



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
SECCIÓN DE INGENIERÍA AGRARIA
Grado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural

**ESTUDIO DE PALATABILIDAD DE
UN FERMENTO DE *Opuntia ficus-
indica* EN PEQUEÑOS
RUMIANTES**

Pablo Cabrera Fuentes
La Laguna, marzo 2023

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

DIRECTOR – COORDINADOR: M^a Ángeles Camacho Pérez.....
DIRECTOR: Antonio Perdomo Molina

como Director/es del alumno/a **Pablo Cabrera Fuentes** en el TFG titulado:
**ESTUDIO DE PALATABILIDAD DE UN FERMENTO DE *Opuntia ficus-indica* EN
PEQUEÑOS RUMIANTES**
nº de Ref.....

doy/damos mi/nuestra autorización para la presentación y defensa de dicho TFG, a la vez que confirmo/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 Fin de Grado de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería.

La Laguna, a...21 de febrero de 2023

Fdo Antonio Perdomo Molina

(Firma de los directores)

CAMACHO
PEREZ MARIA
DE LOS
ANGELES -
429369675

Digitally signed by
CAMACHO PEREZ
MARIA DE LOS
ANGELES -
429369675
Date: 2023.02.16
18:43:53 Z

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TRABAJO FIN DE GRADO

Página 1 de 1

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: 5234963 Código de verificación: cV/BCLxd

Firmado por: Antonio César Perdomo Molina
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 21/02/2023 21:50:05

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mis tutores, Antonio César Perdomo Molina y M^a Ángeles Camacho Pérez por haberme apoyado y guiado a lo largo de este trabajo.

Al equipo del laboratorio del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA) por haberme ofrecido sus servicios para poder llevar a cabo este proyecto.

A Salvador Betancort por confiar en este proyecto y prestarnos las instalaciones, así como los animales de estudio para su realización.

ÍNDICE

1. RESUMEN	5
2. ABSTRACT	6
3. INTRODUCCIÓN	7
4. OBJETIVO	11
5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	11
5.1 La ganadería en Canarias	12
5.2 La fermentación de Opuntia	14
5.3 La palatabilidad	15
6. MATERIAL Y MÉTODOS	17
6.1 Lugar de la experiencia y época	17
6.2 Material vegetal de estudio	18
6.3 Animales de estudio	18
6.4 Alimentación del ganado de estudio	19
6.5 Estructuración de las pruebas y tipos de fermentos elaborados	20
6.6 Materiales y metodología en la elaboración del fermento	22
6.7 Recogida y tratamiento de las muestras	26
6.8 Análisis químico de las muestras	27
6.9 Estudio estadístico	29
6.10 Costes de producción	30
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
7.1 Valor nutricional de los fermentos estudiados	31
7.2 Palatabilidad	34
7.3 Costes del fermentado	30
8. CONCLUSIONES	41
9. CONCLUSIONS	42
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
11. ANEXOS	47
11.1 Pesaje de los animales de estudio	47
11.2 Datos del pesado en las muestras	48
11.3 Datos del análisis de las muestras	49
11.4 Datos de campo prueba palatabilidad	51

1. RESUMEN

Título: Estudio de palatabilidad de un fermento de *Opuntia ficus-indica* en pequeños rumiantes.

PALABRAS CLAVE: Alimentación animal, fermentación aeróbica, valor nutricional.

Autor/es: Cabrera Fuentes P.; Perdomo Molina A.C; Camacho Pérez M.A

En el presente proyecto se realiza una valoración de la palatabilidad de un fermento de *Opuntia* como alimento para pequeños rumiantes, ovejas y cabras, previa fermentación aeróbica de la misma. Dicho proceso busca mejorar el valor nutritivo de esta planta respecto al de su estado inicial.

Se trabajó con la variedad tradicional de *Opuntia* amarilla, recolectando los cladodios más nuevos con crecimiento del último año, en periodos de 7 y 60 días antes de la prueba, para determinar si existían diferencias en la calidad del fermento y en la preferencia de este por los animales. El periodo de estudio se dividió en cuatro semanas consecutivas, la primera de adaptabilidad, la segunda con el fermento a base de cladodios 100% frescos, la tercera con una mezcla 50/50 y la cuarta con los cladodios 100% secos.

Para la elaboración del alimento de estudio se estableció una cantidad diaria de 25 kg de tunera picada, a los que se les añadieron los aditivos que posibilitan el fermentado (levadura, azúcar, sulfato amónico y urea). La elaboración del fermento requería de unas 6 horas, en las que se alternaron secuencias de media hora de encendido-apagado, por lo que el tiempo real de batido fue de 3 horas. Para conocer la aceptación del alimento, se realizó una pesada del alimento servido y otra de lo rechazado al finalizar las pruebas. Los animales de estudio fueron pesados al comienzo y al final de las pruebas para poder calcular el consumo/kg peso vivo.

Con relación a la palatabilidad del alimento, los datos obtenidos tras las pruebas de campo muestran mayor palatabilidad del fermento elaborado con cladodios (100%) secos respecto a los otros dos estudiados en ganado caprino, debido a la preferencia de este por las texturas gruesas. En ganado ovino se obtiene también una mayor aceptación del fermento elaborado con cladodios (100%) secos, sin embargo, no muestran mucha diferencia en la palatabilidad respecto a los otros fermentos elaborados.

En cuanto al valor nutritivo del alimento, los análisis de laboratorio indican que se consiguen mayores valores de proteína bruta (40%) en el fermento elaborado con

cladodios frescos, mientras que el elaborado con cladodios secos alcanza un máximo de (16%). En cuanto a los componentes fibrosos (FB, FAD, FND, LAD), no se observan diferencias de su concentración entre las diferentes mezclas.

2. ABSTRACT

Title: Palatability study of *Opuntia ficus-indica* fermentation in small ruminants.

Authors: Cabrera Fuentes P.; Perdomo Molina A.C; Camacho Pérez M.A

KEYWORDS: Animal feed, aerobic fermentation, nutritional value

This project evaluates the palatability of *Opuntia* as feed for small ruminants, sheep and goats, after aerobic fermentation. This process seeks to significantly improve the nutritional value of this plant to that of its initial state.

We worked with the traditional variety of *Opuntia* amarilla, collecting the newest cladodes with last year's growth, in periods of 7 and 60 days before the test, to see if there were differences in the quality of the ferment and its preference by the animals. The study period was divided into four consecutive weeks, the first week of adaptability, the second with the ferment based on 100% fresh cladodes, the third with a 50/50 mixture and the fourth with 100% dry cladodes.

For the preparation of the study feed, a daily amount of 25 kg of chopped prickly pear cactus was established, to which the additives that make fermentation possible (yeast, sugar, ammonium sulfate and urea) were added. The elaboration of the ferment required about 6 hours, in which half-hour on-off sequences were alternated, so that the actual churning time was 3 hours. To know the acceptance of the feed, a weighing of the feed served, and a weighing of the feed rejected at the end of the tests was carried out. The study animals were weighed at the beginning and at the end of the tests in order to calculate the consumption/kg live weight.

In relation to the palatability of the feed, the data obtained after the field tests show greater palatability of the ferment made with dry cladodes (100%) compared to the other two studied in goats, due to the latter's preference for coarse textures. In sheep, the ferment prepared with dry cladodes (100%) was also more acceptable than the ferment prepared with other ferments, however, it did not show much difference in palatability with respect to the other ferments.

As for the nutritive value of the feed, laboratory analysis indicates that higher values of crude protein (40%) are obtained in the ferment prepared with fresh cladodes, while the one prepared with dry cladodes reaches a maximum of (16%). As for the fibrous components (FB, FAD, FND, LAD), no differences in their concentration were observed between the different mixtures.

3. INTRODUCCIÓN

La *Opuntia ficus-indica*, comúnmente conocida como nopal, penca o chumbera, es una especie arbustiva de la familia de las cactáceas. Se puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 3000 m.s.n.m y en la actualidad es cultivada en América, África, Asia, Europa y Oceanía (Casas *et al.*, 2002).

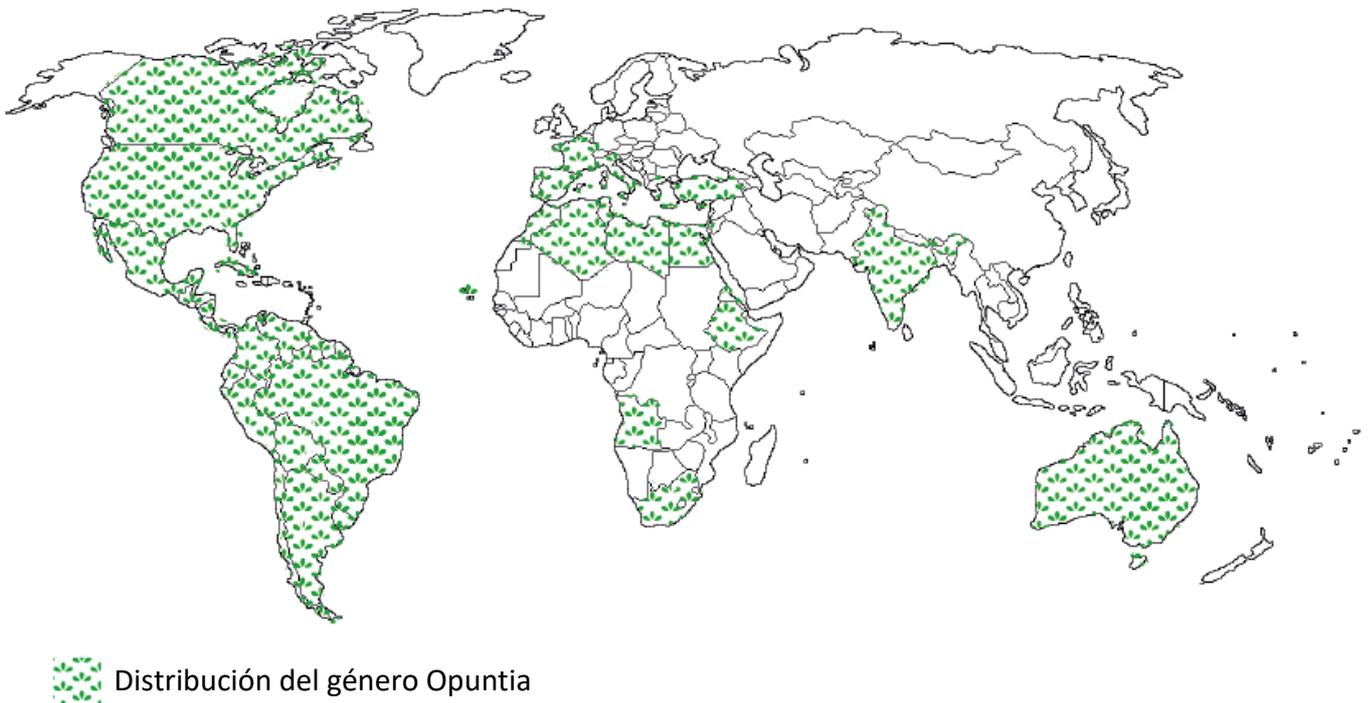


Figura 1: Distribución del género *Opuntia* en el mundo. (imagen propia)

Su interés comercial a nivel mundial residía en producir la cochinilla (*Dactilopius coccus*), un insecto que vive sobre los cladodios de algunas variedades de nopal, y del cual se extrae un colorante rico en ácido carmínico (Reyes Agüero *et al.*, 2005). El primer registro que se tiene de estas plantas se encuentra en unas crónicas de Fernández de Oviedo en 1535. Su llegada a España se cree fue en el primer viaje de regreso de Cristóbal Colón (Russel *et al.*, 1987) y estos primeros plantones fueron llevados a los Reyes Católicos como prueba de su descubrimiento (Velázquez *et al.*, 1998). Estos viajes al nuevo mundo tomaban como puertos de conexión las Islas Canarias y el sur de la Península Ibérica, por ello, estos habrían sido los primeros puntos de introducción de estas nuevas especies (Arévalo *et al.*, 2014).

Tabla 1: Clasificación botánica de *Opuntia*. Fuente: Cronquist 1981

Clasificación botánica de <i>Opuntia</i>	
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	III Caryophyllades
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Opuntioideae
Género	<i>Opuntia</i>
Especie	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Miller

Es una planta arbustiva suculenta y ramificada, cuyo porte está determinado por la variedad, pudiendo llegar a alcanzar hasta 4 metros de altura. El tallo presenta una buena ramificación y está constituido por artejos aplanados llamados cladodios cuyo color y consistencia varía con el tiempo, pasando de un color verde claro suculento en los más jóvenes, hasta un color grisáceo y consistencia leñosa en los más viejos. Las palas son tallos fotosintéticos altamente modificados, adaptados para el aprovechamiento y transformación de la energía luminosa en energía química mediante la fotosíntesis. La estructura de los cladodios está formada por una serie de tejidos recubiertos por una cutícula lipídica, solo interrumpido por las estomas a fin de poder realizar el intercambio gaseoso. Esta cutícula evita la evaporación del agua, consiguiendo que los cladodios permanezcan turgentes durante épocas de sequía (Retamal *et al.*, 1985).

Las flores se desarrollan a partir de las areolas con preferencia por los cantos de los cladodios, son hermafroditas y están protegidas por un cáliz dialisépalo constituido por sépalos de color amarillo-verdoso. La corola es dialipétala y está conformada por numerosos pétalos cuya coloración varía en función a la variedad, desde rojo intenso a amarillo palo. Presenta un ovario ínfero con tantas placentas como ramas estigmáticas presente el estilo, cada una de las cuales contiene numerosos óvulos.

El fruto es un falso fruto ovoidal, unilocular y carnoso, que posee un pericarpio coriáceo cubierto de pequeños picos. Las semillas se encuentran suspendidas de manera regular en la pulpa y están provistas de un revestimiento muy duro con el fin de resistir los ácidos gástricos de los animales y favorecer su propagación.

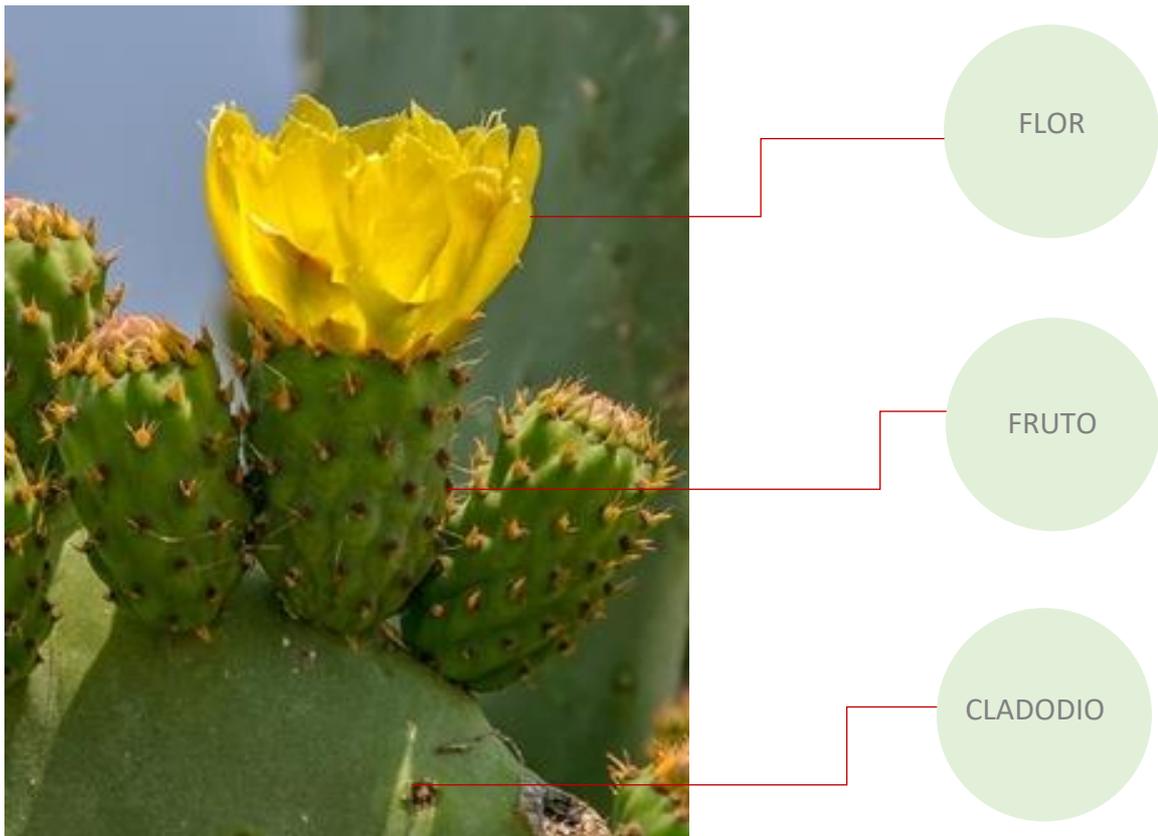


Figura 2: Flor y fruto de Opuntia. Fuente: Guía de jardinería, 2018.
<https://www.quiadejardineria.com/opuntia-humifusa-un-cactus-con-flores-bonitas-y-coloridas/>

Esta cactácea prefiere un clima templado-cálido con abundante insolación y temperaturas medias de 25-30°C. En el hemisferio Norte el límite máximo para su cultivo se establece en los 40° de latitud, debido a las bajas temperaturas, produciéndose daños en los tejidos por debajo de los 3°C. (FAO, 2018).

En cuanto a las condiciones edafológicas, a excepción de terrenos arcillosos y húmedos, la tuna se adapta bien a cualquier tipo de suelos prefiriendo aquellos pedregosos, ligeros y arenosos con un pH neutro o ligeramente alcalino.

El principal productor de tuna a nivel mundial es México, país que cuenta con una mayor superficie dedicada a este cultivo, destacando en la producción de nopales para consumo humano. Sin embargo, en lo que se refiere a tuna destinada a forraje animal, los principales productores son Brasil, Sudáfrica, México y Túnez. En cuanto a la producción de frutos, se sitúan Estados Unidos e Italia como los mayores exportadores. Hay que destacar también a Túnez y Marruecos como principales productores del aceite de semilla de tuna, que posee un gran valor económico en el mundo de la cosmética. (Olivares. T *et al.*, 2017).

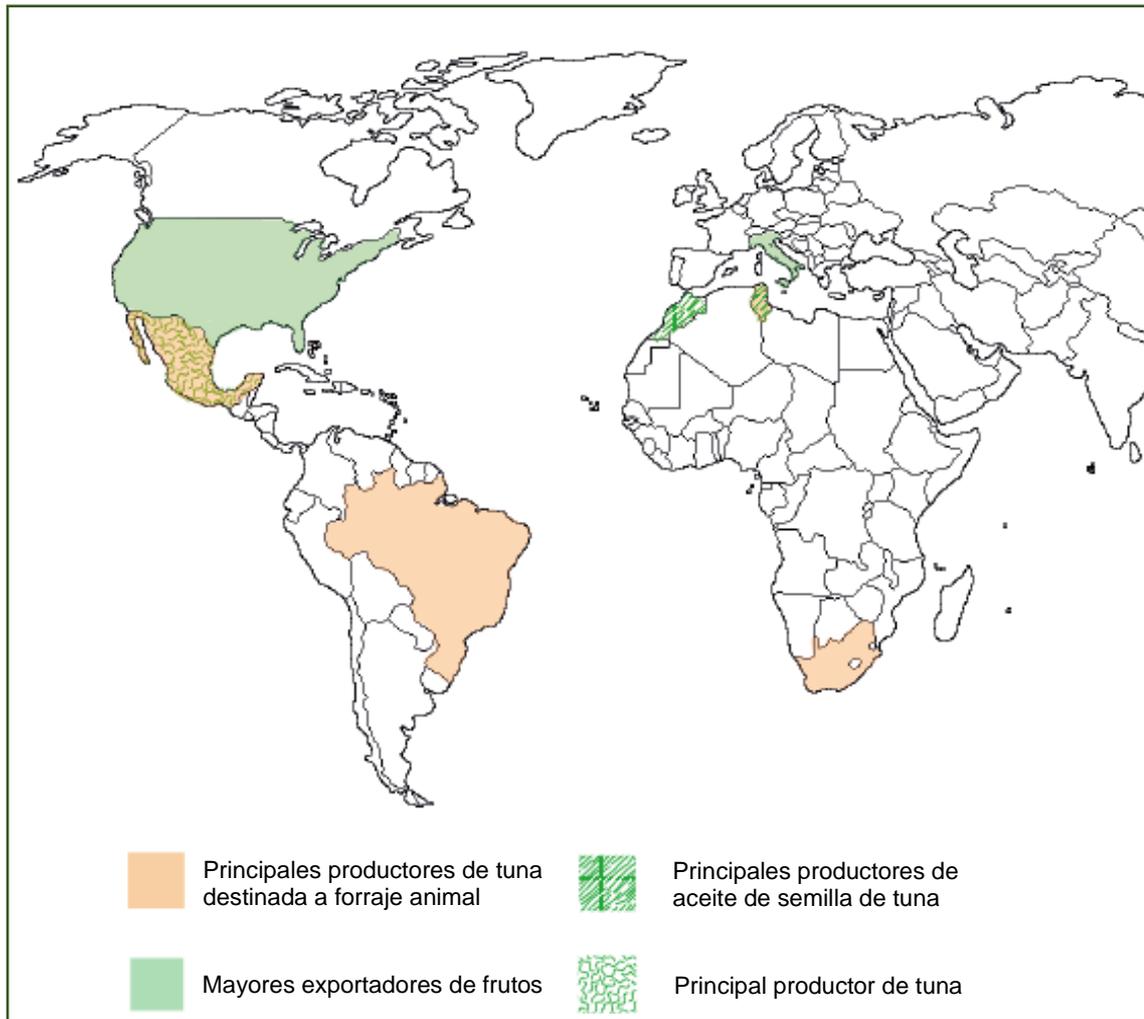


Figura 3: Mapa. Principales productores y exportadores de tuna en el mundo. Fuente: imagen propia

y es necesario complementar la dieta para garantizar que cubran sus requerimientos metabólicos. El consumo de nopal forrajero por ovinos y caprinos fluctúa entre 5- 12 kg al día (Urrutia *et al.*, 2007).

La principal causa que limita el consumo de nopal en los rumiantes es su alto contenido de agua, sin embargo, el ganado caprino y ovino presentan la ventaja de poder satisfacer sus necesidades hídricas a partir de este forraje debido a que sus excreciones contienen mayor cantidad de materia seca y a que consumen mayor cantidad de alimento en base a su peso vivo que por ejemplo el ganado bovino (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011).

4. OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es estudiar la fermentación aeróbica de la *Opuntia ficus-indica* y su palatabilidad de cara a su utilización en alimentación animal.

Este objetivo general se desarrollará a través de varios objetivos específicos.

- Conocer el valor nutritivo final de los fermentos elaborados a partir del material vegetal recolectado en diferentes momentos.
- Estudiar la palatabilidad del producto en ganado caprino y ovino.
- Aproximarnos al coste de producción del fermento elaborado.

5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La alimentación del ganado representa entre el 50 y el 80% de los costes totales de producción ganadera, lo que representa un importante desafío económico para los productores (Rodríguez. J *et al* 2019). Una de las principales razones de estos sobrecostes es la dependencia de alimentos importados, lo que hace que los precios sean muy elevados, agravándose este problema en el caso de Canarias debido a su insularidad y superficie cultivable limitada.

El uso de pastos y forrajes autóctonos puede reducir los gastos de alimentación y ser más económicos al estar adaptados a las condiciones climáticas y geográficas de cada zona, reduciendo los gastos de cultivo, como es el caso de la *Opuntia*. Por ello, una de las principales motivaciones del presente trabajo, es investigar y utilizar un nuevo forraje a base de tunera fermentada para probar su aceptación en los ganados caprino y ovino.

5.1 LA GANADERÍA EN CANARIAS

Esta actividad se remonta a la época prehistórica, siendo los ganados caprinos y ovino traídos a las islas por los primeros pobladores de origen africano. Sin embargo, no fue hasta el siglo XVIII cuando se consolida la ganadería estabulada como complemento a la intensificación de la agricultura (Santana. J. I. 2002).

Existen en las islas dos modelos productivos muy diferenciados, la ganadería intensiva y la tradicional (Barrios. C *et al* 2013):

- **Ganadería tradicional:** esta se caracteriza por un número limitado de animales, de carácter familiar y donde la alimentación se vincula a la actividad agrícola de esta y a los recursos forrajeros locales, como las pencas, complementando su dieta con algunos piensos. En este tipo de explotaciones predominan las razas autóctonas mejor adaptadas al medio productivo. La infraestructura de este tipo de ganadería suele ser precaria y no existe una mecanización por lo que las actividades se realizan de manera más artesanal.
- **Ganadería intensiva:** se diferencia de la tradicional en su carácter empresarial, con una mayor tecnificación y número de cabezas de ganado. En cuanto a las razas utilizadas, al igual que en la ganadería extensiva predomina el uso de razas autóctonas como la majorera en caprino por su alta producción lechera y a la ovina de pelo canaria por su producción de carne.

Un aspecto destacado de la ganadería canaria es su insularidad y fragmentación territorial , además del uso de razas autóctonas (Díaz. C *et al* 2015). Existen tres razas caprinas autóctonas, la majorera, la tinerfeña (norte y sur) y la palmera, que se caracterizan por su elevado rendimiento lechero, siendo el ganado con mayor número de cabezas registradas en el censo. En ovino también existen tres razas autóctonas, la palmera (en peligro de extinción) , la canaria de lana (producción lechera) y la pelibuey o de pelo (producción cárnica) , siendo estas dos últimas las más utilizadas, aunque el número de cabezas censadas es menor respecto al ganado caprino, como se indica en la tabla 2.

Tabla 2: Censo de ganado caprino y ovino en Canarias. Fuente: ISTAC Serie 2019-2021

Censo de ganado caprino y ovino en Canarias			
	2021	2020	2019
Caprino	210.238	202.887	207.026
Ovino	39.829	40.895	48.806

Canarias basa la mayor parte de la alimentación de su cabaña ganadera en materias primas importadas, por lo que es necesaria una mayor inversión por parte de las instituciones en materia del autoabastecimiento en la alimentación animal. En la última década, la producción de forraje en las islas a experimentado subidas y bajadas como se muestra en la figura 5, sin embargo, esta no es suficiente para abastecer los requerimientos en materia de alimentación animal de las islas. Al depender del mercado exterior para abastecer al sector ganadero de los insumos necesarios, se produce un encarecimiento de la producción, lo que obliga al ganadero a depender de ayudas oficiales y subvenciones que le permitan continuar con la actividad. Ayudas como las contempladas en el Programa de Desarrollo Rural de Canarias (PDR Canarias 2014-2020) y el Programa de Apoyo a las Producciones Agrarias de Canarias (POSEI).

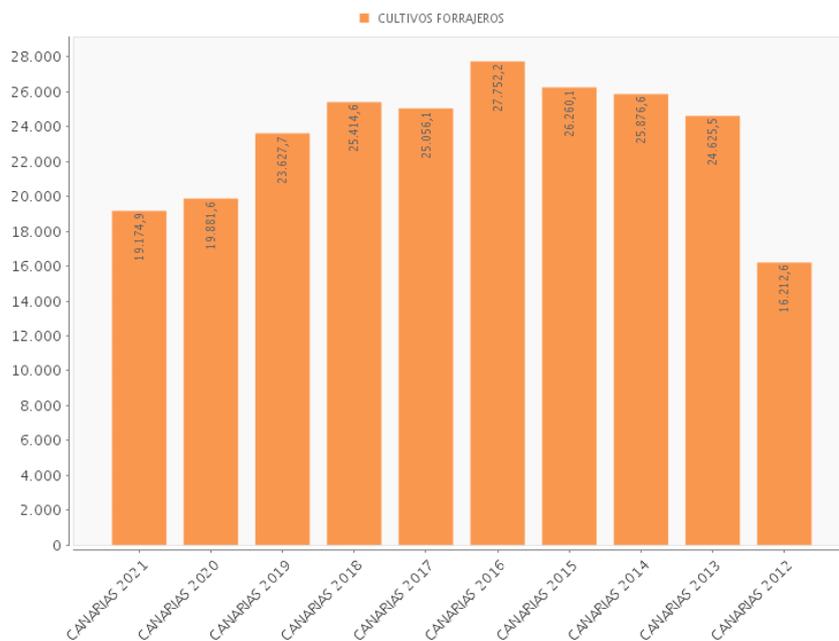


Figura 4: Evolución de las toneladas de forraje producido en Canarias. Fuente: ISTAC-Serie 2012-2021

Estos datos contrastan con el contexto mundial a nivel de producción forrajero en el que España es la segunda potencia, tanto en producción como en exportación. En la campaña 2019-2020 la producción total del sector forrajero español, de productos transformados, fue de 1,41 millones de toneladas (Fernández, J. 2020).

5.2 LA FERMENTACIÓN DE OPUNTIA

La fermentación semisólida en *Opuntia* se efectúa sobre pencas cortadas con la adición de una mezcla de minerales para aumentar el contenido de proteína (Tabosa *et al.*, 2003) y fue adaptada de la tecnología “sacarina” de la caña de azúcar en Cuba (Elías *et al.*, 1990).

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. Una de las estrategias más empleadas para tal efecto, en el caso de la fermentación del nopal, es la hidrólisis ácida en el que la levadura procesa los azúcares reductores que son directamente metabolizados para producir etanol furfural y compuestos fenólicos entre otros (Focher *et al.*, 1991).

El uso de *Opuntia* como forraje para el ganado se ha extendido en países como Brasil, Túnez, Sudáfrica, Marruecos y México entre otros, siendo este último donde se desarrolló el proceso de fermentación sólida y semisólida que permite aumentar el contenido proteico de la tuna (González-Potes *et al.*, 2011). Método que seguiremos durante las pruebas de campo del presente proyecto.

Todos estos países tienen en común que presentan zonas áridas y semiáridas en su orografía, zonas en las que la producción de forraje es limitada debido a la poca disponibilidad de agua y escasa fertilidad del suelo, por lo que los ganaderos recurren a forrajes locales, siendo la *Opuntia* una opción viable debido a su adaptabilidad a este tipo de hábitats y a los pocos cuidados que requiere este cultivo (Hernández *et al.*, 2018)

5.3 LA PALATABILIDAD

La definición de palatabilidad ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, al principio se definía como las características o condiciones de la dieta que estimulan la respuesta selectiva del animal. Posteriormente, se determinó que la palatabilidad no podía ser considerada únicamente por las cualidades del alimento, sino que en ella intervenían factores como la experiencia previa y el estado metabólico del animal (López *et al.*, 2010).

Dentro de las propiedades organolépticas del alimento **influyen** factores como el **sabor, olor, textura y temperatura**. El ganado caprino presenta preferencia ante los alimentos de sabor amargo y textura gruesa, mostrando menor palatabilidad en aquellos de sabor dulce, al contrario que el ganado ovino que prefiere sabores dulces y texturas finas (Molina-Alcaide *et al.*, 2008).

También se debe tener en cuenta la postdigestibilidad del alimento, ya que un alimento percibido inicialmente como bueno y por tanto consumido, puede ser rechazado en futuras ocasiones si la experiencia post-ingesta es negativa. Este fenómeno puede suceder de manera contraria también, en el caso de un alimento que de primeras es poco palatable, pero produce una buena experiencia post-ingesta para el animal, dando lugar a que este sea más consumido en futuras ocasiones. Las dietas ricas en carbohidratos como la melaza y el nopal mejoran la palatabilidad y la fermentación en el rumen, lo que se traduce en una mejor digestibilidad del alimento.

La digestibilidad en rumiantes puede verse afectada por la concentración de compuestos anti nutricionales como saponinas, mucílagos, taninos y oxalatos, entre otros. En el caso de los cladodios de *Opuntia*, el Ca - seguido por el K – son los minerales más abundantes, pero la disponibilidad de Ca para la microflora del rumen se ve comprometida por la alta cantidad de oxalatos que contienen, al ser insolubles, forman complejos con el Ca y Mg haciéndolos no disponibles a la microflora (González, E., & Mendoza, G. D. 2013).

Por otra parte, el mucílago que contienen las palas reduce la salivación de los rumiantes, evitando así la reducción rápida del pH del rumen. Esto permite estabilizarlo

en torno a los valores óptimos de pH (6.5-7) lo que favorece el crecimiento normal y la actividad de la microflora en el rumen (Ben Salem *et al.*, 1986).

De acuerdo con las investigaciones de Ben Salem *et al.*, (2002) las concentraciones de otros compuestos anti nutricionales, como los taninos en los cladodios de *Opuntia*, son muy bajos (1g ácido tánico equivalente kg⁻¹ MS). Los taninos tienen gran afinidad con las proteínas, evitando que estas estén disponibles para la microflora del rumen, por lo que su baja concentración en las palas de *Opuntia*, aseguran una mayor absorción de la proteína durante la digestión (Ben Salem *et al.*, 2002).

En resumen, el suministro de nopal no tiene efecto negativo en la digestibilidad de la dieta, sino que puede incluso mejorarla.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 LUGAR DE LA EXPERIENCIA Y ÉPOCA

La experiencia se realizó en una granja ubicada en el municipio de San Cristóbal de la Laguna, barrio de San Rafael (figura 6), durante el periodo que abarca del 17 de diciembre del 2021, al 8 de enero del 2022. Consta de 4 corrales lineales bajo techo y una zona cercada al aire libre con pérgolas, esta zona está dividida en dos, para separar el ganado caprino del ovino. La cabaña ganadera de esta explotación es de 60 animales productivos, 30 cabras y 30 ovejas que se trabajan en un sistema semi intensivo ya que se alternan los forrajes y concentrados con el pastoreo. Además, tiene su propia quesería, contando con una zona de ordeño y otra para la conservación de la leche y elaboración del queso.

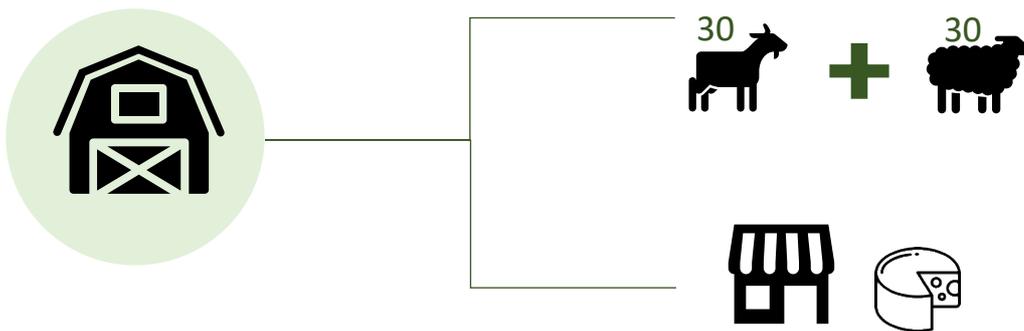


Figura 6: Explotación ganadera en que se realizó la experiencia. Fuente: GRAFCAN

6.2 MATERIAL VEGETAL DE ESTUDIO

Se trabajó con tunera (*Opuntia ficus-indica*), que se obtuvo de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería Agraria, concretamente de la parcela “la Tahonilla Alta”. Esta se diferencia de otras especies presentes en sus cladodios ovalados con cuello estrecho. En ambas cosechas, solo se recolectaron los cladodios más jóvenes de cada planta, situados en el último y penúltimo nivel de esta.

Para poder llevar a cabo una comparativa entre la palatabilidad de cladodios frescos, frente a pencas secas, la recolección se inició un mes antes de comenzar la experiencia con la tuna seca, el 25 de noviembre de 2021. La otra tanda se recolectó una semana antes de comenzar las pruebas con tuna fresca, un mes después de la primera cosecha, el día 22 de diciembre del 2021.

6.3 ANIMALES DE ESTUDIO

Para la obtención de datos fiables con poca variabilidad, se tuvo en cuenta que todos los animales estudiados estuvieran en un mismo estado productivo y, por lo tanto, que presentaran las mismas necesidades nutricionales (figur 7 y 8).



Figuras 7 y 8: Lote de ganado caprino (arriba) y ovino (abajo). Fuente: imagen propia.

Al tratarse de una explotación destinada a la producción lechera, se decidió trabajar con animales en su etapa de secado para evitar fluctuaciones en la producción debido al cambio de alimentación y las consecuencias económicas negativas que esto supondría para el ganadero. Se trabajó con dos grupos de animales, uno de ganado caprino y otro de ovino, los cuales fueron pesados al comienzo y al final de las pruebas, mediante el uso de una báscula colgante, con la finalidad de obtener el peso total del lote para el cálculo del consumo por kg de peso vivo (tabla 3, anejo 8.1)

El lote de ganado caprino estaba conformado por 6 cabras de raza tinerfeña, también con edades comprendidas entre 1 y 1,5 años, con un peso medio de 31 kg y el lote de ovino, por 8 ovejas de lana canaria de aproximadamente 2 años y un peso medio de 41 kg.

6.4 ALIMENTACIÓN DEL GANADO DE ESTUDIO

Como se mencionó con anterioridad, se trata de una explotación semi intensiva en la que se aplica una alimentación a base de concentrados, grano y forraje, con unas 4 horas de pastoreo diario. La ración se basa en un concentrado a base de millo y pellets de alfalfa en una proporción de 1:5, con una dosificación de 600 g/día para ovejas y 1060 g/día para cabras, mientras que el forraje se basa en pacas de heno de sorgo, unos 50g/día por animal. (tabla 4).

Tabla 4: Ración alimentaria del ganado estudiado. Fuente: Propietario.

GANADO	TIPO DE ALIMENTO	DOSIFICACIÓN
CAPRINO	Concentrado (millo/pellet) 1:5	1060 g / día
	Forraje (heno)	50g / día
	Pastoreo	4h / día
OVINO	Concentrado (millo/pellet) 1:5	600g / día
	Forraje (heno)	50g / día
	Pastoreo	4h /día

6.5 ESTRUCTURACIÓN DE LAS PRUEBAS Y TIPOS DE FERMENTOS ELABORADOS

Para diferenciar los distintos tipos de fermentos elaborados, se propuso una nomenclatura en la que la primera letra hace referencia al tipo de cladodios utilizados (F: fresca, S: seca) seguido de un número que hace referencia al porcentaje usado de cada una de estas. Así para el fermento elaborado solo con tuna fresca, el código usado fue F100, para el de tuna seca S100 y para el mixto F50+S50. Como nos interesa conocer el valor nutricional del picadillo sin fermentar o testigo, añadimos a la nomenclatura la letra A cuando se trata de una muestra de picadillo sin fermentar y la letra B cuando se trata de fermento elaborado.

Como el ganado no estaba acostumbrado a la tunera, y muchos menos a un fermento a base de esta, fue necesario partir de una semana de adaptación en la que se siguieron varias estrategias para ir introduciendo este nuevo alimento en su dieta.

La semana de adaptabilidad se desarrolló del día 17 al 23 de diciembre del 2021. Primero, para inducir un comportamiento de imitación, se introdujeron animales adultos junto con los de estudio ya que estas si habían comido tunera con anterioridad. También se observó competencia por el alimento, por lo que se decidió dividir en cuatro recipientes el fermento evitando así este problema. Por último, se decidió cambiar cada dos días el tipo de fermento para observar su comportamiento y adaptarlas a las pruebas siguientes. Los dos primeros días se sirvió fermento a base de tuneras fresca, los otros dos con una mezcla 50/50 de fresca-seca y el último día un picadillo de tunera fresca sin fermentar.

La primera semana real de estudio, comprendió desde el 24 al 30 de diciembre del 2021, y se realizó con un fermento a base de 100% tunera fresca, con una semana de corte.

La segunda semana, comprendió desde el 2 al 8 de enero del 2022, y se trabajó con un fermento con una composición mixta al 50% de tunera fresca con una semana de corte y 50% de tunera seca con más de un mes de corte.

La tercera y última semana de estudio, comprendida desde el 9 al 15 de enero del 2022, fue en la que se elaboró el fermento con 100% tuna seca con más de un mes de corte (tabla 5).

Tabla 5: Cronograma de las pruebas de campo. Fuente: datos propios.

Nº SEMANA	1	2	3	4
FECHA INICIO	17/12/2021	24/12/2021	02/01/2022	09/01/2022
FECHA FINAL	23/12/2021	30/12/2021	08/01/2022	15/01/2022
TIPO DE ENSAYO	Adaptabilidad	Fermentado con palas frescas	Fermentado con palas al 50% frescas/secas	Fermentado con palas secas
FORRAJE	F100 F50S50 Picadillo	F100	F50S50	S100

6.6 MATERIALES Y METODOLOGÍA EN LA ELABORACIÓN DEL FERMENTO

Para la elaboración del fermentado de tunera, seguimos la metodología expuesta en el trabajo de investigación, (Flores, A. et al., (2019). "Fermentación del nopal (*Opuntia spp.*) para su uso como complemento proteico animal". Universidad Autónoma Chapingo, México.

Este nos indica los porcentajes de aditivos a añadir en proporción al picadillo de pencas: Urea (1%), melaza (0,2%), sulfato amónico (0,1%) y levadura (0.02%). Debido a la capacidad del bombo de mezclado, se limitó la producción diaria de picadillo a 25 kg, que siguiendo las proporciones anteriormente mencionadas se nos queda en 250g de urea, 25g de sulfato amónico, 50g de azúcar y 5g de levadura de la cepa *Saccharomyces cerevisiae*.

Para facilitar la realización de las pruebas, se elaboraron bolsas con la mezcla de los aditivos a excepción de la levadura, que se añade en el momento de la prueba para evitar su degradación, activándola con 50 ml de agua mineral.

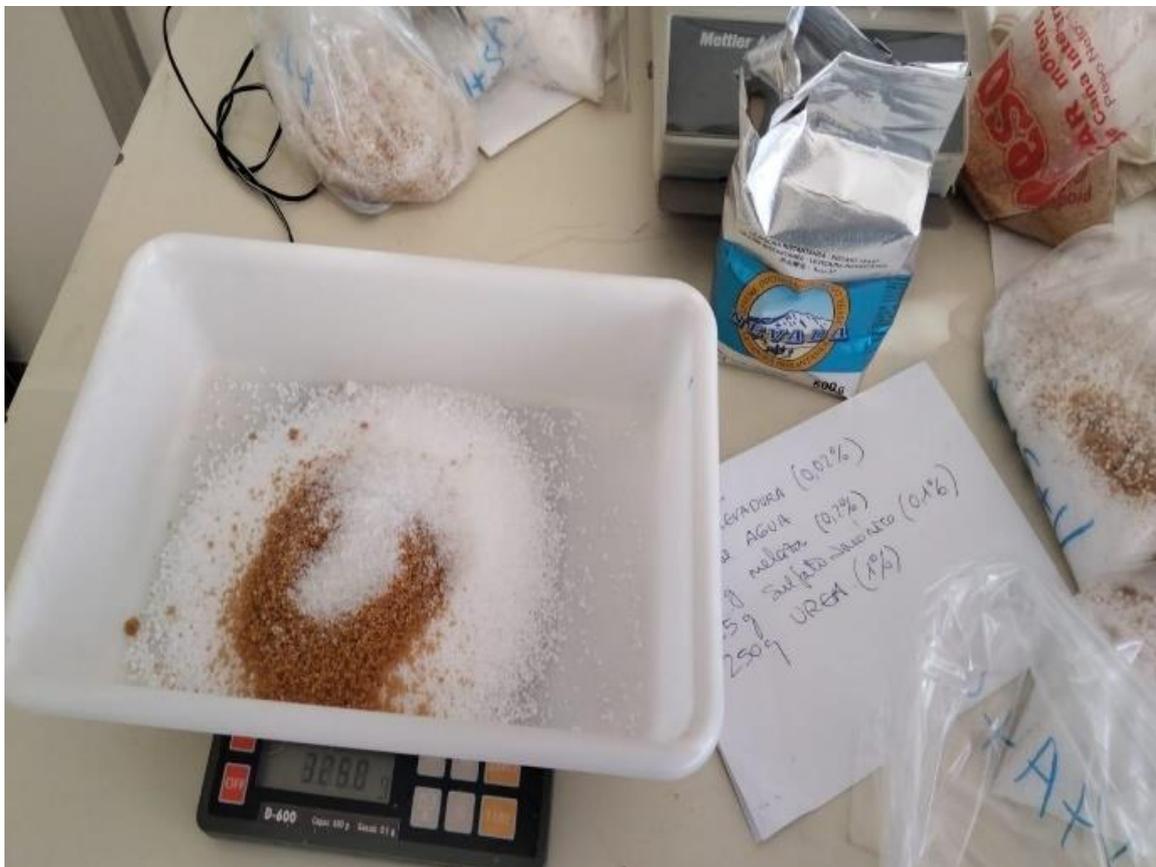


Figura 9: pesado, mezcla y embolsado de los aditivos. Fuente: imagen propia

Los pasos seguidos durante las pruebas son: 1. Triturado de las pencas, 2. Pesado y toma de muestra del picadillo, 3. Adición de los aditivos, 4. Fermentado en la mezcladora, 5. Pesaje y toma de muestras del fermento, 6. Servido a los animales, 7. Pesaje de los residuos.

- 1. Triturado de las pencas:** Para la elaboración del alimento de estudio, es necesario el picado de los cladodios hasta conseguir una textura fina que facilite la mezcla de los aditivos y una buena fermentación del producto. El diámetro máximo de picado de nuestra trituradora era de 35 mm por ello, fue necesario cortar en tiras las pencas con una hoz antes de pasarlas por la máquina (figura 10). La picadora utilizada fue una STERKINS-1810 de 1600W de potencia(figura 11),



Figura 10 (Izquierda): picado manual de las pencas antes de pasarlas por la trituradora. Fuente: imagen propia / Figura 11 (Derecha): picadora utilizada en el proceso, marca Sterkins, modelo 1810, potencia 1600 W, voltaje 230/240 V. Fuente: imagen propia

- 2. Pesado y toma de muestras del picadillo:** Se pesan los 25 kg de picadillo y se extrae una muestra de 10 g aproximadamente para tener un valor de referencia (testigo). Todos los pesajes en las pruebas se realizaron con una pesa digital de la marca LINEAEFEE (figura 12).



Figura 12: pesa digital de mano utilizada en el estudio, marca LINEAEFEE 25 Kg. Fuente: imagen propia.

- 3. Adición de los aditivos:** El picadillo de pencas se pasa al bombo y se añade la bolsa de aditivos anteriormente mencionados junto con la levadura activada.
- 4. Fermentado en la mezcladora:** Utilizaremos como mezcladora, una hormigonera de la marca ALKO KOBER, modelo AL-KO TOP 1401 de unos 400 W de potencia, 220V de voltaje y un amperaje de 1,9 A (figura 13).



Figura 13: hormigonera utilizada en el ensayo, marca ALKO KOBER, modelo AL-KO TOP 1401, potencia 400 W, voltaje 220V, amperaje 1,9A. Fuente: imagen propia

El tiempo que pasa el picadillo fermentando, es de 6 horas, siguiendo unas fases de encendido-apagado de una media hora. Por tanto, el tiempo real de mezclado es de 3 horas. La programación de estos intervalos se llevó a cabo con el temporizador de la marca EXTRASTART que tenía un sistema de pestañas, con un amperaje de 16 A y un voltaje de tolerancia de 240V (figura 14).



Figura 14: temporizador utilizado en la prueba, marca EXTRASTART, enchufe de 16A, voltaje 240V.

Fuente: fabricante.

5. **Pesaje y toma de muestras del fermento:** Se saca una muestra del fermento elaborado para su análisis y se divide el alimento en partes iguales de 12,5 kg.
6. **Servido a los animales:** El tiempo del que disponían los animales para la prueba era de media hora, este, estaba limitado por el espacio en el que se realizaba, así como por el tiempo de ordeño de cada tipo de ganado, ya que era el único momento del día en que el lote de animales secos se separaba del resto.
7. **Pesaje de los residuos:** Una vez finalizado el tiempo de prueba, se retiran los excedentes y se pesan para obtener el consumo.

6.7 RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

En cada lote productivo se realizan dos tomas de muestras, una antes de añadir los aditivos para tener un valor de referencia del picadillo sin fermentar y otra una vez fermentado el producto. Al tratarse de un producto fermentado, las muestras son llevadas directamente al congelador para evitar su degradación.

Para poder ser analizadas, las muestras deben secarse previamente, proceso que comenzó el 3/3/2022 sacando las muestras del congelador, para facilitar su pesado en fresco y su secado en la estufa ubicada en la Sección de Ingeniería Agraria (figura 15).

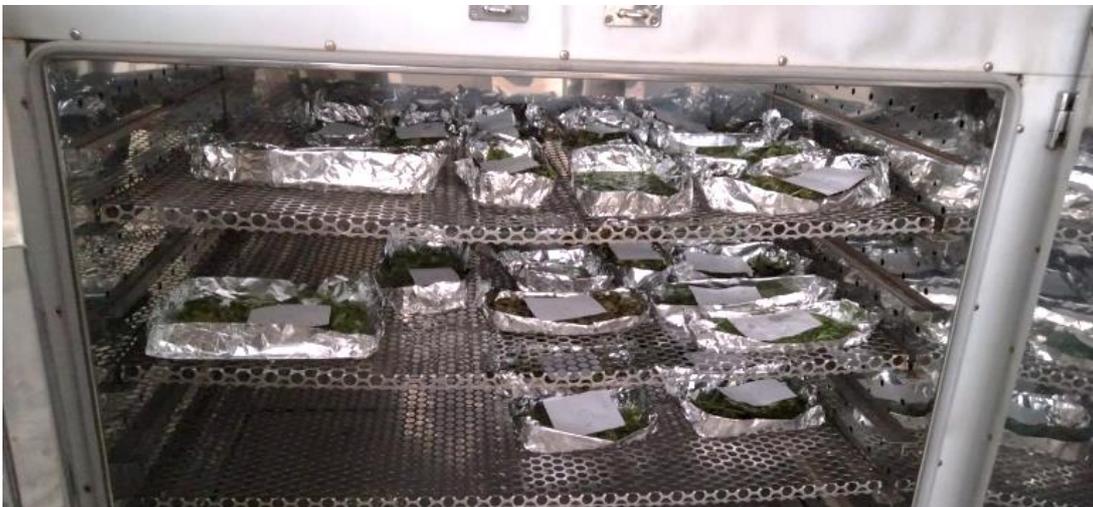


Figura 15: muestras secándose en estufa de aire forzado. Fuente: imagen propia

Se introdujeron el 4/3/2022 a una temperatura de 60°C durante una semana. Para saber si las muestras estaban totalmente secas, los últimos días de secado se realiza una prueba de peso constante (Anejo 8.2 ,tabla 6).

Una vez pesadas las muestras tanto frescas como en seco, por diferencia de peso se obtuvieron los porcentajes de humedad y de materia seca, datos que quedan recogidos en la tabla 7 anejo 8.2 Una vez secadas las muestras, se enviaron al laboratorio del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA) para su análisis.

6.8 ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS

Los datos de las analíticas obtenidos por el ICIA quedan recogidos en el Anejo 8.3, tabla 8. En cuanto a las variables estudiadas se encuentran: %agua, % Materia Seca (%M. S), % Proteína Bruta (%P. B), %Materia Orgánica (%M. O), %componentes fibrosos (Fibra Bruta FB, Fibra Ácido Detergente FAD, Fibra Neutro Detergente FND, Lignina ácido Detergente LAD) y el valor relativo forrajero (VRF). Los resultados de FAD se obtuvieron de una estimación de la digestibilidad de la MS, según la fórmula de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA).

VARIABLES ESTUDIADAS

-
- **% AGUA:** se obtuvo de la diferencia obtenida al pesar las muestras frescas frente a las mismas tras ser secadas en una estufa de aire forzado a 60°C durante 7 días.
-
- **%MATERIA SECA:** para la determinación del contenido de materia seca se aplicó el análisis de Weende, por el que se calcula la humedad de la muestra (2 g), presecada en estufa de aire forzado a 60°C, como la pérdida de peso de esta después de ser calentada a 105°C (A.O.A.C) durante 4 horas, expresándose en % sobre el alimento natural, el complemento a 100% se denomina materia seca.
-
- **%MATERIA ORGÁNICA:** el contenido en materia orgánica se determinó a partir del residuo de una muestra (2 g) después de su combustión a 550° C durante tres horas, en horno de mufla (Carbolite), expresadas en % sobre materia seca, siendo el complemento a 100% lo que se denomina materia orgánica.

▪ **%PROTEÍNA BRUTA:**

el contenido en proteína bruta se calculó a partir de la proporción de nitrógeno total de las muestras, aplicándole el factor multiplicador 6,25. Para determinar el contenido de nitrógeno total se utilizó una digestión tipo Kjeldahl, en Digestor Tecator (Digestión System 20, 1015 Digestor) con la subsiguiente destilación (Destilador Raypa) y valoración. El nitrógeno total se determina por el método Kjeldahl, en el que el nitrógeno orgánico se mineraliza con ácido sulfúrico y el nitrógeno amoniacal formado (sulfato amónico) se desplaza con sosa, determinándose volumétricamente.

▪ **COMPONENTES FIBROSOS:**

tanto la fibra bruta, como las fracciones de la fibra detergente, (contenido en paredes celulares) y la lignina ácido detergente, (contenido en lignina) se determinaron según los métodos de Goering y Van Soest (1970) y Van Soest y col. (1991) mediante equipo especializado en la determinación de fibra, Fibertec-System M de Foss Tecator.

A partir de estos resultados, calculamos el valor relativo forrajero (VRF):

▪ **VALOR RELATIVO FORRAJERO:**

este se obtuvo a través del índice de valoración de calidad del forraje, el cual tiene en cuenta para su cálculo los componentes fibrosos (FND y FAD), que determinan la ingestión real de materia seca y la digestibilidad de esta, respectivamente.

- $VRF = (IMS \times DMS) / 1.29$
- $IMS = 120 / FND (\%)$
- $DMS = 88,9 - (0,779 \times FAD)$

Este valor permite la clasificación de los forrajes en 6 calidades: Excelente >151, Primera 125-151, Segunda 103-124, Tercera 87-102, Cuarta 75-86, Quinta < 75.

6.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó el análisis estadístico de los resultados de palatabilidad. Para saber si nos encontramos ante un modelo lineal se debe confirmar que existe linealidad, normalidad y homocedasticidad. Es importante comprobar estos supuestos ya que, si no se cumplen, se pueden obtener resultados erróneos al utilizar el modelo para hacer predicciones o tomar decisiones. Para comprobar la **linealidad**, se grafica la variable dependiente en función de cada variable independiente por separado, y si la relación entre ellas se ve aproximadamente lineal, se cumple este supuesto. Para la **normalidad**, se realizará la prueba de Shapiro-Wilk y para la **homocedasticidad** la prueba estadística de Breusch-Pagan.

Una vez confirmados los supuestos, a partir de los datos recogidos en el Anejo 8.4, tabla 9 aplicamos un modelo lineal general para determinar la relación entre dos variables explicativas (especie-i y tratamiento-j), y una variable de respuesta (consumo kg.p.v – Y), mientras se tienen en cuenta los efectos de la interacción entre las dos variables explicativas y el error aleatorio asociado con cada observación. La función se puede desglosar de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{especie } i + \text{prod } j + \text{especie } i : \text{prod } j + e_{ijk}$$

- **Y_{ijk}** es la variable de respuesta observada para la i-ésima unidad experimental en el j-ésimo nivel del factor tratamiento.
- **μ** es el valor medio esperado de Y cuando sus interacciones son igual a cero
- **especie-i** (ovino, caprino) es el efecto de la i-ésima especie en la variable respuesta Y
- **producto-j** (F100, F50S50, S100) es el efecto del j-enésimo nivel del tratamiento en la variable respuesta Y
- **e_{ij}** es el error aleatorio asociado con la i-ésima unidad experimental en el j-ésimo nivel de tratamiento.

6.10 COSTES DE PRODUCCIÓN

Para la estimación de los costos de producción, se han tenido en cuenta aquellas labores que requieran mano de obra, así como el tiempo de cada actividad y el precio de los materiales e insumos utilizados para la elaboración de un kilo de fermento. Como la *Opuntia* es una planta asilvestrada y que no lleva mantenimientos, el coste de la materia prima se estimará 0€.

Para estimar los costes de mano de obra que supondrían para una ganadería con un peón agrícola, con un salario determinado por el Real Decreto 152/2022 , 22 de febrero , por el que se fija el salario mínimo interprofesional que es de 35€/día, cobrando unos 48€/día o lo que es lo mismo 6€/h.

Para calcular el coste que nos suponen el consumo eléctrico de la maquinaria utilizada (picadora y concretera), tenemos en cuenta la potencia de estas, el tiempo de uso y el precio del KW/h en la época de estudio. En enero de 2021, cuando se realizaron estas pruebas, el coste del KWh estaba a 0,6€. En cuanto a los aditivos añadidos al fermento, debemos tener en cuenta tanto su precio como las cantidades usadas en cada lote de producción de 25kg para poder obtener el coste/kg.

En cuanto al propio coste de la maquinaria , al tratarse herramientas polivalentes, es decir, que puede ser utilizada para otros fines como es el caso de la hormigonera, su amortización puede llegar a ser más rápida. La picadora STERKINS-1810, tiene un precio aproximado de 400€ y la hormigonera AL-KO TOP 1401 cuesta unos 600€. Estos precios están estimados de maquinarias con las mismas especificaciones debido a la falta de información y a que son modelos antiguos.

Para el cálculo de la amortización de la maquinaria, seguiremos el método de la amortización lineal, que supone que el valor de la máquina disminuye linealmente con el paso de los años o de las horas de uso. Tendremos en cuenta tanto el valor de adquisición inicial como la vida útil de la maquinaria.

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez explicadas las pautas que seguiremos para realizar los cálculos nos centraremos en tres bloques, el valor nutricional de nuestro alimento, la palatabilidad de este y el coste productivo.

7.1 VALOR NUTRICIONAL DE LOS DIFERENTES TIPOS DE FERMENTO

En primera instancia, a partir de los datos aportados por el ICIA calculamos el valor relativo forrajero de los diferentes fermentos siguiendo los datos que se recogen en la tabla 8 del anejo 8.3. Todos se sitúan por encima del índice >151 que determina un **forraje de calidad excelente**, siendo el fermento F100 con un índice de 417 el mejor forraje de los estudiados.

En cuanto al resto de parámetros analizados, destaca la diferencia en el valor nutricional de los tratamientos, antes y después de la fermentación (Anejo 8.3, tablas 9, 10 y 11). Esta se aprecia en **el aumento de proteína cruda por efecto de la fermentación, de tres a cinco veces superior al contenido existente en la muestra testigo (tunera sin fermentar)**, siendo el F100 el tratamiento que más proteína cruda contiene con un **35.67%**, seguido de la F50+S50 con **23,16%** y la S100 con un **14.02%** (figura 16).

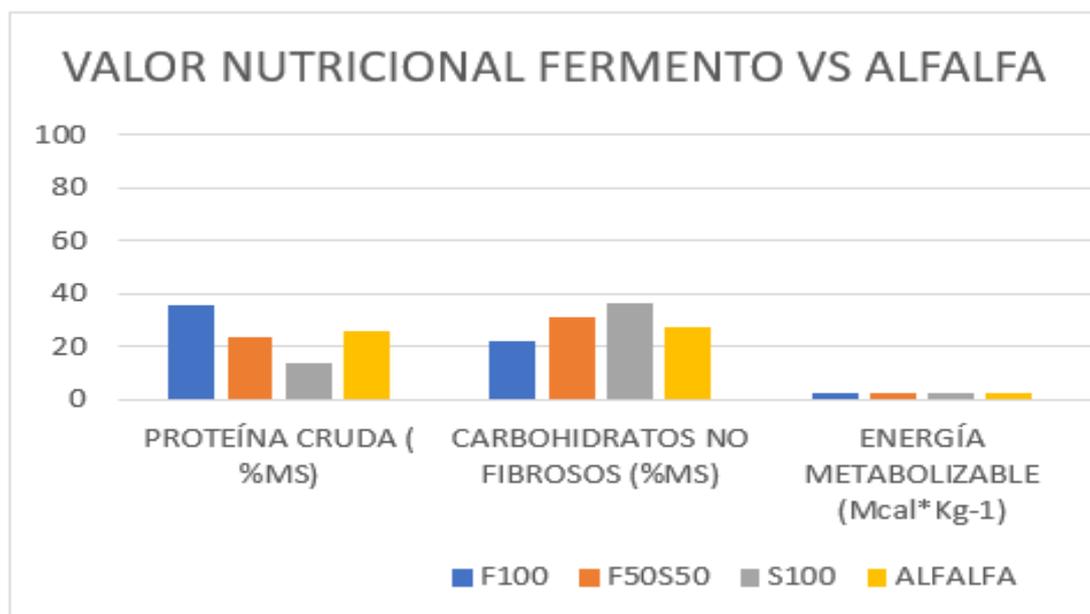


Figura 16: datos valor nutricional de los fermentos elaborados vs alfalfa con relación al %MS. Fuente: datos analítica ICIA

En cuanto a la **energía metabolizable**, aunque la diferencia numérica entre el antes y el después sea mínima y decrezca, sigue indicando el valor forrajero del fermento de tunera, obteniéndose en todas las pruebas **valores superiores a los de la alfalfa** de (2.64 Mcal·kg), según datos reportados por Felker (2003).

En cuanto a la **materia seca, el nopal antes y después del proceso de fermentación no presentó diferencia**, lo que resulta deseable ya que la proteína cruda y los carbohidratos no fibrosos se expresan con relación a esta.

La diferencia entre pruebas puede verse debido al contenido de agua que presentaban los cladodios en el momento de su utilización, ya que la **fermentación se desarrolla mejor en un sustrato líquido**. Por el contrario, se encontró una disminución en el contenido de carbohidratos no fibrosos (azúcares y almidón) en las fracciones de tunera fermentada con respecto a la que no fueron sometidas a dicho proceso, lo que se atribuye al consumo de estos carbohidratos por el crecimiento de la población de levadura. Esta relación entre la producción de proteína cruda y los carbohidratos no fibrosos queda representada en las figuras 16,17 y 18.

El producto elaborado **100% con pencas frescas**, presentó una textura más líquida a la hora de realizar las pruebas debido a la gran cantidad de agua almacenada en los cladodios. La **cantidad de carbohidratos no fibrosos presente en las pencas**

frescas es menor que en el resto de las pruebas (40,52%), y tras la fermentación se queda en un (21,76%) lo que nos indica que la mitad de estos han sido utilizados por la levadura para su transformación en proteína. El valor de proteína que contienen las pencas antes de la prueba es del (11,58%) y tras esta del (35,67%), lo que nos indica que **se triplica la concentración de proteína**.

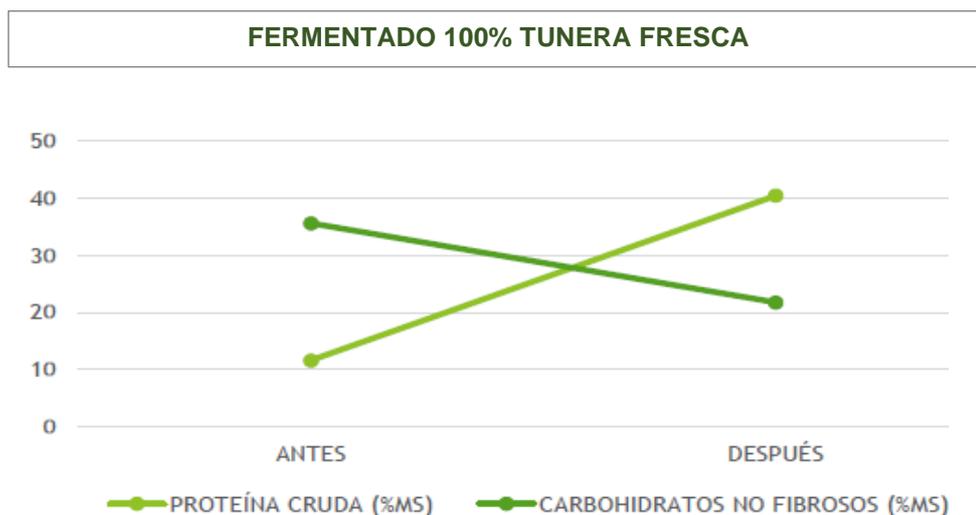


Figura 16: relación proteína cruda-carbohidratos no fibrosos en F100. Fuente: datos propios

En cuanto al producto elaborado **100% con pencas secas**, se observó durante su elaboración problemas de apelmazamiento en el bombo de la concretera y una **textura muy gruesa debido a la poca humedad de la mezcla**. Por este motivo, la **fermentación no se produjo de manera efectiva** y por ende se obtuvieron los **valores de proteína más bajos** de todas las pruebas realizadas. La cantidad de carbohidratos no fibrosos presentes en las pencas antes de las pruebas era del (44%) y tras estas tan solo se redujo al (36,56%) y en el caso de la proteína cruda paso del (4%) en los clados antes de fermentar al (14%) tras dicho proceso.

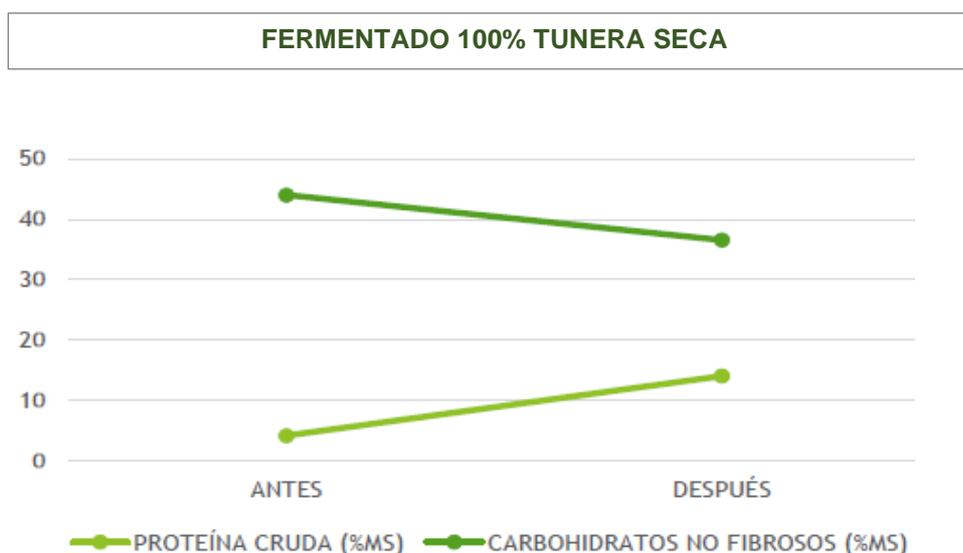


Figura 17: relación proteína cruda-carbohidratos no fibrosos en S100. Fuente: datos propios

En el producto elaborado a partir de pencas **frescas y secas al 50 %**, se observó una textura media con una buena cantidad de humedad en la mezcla. La cantidad de carbohidratos no fibrosos presentes en la mezcla era del (46,16%) que tras el proceso de fermentación se queda en un (30,75%). En cuanto a la proteína, pasó de un (5,14%) en la mezcla al (23,16%) tras la fermentación, lo que significa que **se cuadruplica la proporción de proteína, siendo el preparado en que más aumenta en proporción al contenido de carbohidratos no fibrosos.**

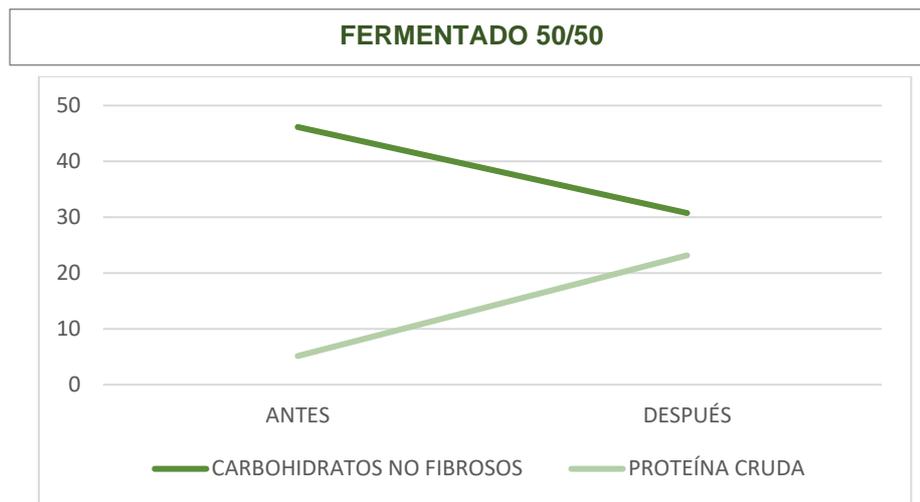


Figura 18: relación proteína cruda-carbohidratos no fibrosos en F50+S50. Fuente: datos propios

7.2 MODELO ESTADÍSTICO

Fijandonos en los datos de campo recogidos en el Anejo 8.4, tabla 12, extraemos el consumo por kg.p. v de cada prueba, en las tablas 13,14 y 15, recogidas en el mismo anexo. A partir de estas podemos extraer una hipótesis de cuál es el fermento más palatable para cada tipo de ganado, sin tener en cuenta si existe o no correlación entre nuestra variable dependiente y las independientes. Los resultados quedan reflejados en la figura 19, donde se observa que el **ganado caprino tiene preferencia por el fermento S100** por encima de los otros dos estudiados y que el producto F100 es el menos palatable. En el caso del **ganado ovino**, es también el fermentado **S100 el más palatable, seguido del F50S50.**

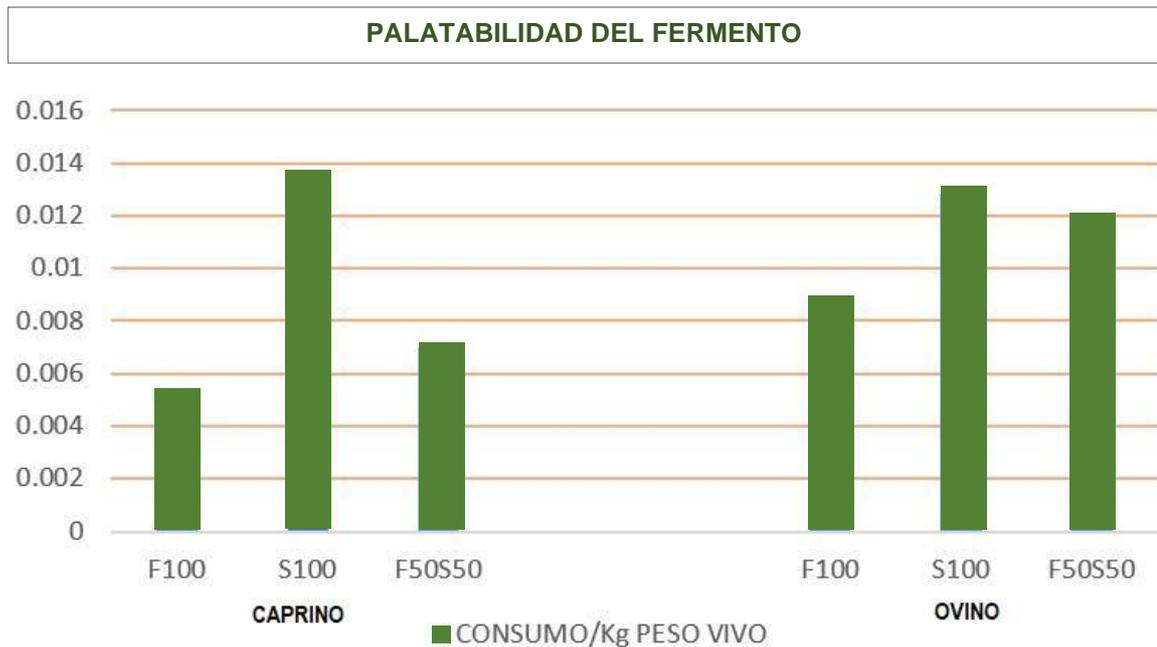


Figura 19: histograma de los datos de palatabilidad en cada uno de los fermentos estudiados y para cada tipo de ganado. Fuente: datos propios extraídos de las tablas 11,12 y 13

Para poder aplicar el modelo lineal general, primero debemos comprobar que se cumplen los supuestos anteriormente mencionados de linealidad, normalidad y homocedasticidad.

- **LINEALIDAD:** para comprobar este supuesto, graficamos la variable dependiente (consumo kg.p. v) en función de cada variable independiente (producto y especie) por separado, y si la relación entre ellas se ve aproximadamente lineal, se cumple este supuesto. Como se puede observar en la (figura 20), todas las gráficas presentan una distribución lineal por lo que se **cumple linealidad.**

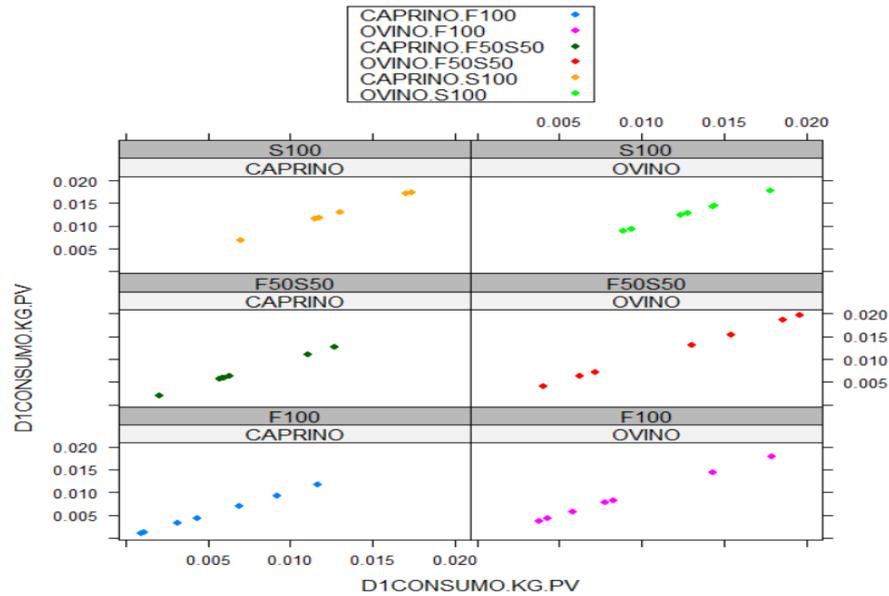


Figura 20: grafica de variable dependiente en función de las independientes. Fuente: Software R

- **NORMALIDAD:** para comprobar la normalidad, utilizaremos la prueba estadística de Shapiro-Wilk. Esta se basa en la propuesta de dos hipótesis, cuando se cumple $p > \alpha = H_0$ cuando hay distribución normal y si se cumple $p < \alpha = H_1$ cuando no la hay. Para saber en que supuesto nos encontramos solo debemos tener en cuenta el valor de p de nuestra variable dependiente (consumo kg.p.v) y el valor de significancia α . Como nuestra $p = 0.1496 > 0.05 = \alpha$ podemos decir que nos encontramos dentro de la hipótesis H_0 y que por tanto **se cumple la normalidad**.
- **HOMOCEASTICIDAD:** para comprobar este supuesto, usaremos la prueba estadística Breusch-Pagan, que se utiliza para evaluar si la varianza de los errores de la regresión es constante o no. Una vez metidos los datos en R studio obtenemos que, el valor de BP es 0.095 y el p-valor es 0.7575, lo que indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de homocedasticidad, es decir, se puede asumir que la **varianza de los errores es constante**

Para ajustar el modelo lineal general, vamos a hacer uso del software de código abierto R. Una vez introducida la fórmula citada en el apartado y los datos de campo recogidos en Anejo 8.4, el programa nos genera tabla 16:

Tabla 16: tabla de significancia estadística de los coeficientes. Fuente: Soft ware R

TABLA DE REGRESIÓN				
	Estimación	Error	t	Pr(> t)
ESPECIE [OVINO]	0,0035	0,0024	1,471	0,1499
PRODUCTO [F50S50]	0,0017	0,0024	0,738	0,4654
PRODUCTO [S100]	0,0082	0,0024	3,431	0,0015 **
ESPECIE [OVINO]:PRODUCTO[T.50S50]	0,0013	0,0034	0,399	0,6920
ESPECIE [OVINO]:PRODUCTO[S100]	-0,0042	0,0034	-1,260	0,2159

Código de significancia	0 “ *** ”	0,001 “ ** ”	0,01 “ * ”	0,05 “ . ”
Error estándar residual	0,0045 en 36 grados de libertad			
R – cuadrado múltiple	0,351			
R – cuadrado ajustado	0,261			
F estadístico	3,897 en 5 y 36 grados de libertad			
p	0,0063			

En este caso, el valor de R-cuadrado es 0.351, lo que significa que el **modelo explica el 35.11% de la variabilidad** de la variable dependiente. El valor de F-estadístico es mayor que 1 y el p-valor asociado con este, es menor que 0.05 (específicamente, 0.0063), lo que sugiere que el **modelo es significativo** y que **al menos una de las variables independientes tiene un efecto significativo en la variable dependiente**

La significancia estadística de los coeficientes en función de los valores p nos indica que $p < 0.001$ en la **variable independiente (PRODUCTO)**** y, por tanto, **tienen una significancia estadística moderadamente alta.**

Continuamos introducimos la función ANOVA para realizar un análisis de varianza del modelo, obteniendo la tabla 17.

Tabla 17: tabla ANOVA, análisis de varianza del modelo lineal general. Fuente: Software R.

	Suma de cuadrados (Sq)	Grado de libertad (Df)	Estadístico F	Pr (>F)
ESPECIE	0,00006	1	3,406	0,073 .
PRODUCTO	0,00026	2	6,539	0,003 **
ESPECIE:PRODUCTO	0,00006	2	1,499	0,236
RESIDUAL	0,00073	36		
Código de significancia	0 “ *** ”	0,001 “ ** ”	0,01 “ * ”	0,05 “ . ”

La tabla ANOVA muestra que el factor **ESPECIE** no es significativo con un valor p de 0.073, lo que indica una que **no hay efecto** . Por otro lado, el efecto de **PRODUCTO** es significativo con un valor p de 0.00378, lo que indica una **significancia estadística alta**. La interacción entre **ESPECIE:PRODUCTO** no es significativo con un valor p de 0.23693, lo que indica que **no hay efecto**.

La suma de cuadrados residual indica la variabilidad no explicada por el modelo y su valor es de 0.00073178, lo que sugiere que el **modelo puede explicar la mayoría de la variabilidad en la variable dependiente y que los datos se ajustan bien al modelo**.

En resumen, el análisis de varianza muestra que el efecto del factor **PRODUCTO** es significativo para explicar la variabilidad de la variable dependiente, mientras que el efecto de **ESPECIE** y la interacción entre **ESPECIE** y **PRODUCTO** no son significativos.

7.3 CALCULO COSTES DE PRODUCCIÓN Y AMORTIZACIÓN

▪ Costes de producción:

Partiendo de una recolección de los cladodios manual y tras calcular el tiempo que le supone a un operario recolectar los 25 kg de cladodios, que es de 7 minutos, se estima un coste de recolección de unos 0,027€/kg.

Si se contara con una picadora de boca ancha, se haría innecesario el picado manual de los cladodios abaratando costos, sin embargo, para seguir con la fidelidad del estudio se incluirá en este. Se tardan una media de 15 minutos en picar a mano las pencas, si continuamos aplicando como sueldo al operario los 6€/h, esta labor nos supondría unos 0,06€/kg picado.

En el picado a máquina tenemos que, nuestra picadora cuenta con una potencia de 1600W, o lo que es lo mismo 1,6 KW, y sabiendo que el tiempo de picado de los 25 kg es de unos 18 minutos, el consumo se estima en 0,48 KW. Entonces nos da que el consumo eléctrico de la picadora nos supone unos 0,012€/kg, a lo que habrá que añadir el tiempo de trabajo de la mano de obra, unos 0,072€/kg.

El bombo cuenta con una potencia de 400W o lo que es lo mismo 0,4 KW y sabiendo que el tiempo de funcionamiento es de 3 horas, el consumo se estima en 1,3 KW. Esto nos da un coste por consumo eléctrico de 0,0312€/kg, despreciando el tiempo de operario ya que se carga y descarga con rapidez.

En cuanto a los aditivos añadidos al fermento, sacamos el coste/kg fermento:

- Urea: se utilizan unos 250g por lote productivo y se estima un coste de 3€/kg, por lo tanto, nos supone unos 0,75€ para todo el lote y unos 0,03€/kg fermento.
- Sulfato amónico: se utilizan unos 25g por lote y se estima un coste de 0,6€/kg, por lo que a nosotros unos 0,015€ para todo el lote y unos 0,0006€/kg de fermento.
- Azúcar: se utilizan unos 50g en sustitución a la melaza, con un coste por lote productivo de 0,08€ y un coste por kg de fermento elaborado de 0,0032€/kg.

- Levadura: 5g de levadura utilizada por lote, nos supone un coste de 0,15€ y de 0,006€/kg de fermento.

Con todo esto, el coste total de los aditivos por kg de fermento elaborado es de 0,041€/kg. Por lo tanto, si sumamos todos los costes anteriormente calculados, nos sale que producir un kilogramo de fermento nos cuesta:

- Costes: **0,2432 €/kg de fermento elaborado.**

Para visualizar el valor de nuestro forraje frente a otros alimentos de alta concentración proteica en el mercado, compararemos su coste de producción con el coste de la alfalfa. En el momento en que se realizó este estudio el precio de la alfalfa estaba a 480 €/Tn o lo que es lo mismo 0,48€/kg , según datos obtenidos de Graneros de Fuerteventura S.A., 2022.

- Costes: **0,236€/kg más económico que la alfalfa, en un 49,16%**

- **Amortización:**

El coeficiente lineal máximo de amortización, en maquinaria es del 12% (Agencia Tributaria ,2022 . LIS Art. 12.1). Si aplicamos el coeficiente lineal máximo obtenemos que:

- Cantidad máxima amortizable picadora: $400€ \times 12\% = 48 \text{ €/año}$
- Cantidad máxima amortizable concretera: $600€ \times 12\% = 72 \text{ €/año}$

Si dividimos el coeficiente lineal máximo entre el 100% obtenemos cual es el tiempo mínimo de amortización. En cada caso particular, el periodo de amortización mínimo es de:

- Periodo mínimo amortización picadora: $400€ / 48 \text{ €/año} = 8 \text{ años}$
- Periodo mínimo amortización concretera: $600€ / 72 \text{ €/año} = 8 \text{ años}$

8 CONCLUSIONES

Como conclusiones al presente proyecto fin de grado se obtiene que:

1. El proceso de fermentación mejora la composición nutritiva del producto original, especialmente el contenido en proteína.
2. El alimento elaborado a base de cladodios 100% frescos (F100) propicia un mejor desarrollo de la fermentación obteniéndose valores más altos de proteína bruta.
3. El tipo de producto estudiado es significativo para explicar la variabilidad del consumo por Kg.p.v , mientras que la especie o la interacción entre el producto-especie no lo son.
4. La elaboración más palatable, tanto en ganado caprino como ovino, fue el elaborado con cladodios 100% secos (S100).
5. El ganado caprino es más selectivo con el alimento y prefiere las texturas gruesas mientras que el ovino muestra mayor aceptación por todos los fermentos estudiados y sus diferentes texturas.
6. La elevada riqueza proteica del fermentado F100, hace interesante trabajar en la mejora de su textura para hacerlo más apetecible al ganado.
7. El coste del kilo de fermento elaborado es un 49,16% más económico que el kilo de alfalfa, teniendo esta última menor riqueza proteica.

9. CONCLUSIONS

41

As conclusions to this final degree project, it is obtained that:

1. The fermentation process improves the nutritional composition of the original product, especially the protein content.
2. The food made from 100% fresh cladodes (F100) promotes a better development of fermentation obtaining higher values of crude protein.
3. The type of product studied is significant to explain the variability of consumption per Kg.p.v, while the species or the interaction between the product-species are not.
4. The most palatable elaboration, both in goats and sheep, was made with 100% dry cladodes (S100).
5. Goats are more selective with feed and prefer coarse textures while sheep show greater acceptance for all the ferments studied and their different textures.
6. The high protein richness of the fermented F100, makes it interesting to work on improving its texture to make it more palatable to livestock.
7. The cost of the kilo of ferment produced is 49.16% cheaper than the kilo of alfalfa, the latter having less protein richness.

10 BIBLIOGRAFÍA

42

- **Andrade-Montemayor, H. et al., (2011).** "Nutritional composition of commercial nopal foods and the impact of boiling on the retention of dietary fiber and phenolic compounds." *Archives of Latinoam Nutrition*, 61(3), 269-277.
- **Arévalo, J. R. et al., (2014).** "The Macaronesian region: a biogeographical, ecological and evolutionary synthesis". Springer Science & Business Media.
- **Barrios, C et al., (2013).** Análisis de la sostenibilidad de la ganadería en las islas Canarias. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 21(2), 143-155.
- **Ben Salem, H. et al., (2002).** Beneficial effects of exogenous enzymes in diets containing high levels of pectin on performance and nutrient digestibility of Barbarine lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 96(1-2), 131-144.
- **Casas, A. et al., (2002).** "In situ management and domestication of plants in Mesoamerica." *Annals of botany*, 89(1), 119-120.
- **Díaz, C. et al., (2015).** "Las razas autóctonas en la ganadería de las Islas Canarias". *Archivos de zootecnia*, 64(247), 339-346.
- **Elías, G. et al., (1990).** "La Agroindustria Azucarera en Cuba: Una Revisión." *Asociación Latinoamericana de Economía Agrícola (ALEA)*.
- **FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), (2018).** "*Ecología del Cultivo, Manejo y Usos del Nopal*", *MELSpace Home*. En: <<https://repo.mel.cgiar.org/handle/20.500.11766/9380>> (Consulta 17 de agosto de 2022). 2-14 200-203
- **Fernández, J. (2020).** "La producción de alimentos para animales esencial para la alimentación humana." FENAVIN, España

- **Flores, A. et al., (2019).** “Fermentación del nopal (*Opuntia spp.*) para su uso como complemento proteico animal”. Universidad Autónoma Chapingo, México. 43 90-98
- **Focher, B. et al., (1991).** “Biochemistry of wood deterioration.” In Wood Deterioration and Preservation (pp. 11-40). Springer, Boston, MA.
- **Gobierno de Canarias.** Instituto Canario de estadística (ISTAC) / Apartado ganadería. En: https://www3.gobiernodecanarias.org/istac/statistical-visualizer/visualizer/data.html?agencyId=ISTAC&resourceId=E01008B_000014&version=1.1&resourceType=dataset&multidatasetId=ISTAC:E01008B_000001#visualization/table . (Consulta 25 de agosto de 2022).
- **Gobierno de Canarias.** Instituto Canario de estadística (ISTAC) / Apartado agricultura. En: <http://www.gobiernodecanarias.org/istac/jaxi-istac/tabla.do> . (Consulta 25 de agosto de 2022).
- **González, E., & Mendoza, G. D. (2013).** Valor nutricional de la tuna y su aprovechamiento como forraje. Terra Latinoamericana, 31(4), 347-355.
- **Hernández, H. et al., (2018).** “Evaluación del forraje de cactus (*Opuntia spp.*) en la alimentación de bovinos.” Revista electrónica de veterinaria, 19(10), 1-12. En: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101018.html>
- **López, M. A., & Rubio, L. A. (2010).** “Palatabilidad de alimentos: revisión de conceptos.” Archivos de zootecnia, 59(226), 99-110
- **Mazorra, C. et al., (2009).** “Estrategias para modificar el consumo voluntario y la selección de alimentos de los pequeños rumiantes en pastoreo”. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba.vol. 43, nº 4. 379-385

- **Méndez, F. et al., (2014).** “Utilización de Opuntias en la alimentación de animales domésticos”. Facultad de ciencias biológicas, Universidad autónoma de Nuevo León, México. 12-28
- **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.** Actividades del ministerio en 2020. Madrid. En: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/capitulo-i-a-agricultura_tcm30-571824.pdf . (Consulta 27 de agosto de 2022)
- **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.** “La chumbera como cultivo de zonas áridas”. Madrid. En: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1990_01.pdf . (Consulta 17 de agosto de 2022). 2-9
- **Ministerio de Hacienda y Función Pública.** “Manual de actividades económicas. Obligaciones fiscales de empresarios y profesionales residentes en territorio español”. Madrid. En: https://sede.agenciatributaria.gob.es/Sede/ayuda/manuales-videos-folletos/manuales-practicos/folleto-actividades-economicas/3-impuesto-sobre-renta-personas-fisicas/3_5-estimacion-directa-simplificada/3_5_4-tabla-amortizacion-simplificada.html (Consulta 12 de marzo de 2023). 3.5.4
- **Molina-Alcaide, E., & Yáñez-Ruiz, D. R. (2008).** “Estrategias nutricionales en rumiantes para el control de emisiones de metano y su impacto en la calidad de los productos animales.” Archivos de zootecnia, 57(220), 19-32
- **Olivares-Tenorio, M.L. et al., (2017).** “Caracterización física y química de híbridos de tuna para producción de frutos.” Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Ciénaga, México.
- **Pérez, P. et al., (2010).** “Factores que inciden en el consumo de forrajes de ovino y caprino”. España. 1-5
- **Retamal, M. A. et al., (1985).**” Contribución al estudio anatómico de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller.” Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 22(1-2), 77-88.

- **Reyes Agüero, J. A. et al., (2005).** “Extracción de ácido carmínico a partir de la cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa).” *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 4(2), 127-131.
- **Rodríguez, J. et al (2019).** “Costes de producción de la ganadería bovina de carne extensiva en sistemas de dehesa”. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 115, 63-83.
- **Russell, P. et al., (1987).** “The encyclopedia of world history: ancient, medieval, and modern, chronologically arranged”. Houghton Mifflin Harcourt.
- **Santana Pérez, J. I. (2002).** “La ganadería en Canarias”. IDEA- Instituto de Estudios Canarios. La Laguna, Tenerife
- **Tabosa, M. A et al., (2003).**” Utilização de mistura mineral na alimentação de caprinas em crescimento.” *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(1), 173-180.
- **Torres, R.L, et al., (2015).** “El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimento y nutrición animal”. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. Universidad autónoma de Chihuahua, México. Vol.6, nº 5.
- **Urrutia, N., et al., (2007).** “Potential use of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica*) for ovine feeding in a silvopastoral system.” *Journal of arid environments*, 69(1), 99-11
- **Velasquez, A. et al., (1998).** “The Epic Story of Columbus, The Great Explorer”. Random House.

11 . ANEXOS

46

11.1 PESAJE DE LOS ANIMALES DE ESTUDIO

N.º CROTAL	PESO (KG) 24/12/21	PESO (KG) 15/1/22
CABRAS		
36521	32.4	32,4
36523	31	31,2
36524	33.4	33,2
36525	40	39,6
36528	27.6	27,6
36530	22	20,8
OVEJAS		
SIN	25,4	26,2
36510	47	51
36511	48	50
36513	37.6	41
36514	36.4	37,4
36516	42	44,2
36517	38.4	38
36518	40.6	42,4

Tabla 3: pesado de cada lote antes y después de las pruebas. Fuente: datos de pesado obtenidos

11.2 DATOS PESADO MUESTRAS

47

TIPO PRUEBA	FECHA	CÓDIGO	PESO FRESCO	PESO SECO	DIF.PESO	% AGUA	%M. S
F50+S50(A)	07/01/2022	A1	280,6	31,3	249,3	88,8453314	11,1546686
F50+S50(B)	07/01/2022	A2	447,7	54,2	393,5	87,8936788	12,1063212
F50+S50(A)	02/01/2022	A3	271,1	29,3	241,8	89,19218	10,80782
F50+S50(B)	02/01/2022	A4	248,5	32,1	216,4	87,082495	12,917505
F100 (A)	29/12/2021	B1	262,9	9,9	253	96,2343096	3,76569038
F100 (B)	29/12/2021	B2	292,4	18,7	273,7	93,6046512	6,39534884
F100 (A)	30/12/2021	B3	334,3	17	317,3	94,9147472	5,08525277
F100 (B)	30/12/2021	B4	333	18,3	314,7	94,5045045	5,4954955
F100 (A)	26/12/2021	B5	298,3	14	284,3	95,3067382	4,69326182
F100 (A)	28/12/2021	B6	279,2	11,3	267,9	95,9527221	4,04727794
F100 (A)	27/12/2021	B7	155	5,7	149,3	96,3225806	3,67741935
S100(A)	13/01/2022	C1	230,5	40,7	189,8	82,3427332	17,6572668
S100(B)	13/01/2022	C2	262,4	45,3	217,1	82,7362805	17,2637195
S100(A)	15/01/2022	C3	286,1	47,8	238,3	83,2925551	16,7074449
S100(B)	15/01/2022	C4	235,3	41,8	193,5	82,2354441	17,7645559
S100(A)	09/01/2022	C5	226,3	40,8	185,5	81,9708352	18,0291648
S100(B)	09/01/2022	C6	236,5	44,4	192,1	81,2262156	18,7737844
H35+F65(A)	16/01/2022	D1	150,3	18,78	131,52	87,50499	12,49501
H35+F65(B)	16/01/2022	D2	173	22,8	150,2	86,8208092	13,1791908
F50+S50 (A)	04/01/2022	E1	311,4	39,7	271,7	87,251124	12,748876
F50+S50(B)	10:30	E2	247,2	30,8	216,4	87,5404531	12,4595469
F50+S50(B)	11:30	E3	249,1	29,3	219,8	88,2376556	11,7623444
F50+S50(B)	12:30	E4	279,6	35,2	244,4	87,4105866	12,5894134
F50+S50(B)	13:30	E5	361,6	42,3	319,3	88,3019912	11,6980088
F50+S50(B)	14:30	E6	347,5	42,7	304,8	87,7122302	12,2877698
F50+S50(B)	14:50	E7	222,6	28	194,6	87,4213836	12,5786164

Tabla 7: datos pesado muestras en fresco y en seco. Fuentes: datos propios.

Prueba de peso constante								
FECHA	09/03/2022		10/03/2022			11/03/2022		
HORA	17:30	18:30	11:00	13:00	14:00	19:00	11:00	12:00
PRUEBA (g)								
	88,6	84,5	67,4	62,8	61,3	52,7	48,9	48,8
	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1	53,1
	76,2	73,8	60,8	57,6	57,6	50,1	48,9	48,7
	41,1	40,8	40,9	40,7	40,7	40,7	40,8	40,7

Tabla 6: Prueba de peso constante. Fuente: datos del pesaje de las muestras

11.3 DATOS ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

Tipo fermento	Código	%MS	%Prot.	%FAD	%FND	%Cen.	%M.O.	VRF
F50+S50(A)	A1	88,56	5,14	20,10	24,30	20,14	79,86	280,32
F50+S50(B)	A2	87,40	23,16	20,65	22,35	19,74	80,26	303,05
F50+S50(A)	A3	89,40	6,45	20,34	21,60	21,19	78,81	314,6
F50+S50(B)	A4	87,47	21,56	18,04	20,08	20,27	79,73	346,67
F100(A)	B1	87,40	11,58	18,29	19,30	24,60	75,40	359,82
F100(B)	B2	87,62	35,67	19,75	19,33	19,94	80,06	353,82
F100(A)	B3	89,68	9,75	20,10	25,91	22,19	77,81	262,92
F100(B)	B4	88,79	40,46	18,13	16,64	22,14	77,86	417,92
F100(A)	B5	89,24	10,45	18,48	19,61	25,35	74,65	353,47
F100(A)	B6	89,63	10,74	19,11	21,39	25,07	74,93	321,86

F100(A)	B7	88,03	9,43	20,29	22,81	22,49	77,51	298,07
S100(A)	C1	88,59	4,34	20,25	29,41	18,76	81,24	231,3
S100(B)	C2	88,45	16,33	20,50	23,55	19,64	80,36	288,06
S100(A)	C3	89,07	4,13	19,77	27,48	20,15	79,85	248,86
S100(B)	C4	88,54	14,02	20,17	23,65	21,77	78,23	287,89
S100(A)	C5	88,51	3,44	19,12	26,94	20,05	79,95	255,55
S100(B)	C6	88,11	14,81	18,70	22,49	19,04	80,96	307,52
H35+F65(A)	D1	88,27	10,11	21,40	40,06	16,97	83,03	167,75
H35+F65(B)	D2	88,64	8,16	21,88	38,56	17,36	82,64	173,34

Tabla 8: datos análisis muestras. Fuente: Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA)

	ANTES	DESPUÉS	ALFALFA
F100 PROTEÍNA CRUDA (%MS)	11.58	35.67	25.8
CARBOHIDRATOS NO FIBROSOS (%MS)	40.52	21.76	27.6
ENERGÍA METABOLIZABLE (Mcal*Kg-1)	2.75	2.70	2.58
MATERIA SECA (%)	88.4	87.62	30.6

Tabla 9: datos del análisis de muestra F100. Fuente: datos muestras ICIA, datos alfalfa Felker (2003).

S100	ANTES	DESPUÉS	ALFALFA
PROTEÍNA CRUDA (%MS)	4.13	14.02	25.8
CARBOHIDRATOS NO FIBROSOS (%MS)	44.03	36.56	27.6
ENERGÍA METABOLIZABLE (Mcal*Kg-1)	2.71	2.69	2.58
MATERIA SECA (%)	89.7	88.54	30.6

Tabla 10: datos del análisis de muestra S100. Fuente: datos muestras ICIA, datos alfalfa Felker (2003)

F50+S50	ANTES	DESPUÉS	ALFALFA
PROTEÍNA CRUDA (%MS)	5.14	23.16	25.8
CARBOHIDRATOS NO FIBROSOS (%MS)	46.16	30.75	27.6
ENERGÍA METABOLIZABLE (Mcal*Kg-1)	2.69	2.68	2.58
MATERIA SECA (%)	88.56	87.4	30.6

Tabla 11: datos del análisis de muestra F50+S50. Fuente: datos muestras ICIA, datos alfalfa Felker (2003)

11.4 DATOS PRUEBAS DE CAMPO DE PALATABILIDAD.

51

52

PRODUCTO	ESPECIE	Nº ANIMALES	PESO TOTAL (KG)	D1 SUMINISTRO	D1RETIRADO	D1 CONSUMO	1CONSUMO/KG PV	RECHAZO
F100	CAPRINO	6	186,4	13,05	12,84	0,21	0,001126609	0,98390805
F100	OVINO	8	315,4	12,95	7,3	5,65	0,01791376	0,56370656
F100	CAPRINO	6	186,4	12,63	12,46	0,17	0,000912017	0,98653998
F100	OVINO	8	315,4	12,37	11,19	1,18	0,003741281	0,90460792
F100	CAPRINO	6	186,4	12,48	11,89	0,59	0,003165236	0,95272436
F100	OVINO	8	315,4	12,53	10,08	2,45	0,007767914	0,80446927
F100	CAPRINO	6	186,4	13,5	12,69	0,81	0,004345494	0,94
F100	OVINO	8	315,4	13,47	8,95	4,52	0,014331008	0,6644395
F100	CAPRINO	6	186,4	12,33	10,16	2,17	0,011641631	0,82400649
F100	OVINO	8	315,4	12,84	10,24	2,6	0,0082435	0,79750779
F100	CAPRINO	6	186,4	12,84	11,13	1,71	0,00917382	0,86682243
F100	OVINO	8	315,4	12,79	10,96	1,83	0,005802156	0,85691947
F100	CAPRINO	6	186,4	12,25	10,97	1,28	0,006866953	0,8955102
F100	OVINO	8	315,4	12,76	11,42	1,34	0,004248573	0,89498433
F50S50	CAPRINO	6	186,4	12,86	12,47	0,39	0,002092275	0,96967341
F50S50	OVINO	8	315,4	12,89	10,64	2,25	0,007133798	0,82544608
F50S50	CAPRINO	6	186,4	12,6	10,54	2,06	0,011051502	0,83650794
F50S50	OVINO	8	315,4	12,68	11,42	1,26	0,003994927	0,90063091
F50S50	CAPRINO	6	186,4	10,62	9,51	1,11	0,005954936	0,89548023
F50S50	OVINO	8	315,4	11,04	9,07	1,97	0,006246037	0,82155797
F50S50	CAPRINO	6	186,4	12,69	11,59	1,1	0,005901288	0,91331757
F50S50	OVINO	8	315,4	12,79	8,67	4,12	0,013062777	0,67787334
F50S50	CAPRINO	6	186,4	13,05	11,99	1,06	0,005686695	0,91877395
F50S50	OVINO	8	315,4	13,17	8,31	4,86	0,015409004	0,6309795
F50S50	CAPRINO	6	186,4	12,24	9,88	2,36	0,012660944	0,80718954
F50S50	OVINO	8	315,4	12,35	6,16	6,19	0,019625872	0,49878543
F50S50	CAPRINO	6	186,4	12,89	11,71	1,18	0,006330472	0,90845617
F50S50	OVINO	8	315,4	12,91	7,06	5,85	0,018547876	0,5468629

S100	CAPRINO	6	186,4	12,43	10,24	2,19	0,011748927	0,82381335
S100	OVINO	8	315,4	12,09	7,54	4,55	0,014426126	0,62365591
S100	CAPRINO	6	186,4	12,89	9,65	3,24	0,017381974	0,74864236
S100	OVINO	8	315,4	13,05	9,02	4,03	0,012777425	0,69118774
S100	CAPRINO	6	186,4	12,78	9,36	3,24	0,017381974	0,73239437
S100	OVINO	8	315,4	12,59	6,97	5,62	0,017818643	0,55361398
S100	CAPRINO	6	186,4	12,91	10,76	2,15	0,011534335	0,83346243
S100	OVINO	8	315,4	12,81	8,3	4,51	0,014299302	0,6479313
S100	CAPRINO	6	186,4	12,38	9,95	2,43	0,013036481	0,80371567
S100	OVINO	8	315,4	12,25	8,36	3,89	0,012333545	0,68244898
S100	CAPRINO	6	186,4	12,98	9,8	3,18	0,017060086	0,7550077
S100	OVINO	8	315,4	12,81	10,02	2,79	0,00884591	0,78220141
S100	CAPRINO	6	186,4	12,76	11,46	1,3	0,006974249	0,89811912
S100	OVINO	8	315,4	12,46	9,5	2,96	0,009384908	0,76243981

Tabla 12: datos de campo palatabilidad. Fuente: datos propios.

FERMENTO	ESPECIE	Nº ANIMALES	PESO VIVO	SERVIDO	RETIRADO	CONSUMIDO	CONS/KG PV
F100	CAPRINO	6	186.4	12.72	11.73	0.99	0.0053
F100	OVINO	8	315.4	12.81	10.02	2.79	0.0088

Tabla 13: datos de palatabilidad en los dos ganados de estudio para el fermento F100. Fuente: datos propios

FERMENTO	ESPECIE	Nº ANIMALES	PESO VIVO	SERVIDO	RETIRADO	CONSUMIDO	CONS/KG PV
S100	CAPRINO	6	186.4	12.73	10.17	2.53	0.0135
S100	OVINO	8	315.4	12.58	8.53	4.05	0.0128

Tabla 14: datos de palatabilidad en los dos ganados de estudio para el fermento S100. Fuente: datos propios

FERMENTO	ESPECIE	Nº ANIMALES	PESO VIVO	SERVIDO	RETIRADO	CONSUMIDO	CONS/KG PV
F50S50	CAPRINO	6	186.4	12.42	11.09	1.32	0.007
F50S50	OVINO	8	315.4	12.54	8.76	3.78	0.012

Tabla 15: datos de palatabilidad en los dos ganados de estudio para el fermento F50S50. Fuente: datos propios