Tabla 12 se exponen los valores medios de proteína bruta, expresados en tanto por ciento, correspondientes a cada tipo de fermento. Los resultados muestran el porcentaje de proteína bruta en los cuatro momentos del proceso: en la fase inicial, a las 2, a las 4 y a las 6 horas de fermentación. Estos resultados respaldan que la fermentación de la tunera conlleva modificaciones en la composición química del forraje, especialmente en la concentración de la proteína.

Se observa que, a las 2 horas de iniciada la fermentación el contenido en proteína ya ha experimentado un incremento muy importante en las tres variedades (40,88 puntos en Colorado moscatel, 41,26 en Porto largo y 35,71 en Ofer). Asimismo, se ha visto que el hecho de prolongar el proceso no se traduce en cambios significativos en el componente de la proteína, lo que resulta interesante ya que permite reducir el coste final del fermentado.

Variedad	Inicio	2h	4h	6h
Colorado Moscatel	4,81 <sup>a</sup>	45,69 <sup>b</sup>	47,18 <sup>b</sup>	44,45 <sup>b</sup>
Porto Largo	6,48 <sup>a</sup>	47,74 <sup>b</sup>	45,95 <sup>b</sup>	43,82 <sup>b</sup>
Ofer	4,98 <sup>a</sup>	40,69 <sup>b</sup>	41,20 <sup>b</sup>	40,25 <sup>b</sup>

Tabla 12. Evolución de la proteína bruta (%) según variedad. *Nota: <sup>a,b,c</sup> distinta letra en la misma línea indica diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )*

Este comportamiento se puede apreciar con mayor claridad en el Gráfico 3, donde se representa la evolución del contenido medio proteico a lo largo del tiempo de fermentación. En él, se aprecia que el valor medio más elevado de proteína se establece a las 2 horas de fermentación y, se observa una ligera disminución durante las siguientes 4 horas, sin embargo, en ningún caso hay diferencias significativas en el porcentaje de proteína bruta entre el producto obtenido a las 2 horas y los siguientes.



Este patrón indica que el proceso de fermentación inicialmente impulsa un incremento significativo en la cantidad de proteína, seguido de una estabilización o disminución leve en las horas posteriores.

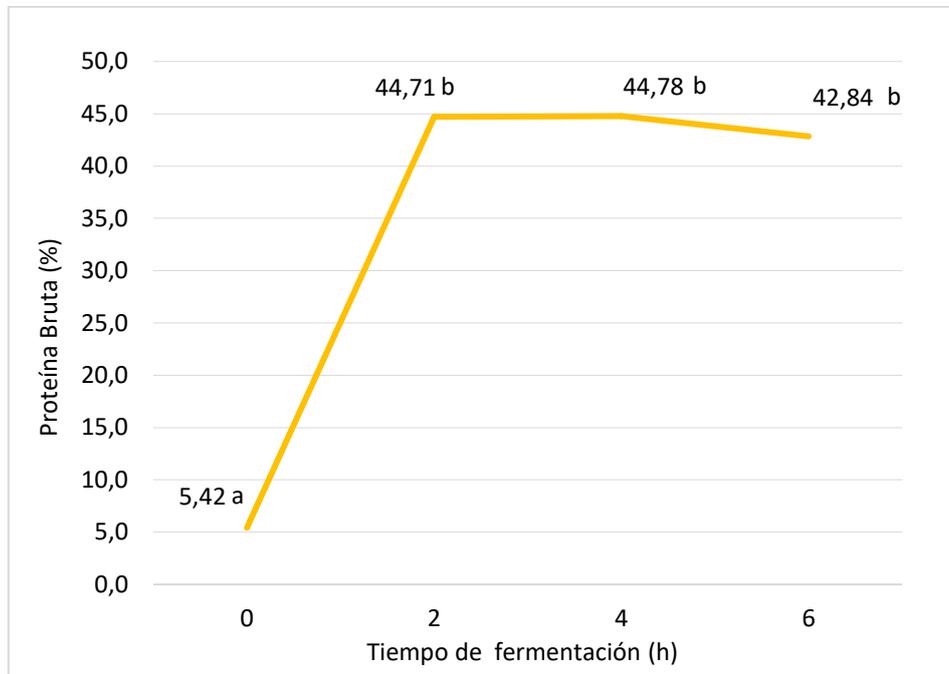


Gráfico 3. Evolución de la proteína bruta del fermentado

Las Tablas 13 y 14 presentan los valores energéticos del producto siguiendo la metodología del INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), concretamente se recoge la Unidad Forrajera de Leche (UFL) y la Unidad Forrajera de Carne (UFC) para los diferentes tipos de fermento en distintos momentos de la fermentación.

En ambos casos y para los tres tipos de fermento se observa que los valores aumentan de forma significativa tras las primeras dos horas del proceso.

Variedad	Inicio	2h	4h	6h
Colorado Moscatel	1,00 <sup>a</sup>	1,13 <sup>b</sup>	1,13 <sup>b</sup>	1,14 <sup>b</sup>
Porto Largo	1,01 <sup>a</sup>	1,12 <sup>b</sup>	1,14 <sup>b</sup>	1,13 <sup>b</sup>
Ofer	0,95 <sup>a</sup>	1,11 <sup>b</sup>	1,12 <sup>b</sup>	1,13 <sup>b</sup>

Tabla 13. Evolución de la unidad forrajera leche (UFL) según variedad. Nota: <sup>a,b,c</sup> distinta letra en la misma línea indica diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )



Variedad	Inicio	2h	4h	6h
Colorado Moscatel	0,96 <sup>a</sup>	1,11 <sup>b</sup>	1,12 <sup>b</sup>	1,13 <sup>b</sup>
Porto Largo	0,97 <sup>a</sup>	1,10 <sup>b</sup>	1,13 <sup>b</sup>	1,12 <sup>b</sup>
Ofer	0,91 <sup>a</sup>	1,09 <sup>b</sup>	1,10 <sup>b</sup>	1,11 <sup>b</sup>

Tabla 14. Evolución de la unidad forrajera carne (UFC) según variedad. *Nota: <sup>a,b,c</sup> distinta letra en la misma línea indica diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )*

Con el propósito de proporcionar un marco de referencia para el fermentado de tunera en cuanto a su composición nutricional, se ha realizado una comparativa con otros dos forrajes ampliamente utilizados: el ray-grass y la alfalfa. De acuerdo con los datos proporcionados por la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, se presentan los valores correspondientes al ray-grass y la alfalfa (Tabla 15), donde también se incluye la composición nutricional del fermentado de tunera.

Esta comparación permite situar la composición nutritiva de la tunera en el contexto de otros forrajes de uso frecuente, proporcionando una referencia para evaluar su calidad en relación con otras opciones disponibles.

	CEN (%)	PB (%)	FND (%)	FAD (%)	UFC	UFL
Ray-grass	12,4	19,7	40,5	22,6	1,03	1,08
Alfalfa	10,2	18,8	35,5	27,5	0,88	0,94
Fermentado tunera	22,68	42,84	18,25	16,13	1,2	1,13

Tabla 15. Comparativa nutricional entre forrajes

La comparación entre los tres productos se representa en el Gráfico 4. En él, se aprecia que el fermentado de tunera tiene un contenido más elevado de proteína y minerales en comparación con la alfalfa y el ray-grass. En contraste, los valores de fibra ácido detergente y fibra neutro detergente, son notablemente superiores en la alfalfa y el ray-grass. Se puede concluir que el fermentado de tunera es un recurso interesante para aportar proteína y minerales.

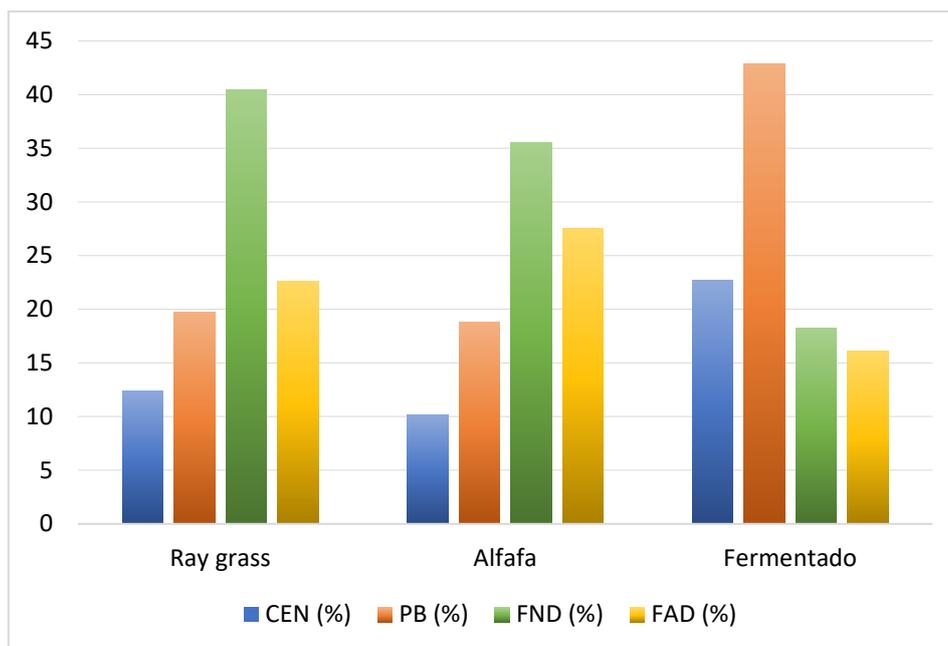


Gráfico 4. Comparativa nutricional entre forrajes

### 5.3. Supuesto de necesidades proteicas

Según Castañón y Flores (2001), una cabra de 50 kg en mantenimiento puede ingerir entre 1 y 1,3 kg de materia seca al día, dependiendo de la calidad de la ración. Además, este recomienda que las raciones destinadas a cabras en mantenimiento tengan una concentración proteica cercana al 7%.

En relación con los resultados expuestos anteriormente, se ha determinado que el fermento de tunera presenta un contenido proteico aproximado del 42%. Asimismo, se ha observado que una cabra de 50 kg consume en promedio 107,5 gramos de este fermento por día.

Con base en estos datos, se calculan las necesidades proteicas de una cabra. Considerando una ingesta diaria de 1300 gramos de materia seca y aplicando el porcentaje de proteína recomendado del 7%, se obtienen un requerimiento proteico de 91 gramos.

Sin embargo, el consumo diario de 107,5 gramos de fermento de tunera proporcionaría aproximadamente 45,16 gramos de proteína. Estos resultados indican que el consumo del fermento de tunera contribuye a satisfacer las necesidades proteicas de las cabras, superando más de un tercio de las necesidades requeridas.

En cuanto a una cabra en lactación, el Instituto Nacional de la Investigación Agronómica (INRA, 2023), recoge que una cabra con un peso medio de 50 kg y con una



producción media de 2 l/día tiene unas necesidades proteicas diarias de 140 g. De tal forma que, considerando el mismo consumo que tienen las cabras en mantenimiento (2,15 g/kg PV), el fermentado le aportaría un 32,25 % de sus necesidades.

#### 5.4. Estudio económico

Este apartado tiene como objeto determinar el coste de producción de un kilogramo de fermentado de tunera y ayudar así a los ganaderos del Archipiélago canario a valorar la rentabilidad y viabilidad económica que supone la producción del fermentado.

- Inversión inicial.

Con el fin de calcular la inversión inicial necesaria para llevar a cabo la producción del fermentado de tunera, se deben tomar en cuenta los costes asociados a los diversos equipos utilizados en el proceso productivo (Tabla 16). En el presente estudio, como se describió en la sección “Materiales para la elaboración del fermentado”, se utilizó una biotrituradora de la marca Caravanggi, modelo Bio 80, así como una hormigonera de la marca BigMat con una capacidad de 150 litros.

Equipamiento	Precio
Biotrituradora	2.000 €
Hormigonera	390 €
Temporizador	7 €

Tabla 16. Coste del equipo

Coste total del equipo = 2.397€

En este contexto, se ha de tener en cuenta la amortización anual de los equipos adquiridos. Para su cálculo se ha utilizado el método lineal, método que distribuye el costo de los activos uniformemente a lo largo de su vida útil. En este caso, se establece



que la biotrituradora y la hormigonera tienen una vida útil de 15 y 5 años respectivamente, y se asume que no tienen valor residual al finalizar su vida útil.

Amortización anual = 2.000 € /15 años + 390 € /5 años = 159,33 €/año

- Coste de los aditivos

En el proceso de producción del fermentado de tunera, se utilizan diferentes aditivos que desempeñan un papel fundamental en el resultado final del producto, dichos aditivos incluyen urea (1%), melaza (0,2%), sulfato amónico (0,1%) y levadura (0,02%), de tal forma que para producir un kilogramo de fermentado son necesarias las siguientes cantidades: 0,01 kg de urea, 0,002 kg de melaza, 0,001 kg de sulfato amónico y 0,0002 kg de levadura.

Conocidas las proporciones y los precios de los aditivos (Tabla 17), se puede calcular el coste de los mismos por kilogramo de fermento.

<b>Aditivos</b>	<b>Precio (€/kg)</b>
Urea	1,13
Melaza	0,48
Sulfato amónico	0,67
Levadura	37,78

Tabla 17. Precio de los aditivos

Urea → 0,01 kg/kg de fermento \* 1,13 €/kg = 0,011 €/kg de fermento.

Melaza → 0,002 kg/kg de fermento \* 0,48 €/kg = 0,00096 €/kg de fermento.

Sulfato amónico → 0,001 kg/kg de fermento \* 0,67 €/kg = 0,00067 €/kg de fermento.

Levadura → 0,0002 kg/kg de fermento \* 37,78 €/kg = 0,0076 €/kg de fermento.

Coste de los aditivos = 0,020 €/kg de fermento

- Costes asociados al tiempo de trabajo



A continuación, se presentan los datos relacionados con el tiempo requerido para la recolección y trituración de la tunera, así como el coste de mano de obra asociado a cada tarea.

En este estudio, el tiempo de recolección se estableció en 0,005 horas por kilogramo de tunera y el tiempo de trituración en 0,00625 horas por kilogramo de tunera. De esta forma, suponiendo un coste de mano de obra de 6 €/h, se calcula el coste de mano de obra para cada tarea:

Coste de mano de obra para recolección  $\rightarrow 0,005 \text{ h/kg} * 6 \text{ €/h} = 0,03 \text{ €/kg}$

Coste de mano de obra para trituración  $\rightarrow 0,00625 \text{ h} * 6 \text{ €/h} = 0,038 \text{ €/kg}$

Coste total de la mano de obra = 0,068 €/kg de fermento

- Costes energéticos

Para determinar los costes asociados al consumo energético, se han recopilado distintos datos referentes a la biotrituradora y a la hormigonera utilizadas en el proceso de producción del fermentado de tunera.

En cuanto a la biotrituradora, su ficha técnica refleja que está equipada con un motor de gasolina Kawasaki FE250, cuyo consumo se estima en 0,24 kg/HPh. Teniendo en cuenta el tiempo requerido para triturar un kilogramo de cladodios, la densidad de la gasolina ( $720 \text{ kg/m}^3$ ) y el precio estimado de la gasolina 95 (1,184 €/l) para las Islas Canarias (CEPSA 2023), se ha calculado el coste energético asociado al uso de la biotrituradora. El consumo de gasolina en litros se calcula como:  $0,24 \text{ kg/HPh} / (0,72 \text{ g/m}^3) = 0,333 \text{ l/h}$ .

Coste energético de la biotrituradora  $\rightarrow 0,333 \text{ l/h} * 1,184 \text{ €/l} * 0,25 \text{ h/kg fermento} = 0,098 \text{ €/ kg fermento}$

Respecto a la hormigonera, el tiempo total para la elaboración del fermentado de tunera es de 6 horas. Durante este tiempo, la hormigonera se encuentra en funcionamiento durante tres horas, operando a una potencia de 0,70 kW. La capacidad



de la hormigonera es de 150 litros, por ello, se estima que se pueden preparar aproximadamente 50 kilogramos de fermento en cada ciclo.

En cuanto al consumo eléctrico que supone el uso de las hormigoneras, la Organización de Consumidores y Usuarios (2023) establece que durante el mes de abril el precio de la energía se situó en torno a los 0,158€/kWh.

Coste energético de la hormigonera  $\rightarrow (0,70 \text{ kW} * 3 \text{ horas} * 0,158 \text{ €/kWh}) / 50 \text{ kg} = 0,0066 \text{ €/kg}$

Coste energético total = 0,10 €/kg de fermento

- Coste final de producción

Según el análisis realizado, y sumando todos los costes calculados anteriormente, se estima que el coste de producción del fermento de tunera es de 0,29€, un coste similar al obtenido por Cabrera et al., (2023) el cual reflejó en su estudio económico un coste de 0,24 €/kg.

Además, este estudio ha revelado que la cantidad de proteína no presenta diferencias significativas después de dos horas de fermentado. Esto implica una reducción en el consumo de electricidad por parte de la hormigonera, ya que solo se requiere una hora de uso en lugar de las tres horas utilizadas en este estudio, lo cual permite disminuir el costo total del kilogramo de fermentado a 0,28 € así como acortar el tiempo de producción de seis a dos horas. No obstante, previo a la reducción de este intervalo de tiempo, es necesario llevar a cabo estudios comparativos entre la ingesta de un fermento de dos y de cuatro horas con el fin de prevenir posibles rechazos por parte del animal debido a factores organolépticos.

Este resultado respalda la viabilidad económica del fermentado de tunera como una alternativa forrajera en comparación con otros productos disponibles en el mercado como la alfalfa. La alfalfa de primera categoría, con un contenido de proteína bruta del 16-18%, es de 0,36€/kg (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2023), un precio ligeramente más alto (8 céntimos) que el coste de producción de un kilogramo de fermentado, o lo que es lo mismo, el fermentado de tunera es, aproximadamente, un 20% más barato que la alfalfa.



Es importante destacar que este estudio económico se ha realizado bajo unas condiciones determinadas. En estas condiciones, la utilización del fermentado de tunera como complemento alimenticio del ganado es una alternativa dirigida a pequeños ganaderos que no vayan a producir un gran volumen de fermentado y que puedan obtener el material vegetal de los alrededores de sus explotaciones, sin coste alguno. Por este motivo, en este estudio económico no se ha considerado el coste de los cladodios ya que en muchas zonas del Archipiélago la tunera es una planta silvestre que podría utilizarse para este fin.

Si esta alternativa se quisiera plantear como una opción a mayor escala, los ganaderos se enfrentarían a desafíos más complejos. En primer lugar, supondría para los ganaderos la adquisición de una hormigonera de mayor tamaño que permita producir un mayor volumen de fermentado diario y por lo tanto una mayor inversión inicial. Además, la obtención del material vegetal también sería más complicada, ya que se requeriría establecer una plantación de tunera, planta catalogada como invasora por el Gobierno de Canarias.



## **6. CONCLUSIONES**



## 6. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en este Trabajo de Fin de Grado se han obtenido las siguientes conclusiones:

- 1) La variedad de tunera no influyó significativamente en el consumo del fermentado por parte de los animales.
- 2) La fermentación mejora el valor nutritivo del producto inicial en las tres variedades, observándose una revalorización del contenido proteico, energético y mineral.
- 3) La variedad no influyó significativamente en el contenido nutricional del fermentado, lo que resulta positivo por brindar flexibilidad en la elección de las variedades disponibles en la zona.
- 4) Alargar el proceso de fermentación más allá de 2 horas no mejora significativamente la composición nutritiva del fermentado. Este hallazgo tiene implicaciones positivas en términos de eficiencia de producción y costes asociados.
- 5) El uso del fermentado de tunera como complemento forrajero para pequeños rumiantes se muestra como una opción técnica y económicamente viable.



## 7. Conclusions

Based on the results obtained in this Final Degree Project, the following conclusions have been drawn:

- 1) The variety of prickly pear cactus did not significantly influence the consumption of the fermented product by the animals.
- 2) Fermentation improves the nutritional value of the initial product in all three varieties, with an increase in protein, energy and mineral content.
- 3) Variety did not significantly influence the nutritional content of the fermented product, which is positive for providing flexibility in the choice of varieties available in the area.
- 4) Extending the fermentation process beyond 2 hours does not significantly improve the nutritional composition of the fermented product. This finding has positive implications in terms of production efficiency and associated costs.
- 5) The use of fermented prickly pear cactus as a fodder supplement for small ruminants is shown to be a technically and economically viable option.



## **8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



## 8. Referencias bibliográficas

Álvarez S., Fresno M., Méndez P. (2017). Utilización de forrajes de zonas áridas en la alimentación del ganado caprino y su efecto en la producción de leche y queso AGROPALCA / Apartado Ganadería. Vol: 38, 31 p.

Álvarez, S.; Méndez, P.; Díaz, C.; Fresno, M. (2005). Valoración nutritiva de forrajes adaptados a zonas áridas y su utilización en la alimentación del ganado caprino. In Osoro, K et al. Producciones agroganaderas: Gestión eficiente y conservación del medio natural. Vol. 1: 229-235 pp.

Anaya Pérez, Marco Antonio. Historia del uso de opuntia como forraje en México. (2010). Departamento de Agricultura, FAO. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Anderson, E. F. (2001). The Cactus Family. Timber Press, Portland, Oregon.

Aranda, O. G. (2006). Enriquecimiento del nopal para el ganado. V Simposium- Taller sobre Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México. Marín Nuevo León, México.

Arnold, G., Riveros, E., Argamentarías, A., Gálvez, J. (1986). The influence of odour and taste on the food preferences and food intake of sheep. Aust. J. Agric. Res.

Asociación de Criadores de Raza Palmera. Consultado el 20/02/2023. <https://cabrapalmera.webgescan.com/>

Ayanz. San Miguel A. (2006). Fundamentos de la alimentación y nutrición del ganado.

Azocar, C. (1987). Hábitos de pastoreo y de consumo de especies forrajeras del caprino en zonas áridas. Avances en Producción Animal Nº 12.

Bondi, A. A. (1988). Nutrición animal: Metabolismo proteico de los rumiantes.

Borrego, E., F. y N. Burgos V. (1986). El Nopal, Ed. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Bravo, H. H. (1978). Las Cactáceas de México, Vol. I., 2ª Edición. UNAM, México, D.F.

Buxade, Carlos. (1996). Producción caprina. Madrid. España. Mundi-Prensa Libros, S.A.

Camacho Pérez, A., Mata G, J., Medina Gonzales, R. (1990). El ganado caprino en Canarias. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola.

Castañón, J.I.R. y Flores M.P. (2001). Curso de Nutrición Animal.



Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife. (2012). Variedades Agrícolas Tradicionales de Tenerife y La Palma.

Confederación Canaria de Empresarios. Apartado Actividad del sector primario. (2021). Consultado el 06/02/23. <https://www.ccelpa.org/informe-anual/IA2018/InformeAnual2018.html>

Corcy, J.C. (1993). La cabra. AEDOS. Ed. Mundi-Prensa. (Versión española del prof. Gallego, J).

Crespo, F. (1994). Brucelosis ovina y caprina. Oficina Internacional de Epizootias. Paris.

De Kock G.C. (2001). The use of opuntia as a fodder source in arid areas of Southern Sudafrica In: Mondragón J., C. y S. Pérez G. (Eds.) Cactus (Opuntia spp.) as forage FAO Plant Production and Protection Paper 169. Rome, Italy.

De la Rosa H., P., Santana A. (1998). El Nopal: usos, manejo agronómico y costos de producción. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.

Devendra, C., Burns, Marca. (1970). Goat Production in the Tropics. Ed. Commonwealth Agricultural Bureau.

Escalante-Aburto, A., García-Galindo, H. S., & López-Munguía, A. (2018). Enhancing the phenolic compounds and antioxidant activity of nopal fermentation with ammonium sulfate.

FAO. (2009). ECOCROP. Opuntia ficus-indica. Consultado el 20/02/2023. <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/dataSheet?id=8094>

FAO. (2018). Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal. Consultado el 13/04/2023. <https://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>

Fernández de Sierra, Gabriel. (2011). Programa de mejora de la raza tinerfeña. Consultado el 22/02/2023. [https://www.gobiernodecanarias.org/cmsgobcan/export/sites/ganaderia/galerias/doc/razas\\_autoctonas/Prog-mejora\\_cabra\\_Tinerfena\\_1\\_\\_tcm30-114370.pdf](https://www.gobiernodecanarias.org/cmsgobcan/export/sites/ganaderia/galerias/doc/razas_autoctonas/Prog-mejora_cabra_Tinerfena_1__tcm30-114370.pdf)

Fernández, J. Saiz, M.M. (1990). Hojas Divulgativas Nº 1/90. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Flores V., C. A., J. R. Aguirre R. (1979). El nopal como forraje. Universidad Autónoma Chapingo, México.

Flores-Hernández, A., Macías-Rodríguez, F.J., Esparza-Ibarra, E.L., Cantú-Brito, E., Gámez Aguilar, M., Medinaveitia-Ríos, H., Quiñones-Zaldivar, A. (2011). Enriquecimiento



proteico del nopal (*Opuntia* spp.) como forraje. Folleto de divulgación: UACH-COCyTED-FIRA-URUZA, Bermejillo, Durango, México.

Focher, B. et al. (1991). "Biochemistry of wood deterioration." In *Wood Deterioration and Preservation*. Springer, Boston, MA.

Fuentes Pérez, M., Terrazas, T., y Arias, S. (2009). Anatomía floral de cinco especies de *Opuntia* (*Opuntioideae*, *Cactaceae*) de México. *Polibotánica*.

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2023). Consultado el 22/02/2023. <https://www.fundacionfedna.org>

Gálvez, J., Rosello, B. (1971). Digestibilidad de los alimentos para el ganado. INIA.

García Tobar, J., Gingins, Marcos. (1969). Anatomía y fisiología del aparato digestivo de los rumiantes.

Genin, D., Pijoam, A.P. (1993). Seasonality of goat diet and plant acceptabilities in the coastal scrub of Baja California, Mexico. *Small Ruminant Research*.

Gobierno de Canarias. (2021). Mapa de Cultivos. Consultado el 10/02/2023. [https://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/temas/mapa\\_cultivos/tenerife/tenerife\\_2020.html](https://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/temas/mapa_cultivos/tenerife/tenerife_2020.html)

Gobierno de Canarias. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Consultado el 17/02/2023. [https://www.gobiernodecanarias.org/ganaderia/temas/razas\\_autoctonas/cabra\\_majorera.html](https://www.gobiernodecanarias.org/ganaderia/temas/razas_autoctonas/cabra_majorera.html)

González Castaneda, F., Llamas Lamas, G., Bonilla Cárdenas, J.A. (1998). Utilización del nopal como sustituto parcial de alfalfa en dietas para vacas lecheras. *Téc. Pecu. Mex.*

González Lemus, N. (2001). La explotación de cochinilla en las Canarias del siglo XIX. *ARQUIPIÉLAGO. Historia*. Ponta Delgada: Universidade dos Açores.

González, D. A., M.E. Riojas L., H.J. Arreola N. (2001). El género *Opuntia* en Jalisco. Guía de campo. Universidad de Guadalajara-CONABIO. Guadalajara, México.

Gonzalo, C., Barba, C., Gómez-Moya, J.D. (2002). Razas caprinas autóctonas de fomento. *Revista Ovis*.

Granados S., D., A. D. Castañeda P. (1997). El Nopal: Historia, fisiología, genética e importancia frutícola. México, Trillas.

Gutiérrez, E., Vázquez, R. (2005). Uso del nopal en la alimentación de ovinos. 3er Ciclo de conferencias, La producción ovina en Nuevo León.



Haenlein. (2007). About the evolution of goat and sheep milk production. Small Ruminant Research.

Hagen, L., et al. (2012). "Effect of fibre content in diets for growing pigs on chewing behaviour, digestive transit time and nutrient digestibility." *Animal Feed Science and Technology*.

Hu, W. Q., Liu, Q., Hu, J. P., Zhou, J. J., Zhang, X., Peng, S. Y., Wang, D. (2001). Identification and characterization of probiotic yeast isolated from digestive tract of ducks. *Poultry Science*.

Huber, J. T. (2003). Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers fed different sources of non-protein nitrogen. *Journal of Dairy Science*.

Jarrige, R. (1991). Alimentación de rumiantes. INRA. Ed. Mundi-Prensa.

Le Houerou, H.N. (1980). Browaw in Northern Africa. In H. Le Houérou. Ed. Browse in Africa. International livestock Centre for Africa, Addis Ababa.

Linnaeus, C. (1758). *Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Editio décima, reformata. Vol. 1: 824 p.

Luna Vázquez, Javier., Jorge Urrutia Morales. (2008). Nopal para forraje en el altiplano potosino. Inifap-cirne-Campo Experimental San Luis. Folleto para Productores No. 49. San Luis Potosí, S. L. P. México.

M. Tarazona, Ariel., C. Ceballos, María., F. Naranjo, Juan., A. Cuartas, César. (2012). Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes.

Madigan, M. T., Martinko, J. M., & Parker, J. (1999). *Brock Biología de los microorganismos* (8ª ed.). Madrid: Prentice-Hall.

Melgarejo Moreno, P. (2000). *Tratado de Fruticultura para zonas áridas y semiáridas. El medio ecológico, la higuera, el alcaparro y el nopal*. Vol. I. 1ª Edición. Ed. Mundi-Prensa & AMV. Ediciones Madrid.

Méndez, P. (1993). Recursos forrajeros arbustivos. I Curso de ganado caprino.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Catálogo Español de Especies Invasoras. Consultado el 23/02/2023.

[https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservaciondeespecies/opuntia\\_maxima\\_2013\\_tcm30-69846\\_v2\\_tcm30-69846.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservaciondeespecies/opuntia_maxima_2013_tcm30-69846_v2_tcm30-69846.pdf)



Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Consultado el 20/10/2022. <https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataformadeconocimienoparaelmedioruralypesquero/observatoriodetecnologiasprobadas/sistemasprodnutanimal/ganado-caprino.aspx>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Consultado el 20/10/2022. [https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicosdelsectorovinoycaprino\\_carne\\_2022a\\_tcm30-511496.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicosdelsectorovinoycaprino_carne_2022a_tcm30-511496.pdf)

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Federación Española de Ganado Selecto / Apartado razas. Consultado el: 25/02/2023. <https://rfeagas.es/razas/>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Raza caprina majorera. Consultado el 17/02/2023. <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo-razas/caprino/majorera/default.aspx>

Morand-Fehr, P., Sauvant, D. (1981). Caprino. En Jarrige, R., Edit. Alimentación de los rumiantes.

Morand-Fehr, P., Simiane, M. (1977). La alimentación de la cabra. Simposio sobre la cabra en los países mediterráneos. Málaga, Granada y Murcia.

Nava Cuéllar, Cuauhtémoc., Díaz Cruz, Antonio. (2001). Introducción a la digestión ruminal.

Nobel, P.S. (2001). Ecophysiology of *Opuntia Ficus indica*. In: Mondragón J., C., G. Pérez G. (Eds.). Cactus (*Opuntia* spp.) as forage FAO Plant Production and Protection Paper 169. Rome, Italy.

Nyffeler, R., Eggli U. (2010). A Farewell to Dated Ideas and Concepts: Molecular Phylogenetics and a Revised Suprageneric Classification of the Family Cactaceae. *Schumannia* 6. Consultado el 19/03/2023. <https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/43285/>

Peñagaricano A.J., A. Walte., J. N. Llaneza. N. (1975). Ensilaje (Manejo y utilización de reservas forrajeras). 1a Ed. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay.

Rebman J.P. y Pinkava D.J. (2001). *Opuntia* cacti of North Americaan overview. Florida Entomologist.

Ríos, S., Correal, E., Robledo, A. (1989). Palatability of the main fodder and pasture species present in S.E. Spain: 1. Woody species (Trees and shrubs). International Grassland Congress. Nice, France.

Sáenz, C., H. Berger., J. Corrales G., L. Galletti., V. De Cortázar G., I. Higuera., C. Mondragón., A. Rodríguez F., E. Sepúlveda., M.T. Varnero. (2006). Utilización



agroindustrial del nopal. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 162. Ed. Cadmo Rossel. Roma.

Somlo, R., Campbell, G., Méndez, H. (1985). Importancia del caprino en las zonas áridas y semiáridas. Fuerteventura.

Terradillos Márquez, Antonio., Yruela Morillo, M.<sup>a</sup> del Carmen., García Donas, Emilio Ocaña. (2006). Alimentación del ganado caprino lechero. Consultado el 22/02/2023. [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337161273Alimentacixn\\_del\\_ganado.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337161273Alimentacixn_del_ganado.pdf)

Throne, M., Bach, A., Ruiz-Moreno, M., Stern, M. D., Linn, J. G. (2009). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal pH and microbial fermentation in dairy cows: Yeast supplementation on rumen fermentation. *Livestock Science*.

Triadani, Carlos Omar., Fernando Suarez, Luis., Sánchez Díaz, Luz Marina. (2022). Alimentación de las cabras. Cartilla de divulgación de a.e.r. Villa de María del Rio Seco.

Valadares Filho, S. C., Machado, P. A. S., Chizzotti, M. L. (2006). Níveis de proteína em dietas para ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*.

Villarreal G., A. (1958). El Nopal como Forraje para el Ganado. Mimeo. s/f. p. 4. México, Escuela Nacional de Agricultura.



## **9. ANEXOS**



## 9. Anexos

### 9.1. Anexo 1. Datos de campo

Fecha	Colorado Moscatel	Porto Largo	Ofer
07/02/2023	99 kg	136 kg	55 kg
20/03/2023	41 kg	34 kg	95 kg
<b>Total</b>	140 kg	170 kg	150 kg

Tabla 1. Variedades y cantidad de tunera recolectada

Fecha	Días de secado	Variedad	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Materia seca (%)
17/03/23	48	CM	453,63	26,38	5,82
17/03/23	48	CM	244,7	15,67	6,40
17/03/23	48	PL	672	49,51	7,37
17/03/23	48	PL	268,73	12,7	4,73
17/03/23	48	O	323	16,07	4,98
17/03/23	48	O	433,28	21,16	4,88
12/04/23	23	CM	500	40	8,00
12/04/23	23	CM	450	42	9,33
12/04/23	23	PL	550	46	8,36
12/04/23	23	PL	400	50	12,50
12/04/23	23	O	500	42	8,40
12/04/23	23	O	500	43	8,60

Tabla 2. Porcentaje de materia seca de los cladodios. Nota: CM = Colorado Moscatel, PL = Porto Largo, O= Ofer



<b>Raza</b>	<b>Número de corral</b>	<b>Número de crotal</b>	<b>Peso (kg)</b>
Tinerfeña	1	940	52,2
Tinerfeña	1	959	42,4
Tinerfeña	2	963	45,6
Tinerfeña	2	944	48,6
Majorera	3	930	64,8
Majorera	3	933	49,6

Tabla 3. Peso de los animales de estudio (Fecha: 27/03/23)

<b>Raza</b>	<b>Número de corral</b>	<b>Número de crotal</b>	<b>Peso (kg)</b>
Tinerfeña	1	940	50,8
Tinerfeña	1	959	41,6
Tinerfeña	2	963	43
Tinerfeña	2	944	46
Majorera	3	930	62,6
Majorera	3	933	49

Tabla 4. Peso de los animales de estudio (Fecha:10/04/23)



## 9.2. Anexo 2. Consumos

Semana	Fecha	Variedad	CC1 (g)	CC2 (g)	CC3 (g)	C (g)
1	28/03/23	CM	585	367	658	1610
1	28/03/23	PL	96	575	383	1054
1	29/03/23	CM	130	194	86	410
1	30/03/23	PL	71	100	200	371
1	30/03/23	CM	32	96	48	176
1	30/03/23	PL	46	61	524	631
2	04/04/23	CM	0	109	278	387
2	04/04/23	O	0	0	443	443
2	05/04/23	CM	78	134	135	347
2	05/04/23	O	58	154	248	460
2	06/04/23	CM	0	427	27	454
2	06/04/23	O	134	188	427	749
3	11/04/23	PL	30	180	480	690
3	11/04/23	O	80	40	180	300
3	12/04/23	PL	0	240	540	780
3	12/04/23	O	0	520	1020	1540
3	13/04/23	PL	0	180	380	560
3	13/04/23	O	20	440	320	780

Tabla 1. Registro de consumos. Nota: CC1 = Consumo Corral 1; CC2 = Consumo Corral 2; CC3 = Consumo Corral 3; C = Consumo; CM = Colorado Moscatel; PL = Porto Largo; O = Ofer



Semana	Fecha	Variedad	C (g)	PV (kg)	C (g)/kg PV
1	28/03/23	CM	1610	302	5,33
1	28/03/23	PL	1054	302	3,49
1	29/03/23	CM	410	302	1,36
1	29/03/23	PL	371	302	1,23
1	30/03/23	CM	176	302	0,58
1	30/03/23	PL	631	302	2,09
2	04/04/23	CM	387	302	1,28
2	04/04/23	O	443	302	1,47
2	05/04/23	CM	347	302	1,15
2	05/04/23	O	460	302	1,52
2	06/04/23	CM	454	302	1,50
2	06/04/23	O	749	302	2,48
3	11/04/23	PL	690	302	2,28
3	11/04/23	O	300	302	0,99
3	12/04/23	PL	780	302	2,58
3	12/04/23	O	1540	302	5,10
3	13/04/23	PL	560	302	1,85
3	13/04/23	O	780	302	2,58

Tabla 2. Consumo según peso vivo. Nota: C = Consumo; PV = Peso vivo; CM = Colorado Moscatel; PL = Porto Largo; O = Ofer



### 9.3. Anexo 3. Análisis nutricional

Fecha	Variedad	Tiempo (h)	MS (%)	PB (%)	FAD (%)	FND (%)
28/03/2023	CM	0	6,93	4,93	18,25	21,24
28/03/2023	CM	2	8,00	41,83	15,08	17,98
28/03/2023	CM	4	7,38	49,09	14,20	17,53
28/03/2023	CM	6	7,55	42,20	15,77	17,90
28/03/2023	PL	0	6,51	7,04	17,09	23,14
28/03/2023	PL	2	7,42	49,25	14,21	16,39
28/03/2023	PL	4	6,43	50,30	14,36	15,87
28/03/2023	PL	6	6,93	46,00	14,51	16,25
29/03/2023	CM	0	6,93	5,23	17,12	24,68
29/03/2023	CM	2	8,22	48,36	15,16	17,51
29/03/2023	CM	4	8,37	46,12	16,18	18,43
29/03/2023	CM	6	7,98	50,98	15,47	17,70
29/03/2023	PL	0	6,70	6,01	19,10	23,66
29/03/2023	PL	2	7,90	47,99	15,58	19,64
29/03/2023	PL	4	8,04	44,04	15,73	18,95
29/03/2023	PL	6	7,09	45,59	16,68	17,77
30/03/2023	CM	0	7,16	4,26	18,36	25,31
30/03/2023	CM	2	7,79	46,87	14,59	17,93
30/03/2023	CM	4	7,74	46,31	17,04	18,84
30/03/2023	CM	6	7,52	40,18	18,49	19,89
30/03/2023	PL	0	6,48	6,38	18,49	23,84



Fecha	Variedad	Tiempo (h)	MS (%)	PB (%)	FAD (%)	FND (%)
30/03/2023	PL	2	7,36	45,98	15,58	18,80
30/03/2023	PL	4	6,50	43,52	17,05	20,19
30/03/2023	PL	6	7,52	39,87	17,82	19,84
03/04/2023	O	0	7,79	4,17	16,42	28,71
03/04/2023	O	2	8,32	40,64	14,53	17,17
03/04/2023	O	4	8,58	39,88	13,61	18,12
03/04/2023	O	6	8,14	38,36	14,10	16,70
04/04/2023	O	0	7,78	5,26	19,68	26,71
04/04/2023	O	2	8,25	38,44	15,00	18,14
04/04/2023	O	4	8,28	42,57	14,42	18,82
04/04/2023	O	6	8,36	41,30	15,37	19,41
05/04/2023	O	0	7,33	5,50	18,62	25,15
05/04/2023	O	2	8,63	43,00	14,52	17,51
05/04/2023	O	4	8,53	41,15	16,39	18,62
05/04/2023	O	6	8,15	41,09	16,91	18,79

Tabla 1. Registro de la composición nutricional del fermentado 1. *Nota: CM = Colorado Moscatel; PL = Porto Largo; O = Ofer*



Fecha	Variedad	Tiempo (h)	CEN (%)	MO (%)	DEMO (%)	DMS
28/03/2023	CM	0	22,79	77,21	81,06	74,69
28/03/2023	CM	2	20,26	79,74	86,01	77,15
28/03/2023	CM	4	21,61	78,39	88,74	77,84
28/03/2023	CM	6	23,12	76,88	88,66	76,62
28/03/2023	PL	0	23,58	76,42	78,63	75,58
28/03/2023	PL	2	21,31	78,69	85,08	77,83
28/03/2023	PL	4	24,18	75,82	88,37	77,71
28/03/2023	PL	6	23,13	76,87	86,14	77,59
29/03/2023	CM	0	23,80	76,20	76,13	75,56
29/03/2023	CM	2	20,87	79,13	85,90	77,09
29/03/2023	CM	4	21,49	78,51	86,33	76,30
29/03/2023	CM	6	22,76	77,24	87,67	76,85
29/03/2023	PL	0	23,13	76,87	76,45	74,02
29/03/2023	PL	2	21,58	78,42	85,11	76,76
29/03/2023	PL	4	22,10	77,90	86,73	76,65
29/03/2023	PL	6	23,80	76,20	86,65	75,91
30/03/2023	CM	0	23,71	76,29	77,66	74,60
30/03/2023	CM	2	21,59	78,41	87,49	77,53
30/03/2023	CM	4	22,06	77,94	85,99	75,63
30/03/2023	CM	6	23,86	76,14	86,61	74,49
30/03/2023	PL	0	22,72	77,28	81,42	74,49
30/03/2023	PL	2	21,36	78,64	88,01	76,76
30/03/2023	PL	4	24,74	75,26	87,55	75,62



Fecha	Variedad	Tiempo (h)	CEN (%)	MO (%)	DEMO (%)	DMS
30/03/2023	PL	6	22,94	77,06	87,80	75,02
03/04/2023	O	0	19,76	80,24	74,12	76,11
03/04/2023	O	2	19,67	80,33	85,49	77,58
03/04/2023	O	4	19,06	80,94	85,93	78,30
03/04/2023	O	6	20,42	79,58	86,67	77,92
04/04/2023	O	0	22,17	77,83	74,46	73,57
04/04/2023	O	2	20,99	79,01	84,50	77,21
04/04/2023	O	4	19,98	80,02	83,99	77,67
04/04/2023	O	6	20,23	79,77	85,39	76,92
05/04/2023	O	0	23,47	76,53	77,33	74,39
05/04/2023	O	2	21,48	78,52	86,42	77,59
05/04/2023	O	4	22,18	77,82	88,24	76,14
05/04/2023	O	6	23,89	76,11	87,45	75,72

Tabla 2. Registro de la composición nutricional del fermentado 2. *Nota: CM = Colorado Moscatel; PL = Porto Largo; O = Ofer*



Fecha	Variedad	Tiempo (h)	IMS	VRF	ENL
28/03/2023	CM	0	5,65	327,08	1771,26
28/03/2023	CM	2	6,67	399,13	1901,34
28/03/2023	CM	4	6,85	413,13	1973,09
28/03/2023	CM	6	6,70	398,12	1970,98
28/03/2023	PL	0	5,19	303,82	1707,27
28/03/2023	PL	2	7,32	441,74	1876,77
28/03/2023	PL	4	7,56	455,64	1963,23
28/03/2023	PL	6	7,38	444,18	1904,76
29/03/2023	CM	0	4,86	284,84	1641,57
29/03/2023	CM	2	6,85	409,44	1898,45
29/03/2023	CM	4	6,51	385,17	1909,75
29/03/2023	CM	6	6,78	403,80	1944,97
29/03/2023	PL	0	5,07	291,02	1649,97
29/03/2023	PL	2	6,11	363,55	1877,69
29/03/2023	PL	4	6,33	376,24	1920,13
29/03/2023	PL	6	6,75	397,44	1918,16
30/03/2023	CM	0	4,74	274,22	1681,77
30/03/2023	CM	2	6,69	402,15	1940,11
30/03/2023	CM	4	6,37	373,47	1900,82
30/03/2023	CM	6	6,03	348,31	1917,11
30/03/2023	PL	0	5,03	290,61	1780,59
30/03/2023	PL	2	6,38	379,83	1953,90
30/03/2023	PL	4	5,94	348,48	1941,81



Fecha	Variedad	Tiempo (h)	IMS	VRF	ENL
30/03/2023	PL	6	6,05	351,83	1948,38
03/04/2023	O	0	4,18	246,59	1588,74
03/04/2023	O	2	6,99	420,42	1887,68
03/04/2023	O	4	6,62	402,00	1899,24
03/04/2023	O	6	7,19	434,01	1918,69
04/04/2023	O	0	4,49	256,18	1597,68
04/04/2023	O	2	6,62	396,04	1861,53
04/04/2023	O	4	6,38	383,89	1848,26
04/04/2023	O	6	6,18	368,62	1884,92
05/04/2023	O	0	4,77	275,20	1673,23
05/04/2023	O	2	6,85	412,21	1911,99
05/04/2023	O	4	6,45	380,46	1959,95
05/04/2023	O	6	6,39	374,82	1939,19

Tabla 3. Registro de la composición nutricional del fermentado 3. *Nota: CM = Colorado Moscatel; PL = Porto Largo; O = Ofer*



Fecha	Variedad	Tiempo (h)	ENC	UFL	UFC
28/03/2023	CM	0	1843,07	1,04	1,01
28/03/2023	CM	2	2004,05	1,12	1,10
28/03/2023	CM	4	2092,82	1,16	1,15
28/03/2023	CM	6	2090,22	1,16	1,15
28/03/2023	PL	0	1763,89	1,00	0,97
28/03/2023	PL	2	1973,64	1,10	1,08
28/03/2023	PL	4	2080,63	1,15	1,14
28/03/2023	PL	6	2008,27	1,12	1,10
29/03/2023	CM	0	1682,59	0,97	0,92
29/03/2023	CM	2	2000,47	1,12	1,10
29/03/2023	CM	4	2014,45	1,12	1,11
29/03/2023	CM	6	2058,03	1,14	1,13
29/03/2023	PL	0	1692,99	0,97	0,93
29/03/2023	PL	2	1974,78	1,10	1,09
29/03/2023	PL	4	2027,30	1,13	1,11
29/03/2023	PL	6	2024,86	1,13	1,11
30/03/2023	CM	0	1732,34	0,99	0,95
30/03/2023	CM	2	2052,01	1,14	1,13
30/03/2023	CM	4	2003,39	1,12	1,10
30/03/2023	CM	6	2023,56	1,13	1,11
30/03/2023	PL	0	1854,62	1,05	1,02
30/03/2023	PL	2	2069,09	1,15	1,14
30/03/2023	PL	4	2054,13	1,14	1,13



Fecha	Variedad	Tiempo (h)	ENC	UFL	UFC
30/03/2023	PL	6	2062,26	1,15	1,13
03/04/2023	O	0	1617,22	0,93	0,89
03/04/2023	O	2	1987,13	1,11	1,09
03/04/2023	O	4	2001,44	1,12	1,10
03/04/2023	O	6	2025,51	1,13	1,11
04/04/2023	O	0	1628,28	0,94	0,89
04/04/2023	O	2	1954,78	1,10	1,07
04/04/2023	O	4	1938,35	1,09	1,07
04/04/2023	O	6	1983,72	1,11	1,09
05/04/2023	O	0	1721,77	0,98	0,95
05/04/2023	O	2	2017,22	1,12	1,11
05/04/2023	O	4	2076,56	1,15	1,14
05/04/2023	O	6	2050,87	1,14	1,13

Tabla 4. Registro de la composición nutricional del fermentado 4. *Nota: CM = Colorado Moscatel; PL = Porto Largo; O = Ofer*



#### 9.4. Anexo 4. Análisis estadístico

Tukey HSD <sup>a,b</sup>		
Variedad	N	Subset
		1
Colorado Moscatel	6	1,86
Porto Largo	6	2,27
Ofer	6	2,35
Sig.		0,81

*Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on observed means.  
The error term is Mean Square (Error) = 1,912.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.  
b. Alpha = 0,05*

Tabla 1. Análisis estadístico del consumo (g) por kilogramo de peso vivo

Tukey HSD <sup>a,b</sup>					
Descripción	N	Subset			
		1	2	3	4
Porto largo 1	3	6,56			
Porto largo 3	3	6,99	6,99		
Colorado moscatel 1	3	7,00	7,00		
Porto largo 4	3	7,17	7,17	7,17	
Porto largo 2	3	7,55	7,55	7,55	7,55
Ofer muestra 1	3		7,63	7,63	7,63



Tukey HSD <sup>a,b</sup>					
Descripción	N	Subset			
		1	2	3	4
Colorado moscatel 4	3		7,68	7,68	7,68
Colorado moscatel 3	3		7,83	7,83	7,83
Colorado moscatel 2	3		8,00	8,00	8,00
Ofer muestra 4	3			8,21	8,21
Ofer muestra 2	3				8,40
Ofer muestra 3	3				8,46
Sig.		0,07	0,06	0,06	0,14

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
 Based on observed means.  
 The error term is Mean Square (Error) = ,129.  
 a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.  
 b. Alpha = 0,05.

Tabla 2. Análisis estadístico. Materia seca (MS %)

Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Descripción	N	Subset	
		1	2
Colorado moscatel 1	3	4,80	
Ofer 1	3	4,97	
Porto largo 1	3	6,47	
Ofer 4	3		40,25
Ofer 2	3		40,69
Ofer 3	3		41,20



Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Descripción	N	Subset	
		1	2
Porto largo 4	3		43,81
Colorado moscatel 4	3		44,45
Colorado moscatel 2	3		45,68
Porto largo 3	3		45,95
Colorado moscatel 3	3		47,17
Porto largo 2	3		47,74
Sig.		1,00	0,07

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
 Based on observed means.  
 The error term is Mean Square (Error) = 7,241.  
 a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.  
 b. Alpha = 0,05.

Tabla 3. Análisis estadístico. Proteína bruta (PB %)

Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Descripción	N	Subset	
		1	2
Ofer muestra 3	3	20,41	
Ofer muestra 2	3	20,71	20,71
Colorado moscatel 2	3	20,90	20,90
Porto largo 2	3	21,41	21,41
Ofer muestra 4	3	21,51	21,51



Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Descripción	N	Subset	
		1	2
Colorado moscatel 3	3	21,71	21,71
Ofer muestra 1	3	21,80	21,80
Porto largo 1	3	23,14	23,14
Colorado moscatel 4	3	23,24	23,24
Porto largo 4	3	23,29	23,29
Colorado moscatel 1	3	23,43	23,43
Porto largo 3	3		23,672
Sig.		0,08	0,10

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
 Based on observed means.  
 The error term is Mean Square (Error) = 1,227.  
 a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.  
 b. Alpha = 0,05.

Tabla 4. Análisis estadístico. Ceniza (CEN %)

Tukey HSD <sup>a,b</sup>		
Descripción	N	Subset
		1
Ofer muestra 2	3	14,68
Ofer muestra 3	3	14,80
Colorado moscatel 2	3	14,94
Porto largo 2	3	15,12



Tukey HSD <sup>a,b</sup>		
Descripción	N	Subset
		1
Ofer muestra 4	3	15,46
Porto largo 3	3	15,71
Colorado moscatel 3	3	15,80
Porto largo 4	3	16,33
Colorado moscatel 4	3	16,57
Colorado moscatel 1	3	17,90
Porto largo 1	3	18,22
Ofer muestra 1	3	18,24
Sig.		0,06

*Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on observed means.  
The error term is Mean Square (Error) = 1,552.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.  
b. Alpha = 0,05.*

Tabla 5. Análisis estadístico. Fibra ácido detergente (FAD %)

Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Descripción	N	Subset	
		1	2
Ofer muestra 2	3	17,60	
Colorado moscatel 2	3	17,81	
Porto largo 4	3	17,95	
Colorado moscatel 3	3	18,26	



Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Descripción	N	Subset	
		1	2
Porto largo 2	3	18,27	
Ofer muestra 4	3	18,30	
Porto largo 3	3	18,33	
Colorado moscatel 4	3	18,49	
Ofer muestra 3	3	18,51	
Porto largo 1	3		23,54
Colorado moscatel 1	3		23,74
Ofer muestra 1	3		26,85
Sig.		0,99	0,20

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
 Based on observed means.  
 The error term is Mean Square (Error) = 1,961.  
 a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.  
 b. Alpha = 0,05.

Tabla 6. Análisis estadístico. Fibra neutro detergente (FND %)

Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Descripción	N	Subset	
		1	2
Ofer muestra 1	3	0,95	
Colorado moscatel 1	3	0,99	
Porto largo 1	3	1,00	
Ofer muestra 2	3		1,11



Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Descripción	N	Subset	
		1	2
Ofer muestra 3	3		1,11
Porto largo 2	3		1,11
Colorado moscatel 2	3		1,12
Ofer muestra 4	3		1,12
Porto largo 4	3		1,13
Colorado moscatel 3	3		1,13
Porto largo 3	3		1,14
Colorado moscatel 4	3		1,14
Sig.		0,28	0,86

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
 Based on observed means.  
 The error term is Mean Square (Error) = 0,001.  
 a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.  
 b. Alpha = 0,05.

Tabla 7. Análisis estadístico. Unidad forrajera de leche (UFL)

Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Descripción	N	Subset	
		1	2
Ofer muestra 1	3	0,90	
Colorado moscatel 1	3	0,96	
Porto largo 1	3	0,97	
Ofer muestra 2	3		1,09



Tukey HSD <sup>a,b</sup>			
Descripción	N	Subset	
		1	2
Ofer muestra 3	3		1,10
Porto largo 2	3		1,10
Colorado moscatel 2	3		1,10
Ofer muestra 4	3		1,10
Porto largo 4	3		1,11
Colorado moscatel 3	3		1,11
Porto largo 3	3		1,12
Colorado moscatel 4	3		1,13
Sig.		0,28	0,86

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
 Based on observed means.  
 The error term is Mean Square (Error) = 0,001.  
 a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.  
 b. Alpha = 0,05.

Tabla 8. Análisis estadístico. Unidad forrajera de carne (UFC)