

CAPÍTULO I

Generalidades

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

En el mundo, existen más de 6 mil millones de habitantes y la cifra crece, cada día, en varios miles. Las posibilidades de alimentar a estas personas son cada vez más complicadas, pero de acuerdo a estudios de la Unión Europea los actuales campos agrícolas del Planeta bastan para producir los alimentos que demanda la humanidad; sin embargo, por asuntos políticos y de negocios, el 70 por ciento de los granos que se cosechan se destinan al ganado como suplemento alimenticio”.

La ganadería mundial se considera uno de los principales negocios que acapara dos terceras partes de los granos producidos por los productores rurales. Por ejemplo, en Francia, el 80% de los cereales va a la actividad pecuaria, en Estados Unidos este porcentaje es del 70%, mientras que México se destina un 45% de sus cosechas para alimentar a su hato ganadero, el Ecuador tiene similares características de consumo.

Las estimaciones de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) indican que “El campo genera, en promedio, 300 kilos de granos por habitante al año, suficiente para satisfacer el hambre de la población, pero el ganado es un consumidor masivo”.

Esto no es nada favorable para la humanidad, debido a que un novillo requiere consumir más de 1200 Kilos de cereales, para estar listo para la faena y este a su vez adquirirá un peso alrededor de 470 Kilos, el cual no es representativo ni en un 50%, de lo que consume.

A la vez la producción de etanol que proviene de los campos de cosechas de la caña de azúcar, caña de maíz y soya en los EEUU. También trae consigo un problema adicional, el de mayor consumo de los alimentos que pueden ser destinados para la alimentación humana y de los mismos animales.

Este análisis genera discordia en cuanto tiene que ver a la potestad de seguridad alimentaria, debido a ello se planteó la alternativa de producción de “SACCHARINA RÚSTICA”, que es obtenida por un proceso de fermentación aerobia de la caña de azúcar picada y es utilizada para alimentación de ganado vacuno, este proceso a su vez incrementa el contenido proteínico de dicho alimento, también ayudará a remplazar el consumo abrupto de los cereales, como el maíz, trigo y soya. etc.

Debido a que en Ecuador en la actualidad el 30% del territorio ecuatoriano se destina a actividades relacionadas con el campo, del cual más de la mitad (63%) corresponde a explotación ganadera, lo que equivale al 19% de la superficie total del país con uso pecuario, principalmente en ganadería bovina (MAGAP).

La zona norte del país especialmente la: Provincia de Imbabura y parte de la provincia del Carchi se caracterizan por los cultivos de caña de azúcar, con una superficie de cultivo aproximadamente de: 4148,03 hectáreas. De la cual la Provincia de Imbabura se encuentra la mayor parte de cultivos con 3870,13 hectáreas; es decir el 93,30% (ACIC. Proyecto de maquinaria agrícola. 2005 (pp.4)).

Las dos provincias anteriores y la provincia de pichincha, también se dedican a otra actividad que le generan considerables ingresos económicas, como es la producción lechera, para la cual estas tres provincias utilizan únicamente como suplemento alimenticio el balanceado comercial, inmiscuyéndose así en los problemas antes mencionados.

Luego de un diagnóstico y análisis de los datos obtenidos, se presentó una alternativa nueva de alimentación al ganado vacuno, especialmente al de producción lechera, a través de la transferencia de tecnología en la producción de Saccharina rústica, esta investigación se realizó en la granja “La Pradera” de la Universidad Técnica Del Norte, obteniendo resultados favorables.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

- ❖ Determinar la influencia del grosor del colchón de la caña de azúcar picada en el tiempo de fermentación para la producción de saccharina rústica.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Determinar el tiempo óptimo de pre fermentación para la producción de saccharina rústica
- ❖ Evaluar el adecuado grosor del colchón de la caña de azúcar de picada en la fermentación de saccharina rústica.
- ❖ Determinar el tiempo óptimo de fermentación en la producción de saccharina rústica.
- ❖ Caracterizar las propiedades físico químicas de: Proteína, fibra, sólidos solubles, acidez, pH, Grados Brix.

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 Hi

- ❖ Influye el grosor del colchón de la caña de azúcar picada en el tiempo de fermentación para la producción de saccharina rústica.

1.3.2 Ho

- ❖ No influye el grosor del colchón de la caña de azúcar picada en el tiempo de fermentación para la producción de saccharina rústica.

CAPÍTULO II

Revisión de Literatura

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 SACCHARINA

2.1.1 Definición

Fundora (1997). Indica que es un producto obtenido por fermentación de los tallos de caña de azúcar desprovistos de las hojas, de acuerdo a la tecnología desarrollada. El objetivo que se persigue al fermentar la caña de azúcar, es obtener un producto de mayor calidad, por el nivel y tipo de proteínas que se producen durante el proceso en la biomasa proteica de microorganismos que se desarrollan a partir de la micro-flora específica presente en la caña de azúcar, los que se nutren de los azúcares presentes, y cuyo desarrollo se favorece con el aporte de pequeñas cantidades de urea y sales minerales.

Este proceso se realiza mediante la fermentación en estado sólido. A diferencia de las fermentaciones en cultivo sumergido, la fermentación en estado sólido se realiza en presencia de una cantidad limitada de agua, en muchos casos, la propia que contiene el producto a fermentar.

Ese tipo de fermentación presenta indiscutibles ventajas para su implementación a nivel de finca ya que, no requiere de la adición de agua; no se generan residuales; se retienen productos metabólicos como vitaminas, aminoácidos y enzimas, de utilidad para el animal que lo consume.

2.1.2 Caracterización del proceso fermentativo de la caña de azúcar

En el proceso fermentativo para la obtención de la sacarina, participan levaduras y bacterias. Con un papel específico cada uno de ellos. Los principales grupos de levaduras se muestran en el Cuadro N° 1.

CUADRO N° 1 Principales grupos de levaduras que participan en la Fermentación de la caña de azúcar

Especie	% de población total
Cándida pentolopesi	37
Saccharomyces cereviciae	35
Cándida tropical	9
Cándida intermedia	6
Cándida crusei	5
Otras	7

Fuente: Elías A, Lezcano P, Lezcano J, y Cordero J. (1990)

Se atribuye a Cándida Crusei la actividad ureolítica, aunque no utiliza la sacarosa, depende de las otras para el sustrato energético, y desdobla la urea para aportar amoníaco para la síntesis proteica.

Galindo J (1996) Con respecto a los grupos de bacterias, una parte es autóctona y el resto es adquirido por la caña durante la manipulación. Alguna de las cepas como B. Brines, es capaz de actuar sobre la pared celular de las levaduras y producir la lisis de éstas. La flora está formada, básicamente, por gram- negativas.

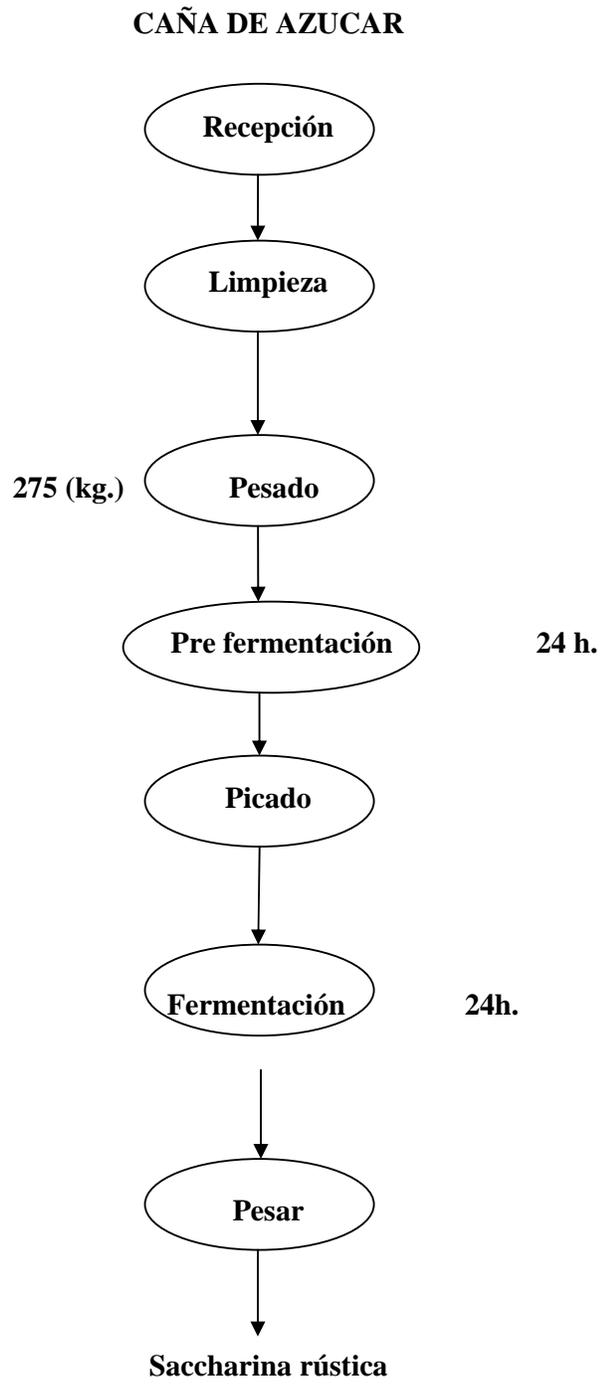
2.1.3 Tres tipos de Saccharina: Industrial, Semi-industrial y Rústica.

Carvajal T (2004) Señala de acuerdo al procedimiento empleado para la fermentación y secado de la caña durante la elaboración de este producto se

obtienen tres tipos de Saccharina (industrial, semindustrial y rústica). La Saccharina industrial se obtiene al fermentar y secar el producto en condiciones controladas en fermentadores, mientras que la semindustrial se fermenta en condiciones también controladas (fermentadores) pero se seca al sol y en la Saccharina rústica todo el proceso ocurre en patios de cemento.

La elaboración de la saccharina rústica, puede realizarse de manera ventajosa en la propia finca, ya que como se verá para la producción de la misma no se necesita de equipo sofisticado. A continuación se describe la forma de preparación de la saccharina rústica.

2.1.4 Flujo grama del proceso de elaboración de Saccharina rústica.



2.1.5 Preparación de saccharina rústica

Díaz J (1990) manifiesta que la caña de azúcar, libre de hojas y paja, es desmenuzada sin extraerle el jugo en una maquina que efectúa picado y triturado.

La caña desmenuzada es distribuida en un patio de asfalto o concreto, con un espesor de 5 a 15cm. Por cada tonelada de caña se prepara una mezcla de 15 Kg. de urea y 5 Kg. de sales minerales de las que se emplean en ganadería. Se puede agregar, si se dispone de estos recursos, 2 Kg/ton de sulfato de calcio o sodio y 3 Kg / ton de magnesita. La mezcla de urea y sales minerales se esparce sobre la caña de modo uniforme. Labor que se puede realizar de forma manual o mecanizada, después de esparcida la mezcla de urea y sales minerales se une con la caña.

El proceso puede comenzar en horas de la mañana, con volteo cada 2 horas; al siguiente día, en horas de la mañana el producto puede recogerse y dárselo a rumiantes. La operación de secado puede lograrse en un plazo de 48 horas aproximadamente, si las condiciones climáticas son favorables.

Ya seco el producto, se recoge y se puede someter a molturación, y en forma de harina se puede incorporar en los concentrados. Esta harina puede ser empleada, mezclada con otros productos disponibles inmediatamente para el consumo animal o almacenarse por espacio de 5-6 meses en sacos de yute o nylon, siempre y cuando su humedad no supere el 14%.

Para una mayor eficiencia del proceso, la caña troceada finamente debe disponerse en una capa de un grosor de 5 a 10 cm. con un tiempo de fermentación de 24 horas, ya que la prolongación de dicho tiempo no da lugar a una mayor síntesis.

2.1.6 Composición nutricional de la saccharina rústica

CUADRO N° 2 Composición nutricional de la saccharina rústica

Contenido	% base seca	% base humedad
Humedad		14.43
Materia seca	100	85.57
Cenizas	4.40	3.77
Proteína	13.05	11.17
Grasa	0.54	0.46
Fibra	34.58	29.59
Carbohidratos totales	82.01	70.18
*Energía Digestible		2.54 Mcal

Fuente: Carvajal, 2004

2.1.7 Usos de saccharina en la alimentación animal

Son numerosos e interesantes los trabajos de investigación que se han desarrollado con la saccharina utilizada en la alimentación animal, entre ellos, se puede mencionar la posibilidad de sustituir un alto porcentaje de los cereales por saccharina en la elaboración de concentrados para animales.

En animales rumiantes se destaca un mejor comportamiento en el crecimiento de hembras holstein a partir de los 12 meses alimentadas con saccharina, según CASTRO, M.; Vacas lecheras que aumentan el porcentaje de grasa en la leche al incluir en el concentrado el 50% de saccharina (Reyes y otros 1993), entre otros.

En animales monogástricos; los resultados también sobresalen, así, en porcicultura se destacan trabajos no solo para evaluar aspectos productivos cuyos resultados representan la posibilidad de incluir hasta un 26% la saccharina en piensos para cerdos en etapa de ceba. Sobresalen otras investigaciones como la evaluación de la proteína y energía de la saccharina en cerdos destetados los cuales arrojan resultados satisfactorios e interesantes.

En avicultura, las investigaciones permiten confirmar la posibilidad de incluir 60% de saccharina en dietas para gansos en ceba en sustitución de cereales, según VALDIVIE M., la utilización hasta el 10% de saccharina en concentrados para pollos de engorde, y la posibilidad de incluir saccharina en la alimentación de gallinas pesadas para mejorar la calidad de cáscara de huevos, durante el ciclo productivo, obtener mayor fertilidad y tasa de eclosión en aves reproductoras, y de esta forma mejorar la rentabilidad del sector avícola al poder sustituir gran parte de los cereales por este producto.

Sobresale también la posibilidad de remplazar hasta un 60% los forrajes utilizados en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) por saccharina rústica, según CARVAJAL T., en donde se destaca resultados como: lograr ofrecer a los animales un alimento que por su contenido nutricional supera la proteína de la mayoría de pastos utilizados en la alimentación de estos animales, obteniendo índices productivos adecuados y mejorando la rentabilidad en las explotaciones al poder disminuir la cantidad de concentrado; ofreciendo a los animales dietas tanto balanceadas como económicas. Además se logro vislumbrar a la saccharina rústica como una buena opción para la utilización de nitrógeno no proteico en la alimentación de animales monogástricos.

2.1.8 Producción de alimentos por fermentación en estado sólido

Según Brizuela, M. Uno de los métodos más prometedores para la producción de proteína no convencional lo constituye la Fermentación en Fase Sólida (FFS) de los residuos lignocelulósicos, lo cual está determinado en primera instancia, por

los grandes volúmenes de estos residuos que se producen anualmente en el mundo, y en segundo lugar, por las ventajas que tiene el sistema de FFS sobre las fermentaciones sumergidas convencionales.

Tanto la caña de azúcar como sus residuos agroindustriales se utilizan en la producción de alimento animal enriquecido en proteína por FFS.

En Cuba, se han obtenido alimentos como la *Saccharina* y el *Bagarip*, entre los más destacados, por sus aplicaciones como sustitutos parciales de alimentos tradicionales y como suplementos dietéticos en algunos animales.

El proceso de obtención de *Saccharina* no genera residuales y es relativamente sencillo, pero con resultados muy variables en cuanto a la eficiencia de conversión de los azúcares de la materia prima en proteína de origen unicelular.

Según Elías, A. Esto se debe fundamentalmente a utilizar como inóculo la flora epifítica de la caña de azúcar, la cual es susceptible a cambiar en calidad y cantidad por el efecto de diversos factores. Por otra parte, este alimento se caracteriza por un elevado contenido de fibra bruta, que limita su uso en animales mono gástricos. Además, su baja densidad atenta contra la economía de su embalaje, transporte y almacenamiento, a la par que dificulta su manejo en las fábricas de piensos.

La *Sacchamátz* es una variante que se obtiene al incluir diferentes niveles de harina de maíz en la fermentación de la caña de azúcar buscando mejores resultados en la alimentación de animales mono gástricos, pero su producción cuenta con las mismas limitantes que se mencionaron para la *Saccharina*.
Establece Lezcano, O

Otros productos se han obtenido a partir del enriquecimiento proteico de la caña de azúcar por FFS, dentro de los que se encuentra el proceso para la producción de un forraje enriquecido en proteína a partir de la caña de azúcar natural

finamente triturada, utilizando una cepa de *Aspergillus niger* y como nutrientes: sulfato de amonio, urea y fosfato monobásico de amonio, patentado por Roura *et al.* El proceso que dura entre 30 y 40 h, se lleva a cabo en un reactor hexagonal en forma de bandeja, con suministro continuo de aire. Se señala que es un producto a base de caña fresca, que su proceso productivo requiere un área de producción extensa, y que el costo de producción es elevado.

Como resultado de los estudios realizados en el perfeccionamiento de la *Saccharina*, surge la tecnología de producción del Bagarip (bagazo rico en proteínas). Este alimento y su tecnología de producción están registrados en Cuba. Pedraza, R.

2.1.9 Caña de azúcar



2.1.9.1 Definición

La caña de azúcar es una gramínea tropical que ha sido utilizada y cultivada desde tiempos remotos, lo cual motivó su difusión; es una planta perenne que puede alcanzar gran altura. Esta planta es frondosa y de color verde tal como se indica en la fotografía.

2.1.9.2 Origen

Fauconier, R. (1975) señala que *Saccharum robustum* como una planta que apareció en Nueva Guinea y Las Islas Vecinas.

El mismo autor menciona: la existencia de caña de azúcar en China y en la India puede situarse 6000 años AC. Su empleo para el consumo humano se remonta a 3000 años AC. En la India, Alejandro Magno trajo azúcar 365 años antes de nuestra era.

Cristóbal Colón en su segundo viaje, llevó esta planta de las Islas Canarias a donde actualmente se conoce como república dominicana. Este cultivo se desarrollo entre 1500 y 1600 en la mayoría de los países tropicales de América (Antillas, México, Brasil, Ecuador, Perú) y durante mucho tiempo ha sido su principal riqueza agrícola.

2.1.9.3 Clasificación Botánica

Villarroel, F (1976), indica la siguiente clasificación botánica de la caña de azúcar.

CUADRO N° 3 Clasificación botánica

Nombre común	Caña de Azúcar
Nombre científico	<i>Saccharum</i>
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotyledoneae
Orden	Glumiflorae
Familia	Graminaceae
Género	<i>Saccharum</i>
Especie	<i>Officinarum</i> L.

Villarroel, F (1976)

2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

2.2.1 Raíz

La raíz primaria es un órgano de absorción y filtración. A través de la misma la planta absorbe agua y nutrientes. Por lo general en las condiciones en las que se desarrolla. Son superficiales o adventicias. Su proporción e importancia depende de la variedad, suelo y humedad.

2.2.2 Tallo

Es un órgano importante de una serie de nudos y entre nudos en donde se depositan todos los azúcares. Es la parte de la planta utilizada en la industria azucarera, panelera, de alcohol, entre otros. El mayor contenido de sacarosa se encuentra en el tallo especialmente cuando la planta alcanza la madurez.

2.2.3 Hojas

Las hojas están situadas en los tallos a nivel de los nudos. La función principal de la hoja es realizar la fotosíntesis y respiración celular. Se compone de dos partes: la vaina y el limbo, que están unidas por una articulación.

2.3 CONSTITUYENTES DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Arcos C, (1997) manifiesta que el tronco de la caña de azúcar está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, jugo. El jugo contiene principalmente agua y azúcar, entre ellos. A continuación se detalla la composición promedio de la caña

CUADRO N° 4 Constituyentes de la Caña de Azúcar

Constituyentes	Porcentajes
Agua	73 --- 76 %
Sólidos Solubles	8 --- 15%
Fibra	11 --- 16%

FUENTE: Chen, P. J. Manual de Caña de Azúcar. 1991

La sacarosa se sintetiza en la caña de abajo hacia arriba y su contenido aumenta con el tiempo hasta alcanzar su óptimo de madurez.

2.3.1 Hidratos de carbono

Quintana L, (1990) manifiesta que posee, glúcidos, que contienen hidrogeno y oxigeno, en la misma proporción que el agua, y carbono. La fórmula de la mayoría de estos compuestos se puede expresar como $C_n(H_2O)_n$. Sin embargo, estructuralmente estos compuestos no pueden considerarse como carbonos hidratados, como la formula parece indicar.

Los hidratos de carbono son los compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza. Las plantas verdes y las bacterias los producen en el proceso conocido como fotosíntesis.

2.3.2 Clasificación y composición química

Los hidratos de carbono están constituidos especialmente por glúcidos que son compuestos ternarios; todos ellos están formados por hidrógeno, oxígeno y carbono. Se clasifican según el tamaño de sus moléculas en monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. Los dos primeros son dulces, y por eso se les llama azucares.

2.3.2.1 Monosacáridos

Como indica su nombre, tiene una sola molécula, y son los mejores hidratos de carbono para el organismo porque pueden ser asimilados de forma rápida y directa. Los más comunes son la glucosa o dextrosa y la fructosa o levulosa.

2.3.2.2 Disacáridos

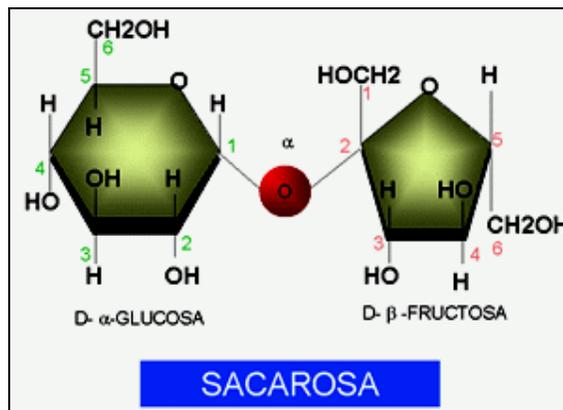
Castro M (1990) indica que los disacáridos están formados por dos moléculas de monosacáridos, por lo que son más complejos. Son de fácil digestión, pero para ser aprovechados se descomponen en sus dos moléculas elementales. Los más comunes son: la sacarosa (presente en el azúcar de caña, la remolacha, la melaza y muchas Frutas maduras, la maltosa (que se encuentra en la malta y productos malteados) y la lactosa.

La sacarosa se forma de acuerdo a la siguiente forma:



Glucosa fructosa sacarosa

Estructuralmente este hidrato de carbono tiene la siguiente fórmula:



Fuente: www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000024/images/biomoleculas/sa

2.3.2.3. Fibra

Constituida por celulosa, pentosanas, lignina y cenizas, en la siguiente tabla se detalla la composición:

CUADRO N° 5 Composición de la fibra

Componentes	Porcentaje
Celulosa	45,00%
Pentosanas	25,80%
Lignina	22,30%
Cenizas	3,50%

FUENTE: Chen, P. J. Manual de Caña de Azúcar. 1991. (p.52)

2.4 VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR

Existe gran diversidad de variedades de caña. Sin embargo, las más comunes y cultivadas en la zona de Imbabura, especialmente en el sector de salinas son las siguientes:

CUADRO N° 6 Variedades de Caña cultivadas en la Zona Norte

Variedades	Simbología	Porcentajes
Puerto Rico – 980	PR – 980	55,64%
Campos Brasil	CB	27,36%
Tababuella – 76	TB – 76	11,58%
Puerto Rico – 1016	PR – 1016	2,28%
Barbados – 40	B – 40	1,87%
Azul Casa Grande	ACG	0,90%
Piojota Negra	POJ	0,03%
Total		100,00%

FUENTE: IANCIEM. Memorias. 1997. (p.15)

2.4.1 Áreas de cultivo en la zona Norte

La zona norte del país especialmente la: Provincia de Imbabura y parte de la provincia del Carchi se caracterizan por los cultivos de caña de azúcar, con una superficie de cultivo aproximadamente de: 4148,03 hectáreas.

En la Provincia de Imbabura se encuentra la mayor parte de cultivos con 3870,13 hectáreas; es decir el 93,30%, distribuido en los diferentes de la siguiente manera:

CUADRO N° 7 Distribución de las áreas de cultivo en Imbabura

Cantones	Hectáreas
Ibarra	2452,33
Antonio Ante	97,69
Pimampiro	13,04
Urcuqui	1307,07
Total	3870.13

FUENTE: ACIC. Proyecto de Maquinaria Agrícola. 2005 (p.4)

2.4.2 Usos de la caña de azúcar

- Elaboración de azúcar de mesa
- Elaboración de panela
- Obtención de miel
- Obtención de jugo como bebida refrescante
- Obtención de alcohol
- Otros.

2.4.3 La caña de azúcar modalidad de uso en épocas de sequía

La devaluación de la moneda, el control de divisas, la inflación y las altas tasas de interés, así como la baja calidad de nuestros pastos, obligan al productor a buscar nuevas alternativas para reducir los costos y ser más eficiente en su unidad de producción. Así mismo, gran parte de la ganadería bovina de doble propósito es manejada en forma semi-intensiva, caracterizándose por bajos niveles productivos, reproductivos, alta mortalidad prenatal y pre-destete, además de una baja tasa de crecimiento, debido en gran parte a la poca calidad y cantidad de pastos y forrajes, altos niveles de humedad relativa y alta incidencia de plagas y enfermedades, entre otros.

En las condiciones tropicales, el factor nutricional obliga a la adecuación de los sistemas de producción y al uso de técnicas de manejo y evaluación de otros recursos locales complementarios al pastoreo. La implementación de la caña de azúcar con fines forrajeros, como estrategia alimenticia, constituye una tecnología económica y práctica para los ganaderos y así poder utilizar integralmente un recurso disponible en la finca.

La caña de azúcar en los sistemas de alimentación, constituye una excelente alternativa en el ahorro de insumos como fertilizantes, alimento concentrado y energía en este tipo de explotación. Además, es capaz de producir mayor cantidad de materia seca, carbohidratos solubles y biomasa forrajera que cualquier otra gramínea tropical, convirtiéndola en el forraje más sobresaliente de todas las gramíneas existentes en el trópico.

Una de las características más resaltantes que presenta la caña, es que cuando la planta madura, la mayoría de los azúcares se reducen y se convierten en sacarosa, incrementándose los azúcares reductores. Además, la digestibilidad y el extracto libre de nitrógeno aumentan, mientras que los niveles de lignina y celulosa disminuyen. Sin embargo, por su bajo aporte de proteína cruda y grasas, es necesario enriquecerla con fuentes proteicas y minerales. Estas características, de

valor nutritivo relativamente bajo e incremento de su rendimiento en materia seca al madurar, permite su flexibilidad para la cosecha, que de hecho la convierte en una reserva potencial para el ganadero al usarla en momentos críticos como la época de sequía.

En cuanto a sus modalidades de uso: Saccharina rústica, repicada fresca, ensilaje de caña

2.4.4 Efectos de la fibra en alimentación de vacas lecheras

La estrategia de alimentación de los rumiantes se basa en la simbiosis establecida entre los microorganismos ruminales y el animal huésped; ya que el rumiante contribuye aportando las materias primas o alimentos y las condiciones propicias del medio ruminal como son: temperatura, acidez, anaerobiosis, ambiente reductor entre otros; mientras que las bacterias utilizan parcialmente los alimentos para aprovechar los forrajes los cuales son indigestibles para los mamíferos, con la consecuente aportación de productos de la fermentación con valor nutritivo para el rumiante (ácidos grasos volátiles) (Hamada, 1976) y proteína microbiana, sin embargo cuando esta relación simbiótica se altera como consecuencia de cambios en la ración o por factores no deseados se produce un desequilibrio en la población microbiana ruminal que conduce a la aparición de patologías.

El rumen es el sitio donde se lleva a cabo la fermentación del alimento que es ingerido por el animal. Cabe señalar que el rumen no es un órgano glandular por lo que no secreta enzimas digestivas de manera que la actividad digestiva depende de las enzimas producidas por las bacterias, protozoarios y hongos ruminales.

2.5 DESARROLLO DEL RUMEN

Anatómicamente el rumen se desarrolla a partir de la porción no secretora del estómago (Church, 1979), el aparato digestivo de los rumiantes al nacimiento

funciona muy parecido al de los animales no rumiantes debido a que dicho órgano presenta un desarrollo muy rudimentario. Dicho desarrollo del rumen implica, tanto, la implantación y desarrollo de la microbiota ruminal y la capacidad de absorción de nutrientes. Siendo importante el tiempo que trascorra en que los animales desarrollen su morfofisiología digestiva, ya que esto determinará el ritmo en que los procesos digestivos pasen a depender de las enzimas producidas por el animal, así como a la relación simbiótica establecida con los microorganismos ruminales (Orskov, 1988).

2.5.1 Desarrollo de papilas ruminales

La absorción de productos finales de la fermentación depende del adecuado desarrollo de las papilas del epitelio ruminoreticular y de una correcta circulación capilar. El contacto continuo de los ácidos grasos volátiles (AGV's) particularmente el butírico y en menor grado el propiónico con el epitelio estratificado del rumen estimula el desarrollo de papilas y, además el dióxido de carbono, estimulan el flujo sanguíneo hacia el epitelio ruminoreticular, (Booth y McDonald, 1988).

Los AGV's se absorben en forma no disociada. El acético atraviesa la pared ruminal rápidamente sin sufrir ningún cambio y es utilizado por el organismo como aporte de energía. El ácido propiónico es convertido en ácido láctico y succínico para que este entre directamente al ciclo de Krebs para obtener energía o bien utilizarse como precursor de glucosa. El ácido butírico es metabolizado en la pared ruminal y convertido a betahidroxibutírico (Booth y mCDonald, 1988).

2.5.2 Colonización del rumen

Un mito que se tiene a nivel práctico es que el consumo de forrajes ayuda a la colonización bacteriana del rumen. Sin embargo la primera colonización ruminal es por reflujo del abomaso y se observa desde los primeros días de vida siendo la

Escherichia coli y *Clostridium welchii* los primeros microorganismos en habitar el rumen. La capacidad de las bacterias para pasar a través de la barrera ácida del abomaso es debida a la presencia de renina la cual eleva el pH. Posteriormente la colonización continúa por el reflujo de lactobacilos y bacterias amilolíticas y, por último las celulolíticas (Caeiro Potes, 1998).

Desde el punto de vista optimización de los recursos lignocelulósicos, el conocimiento de los mecanismos implicados en la acción de la población ruminal sobre los forrajes es fundamental para utilizar este tipo de recursos de relativa abundancia y bajo costo económico.

Las etapas en que se lleva a cabo la digestión microbiana de los polisacáridos estructurales en el rumen son dos:

- a) La colonización de los sustratos que llegan al rumen y la adhesión íntima de los microorganismos a estas estructuras vegetales.
- b) La acción enzimática sobre dichos sustratos, independientemente de la posible utilización de los productos resultantes.

La magnitud de dichos eventos está limitada por la naturaleza de la pared celular vegetal, por las características de la población microbiana implicada y por las condiciones del ambiente ruminal o limitar estos procesos.

Es importante recordar que los microorganismos ruminales son clasificados por Czerkawski y Cheng, 1988 en tres subpoblaciones de acuerdo a su interacción con las partículas de alimento:

- a) los microorganismos suspendidos en el líquido ruminal
- b) los que se encuentran en las paredes del epitelio ruminal y
- c) los adheridos firmemente a las partículas de alimento.

2.5.3 Ecología ruminal

Las condiciones ambientales en las que se desarrolla el proceso de degradación de alimento, tanto las características físicas y químicas del medio como las interacciones entre distintos microorganismos determinan el grado y ritmo de la digestión del forraje.

El éxito ecológico de los rumiantes se debe a los beneficios de la fermentación pregástrica. El término fermentación se refiere al metabolismo microbiano en ausencia de oxígeno que convierte a los carbohidratos en productos orgánicos como los ácidos grasos volátiles (AGV's), ácido láctico y etanol. Estos productos retienen la mayor parte de la energía original en el sustrato, una consecuencia de la falta de oxígeno para su oxidación completa a bióxido de carbono (CO₂) y agua.

La fermentación ruminal le permite al rumiante:

- a) utilizar alimentos que son muy fibrosos para los no rumiantes
- b) le confiere la habilidad de degradar la celulosa y liberando el contenido celular convirtiendo a la celulosa en un nutrimento primordial.
- c) permitiendo la síntesis de proteína microbiana de alto valor biológico a partir de proteína vegetal de bajo valor biológico, a partir de nitrógeno no proteico de la dieta y a partir del reciclaje de productos metabólicos de desecho (urea) y
- d) provee todas las vitaminas del complejo B siempre y cuando exista la concentración adecuada de cobalto para la síntesis de vitamina B₁₂.

Las desventajas de la digestión ruminal son que:

- 1) el rumiante necesita pasar una buena parte del día (aprox. 8 h) rumiando y debe tener acceso al alimento a intervalos regulares.
- 2) El rumiante necesita mecanismos complejos para mantener su cámara de fermentación trabajando eficientemente por ejemplo:
 - a) adicionar continua de grandes cantidades de saliva con naturaleza alcalina
 - b) movimientos de mezclado con tono marcado de los compartimentos gástricos

- c) mecanismos para la eliminación de gases producto de la fermentación (eructo), para la regurgitación (rumia) y para la absorción de los productos finales de fermentación y para el paso de partículas no digeridas hacia el omaso
- 3) las rutas metabólicas deben ser capaces de utilizar los particulares productos finales de la fermentación, los AGV's, de los cuales sólo el ácido propiónico es el único que puede convertirse en glucosa, cuyo requerimiento es elevado en etapas como final de gestación y lactación. Por lo que se considera al proceso de fermentación como ineficiente desde el punto de vista energético, ya que las bacterias gastan energía para su mantenimiento lo cual se traduce como calor lo cual se considera una pérdida de energía para el rumiante.

2.5.4 Factores determinantes del pH ruminal

El control del pH juega un papel central en el mantenimiento de una fermentación equilibrada. El pH ruminal depende fundamentalmente de tres factores:

- a) Producción de ácido;
- b) Capacidad tampón
- c) Eliminación de protones por absorción o flujo al tracto digestivo inferior.

2.5.5 Producción de ácidos grasos volátiles

La fermentación produce una serie de compuestos orgánicos entre los cuales los AGV's son los más importantes. La constante de disociación (pKa) de estos AGV's es baja. Debemos señalar que el pKa de los ácidos: acético, propiónico y butírico es mayor que la del ácido láctico, en condiciones de pH normal, todos ellos se encuentran disociados generalmente, por lo tanto se encuentran cediendo un protón al medio provocando una disminución del pH del líquido ruminal. Sauvante et.al., (1999) demostraron la relación inversa entre la concentración de AGV's totales y el pH ruminal.

Esta variabilidad demuestra que el pH ruminal no solo es el resultado de la cantidad de ácido producido, sino que otros factores, como la capacidad tampón del medio son importantes. La cantidad de AGV's producida depende de la cantidad de la ración fermentada y esta, a su vez depende de la cantidad de ración ingerida y de la velocidad de degradación.

Sauvant, et.al., (1999) demostraron la asociación negativa entre la cantidad de materia seca ingerida y el pH ruminal, y estimaron una reducción de $0,14 \pm .04$ unidades de pH por cada 10 g de MS por kg PV.

El pH del contenido ruminal disminuye durante las primeras 4-8 semanas de ingestión con el creciente consumo de alimento sólido, lo cual favorece la absorción de AGV's, particularmente del ácido butírico, ya que al presentar un pH alrededor de 5.4 se incrementa su velocidad de absorción en 3 o 4 veces con respecto al ácido acético. (Noble, 1989) y posteriormente el pH se incrementa hasta alcanzar niveles de 6- 6.2 donde se presenta la mayor actividad celulolítica.

El rango de pH que se puede encontrar en rumen oscila entre 6.2 y 7.0; de todos los factores existentes del ambiente ruminal, el pH es el más susceptible a sufrir una variación, y la ración es el más determinante de todos los cambios. El mantenimiento del pH ruminal es el resultado de la producción y la neutralización o eliminación de protones hacia el medio ruminal. Mientras que las fermentaciones de carbohidratos no estructurales son energéticamente más eficientes son altamente ácidogénicas, y su aportación debe limitarse con carbohidratos estructurales o fibrosos, ya que éstos aportan una capacidad amortiguante al medio ruminal. Sin embargo la fibra puede limitar la ingestión y su fermentación es energéticamente menos eficiente.

El factor fibra es un compuesto heterogéneo constituido por varias estructuras químicas de composición conocida, pero cuya estructura tridimensional es variable y poco conocida.

Desde el punto de vista químico la fibra se compone de un complejo entrelazado de celulosa, hemicelulosa y lignina. Con fines prácticos, se ha definido en términos de fibra cruda (FC) fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA), y se utiliza para predecir la calidad de los forrajes, ingestión de la materia seca, digestibilidad y valor energético de los alimentos.

2.6 CELULOSA

Conformada solamente de unidades de glucosa, se encuentra formando la estructura de la pared celular y es la molécula disponible más abundante en la naturaleza. Es una molécula tridimensional conformada al menos de 15 a 10,000 unidades de glucosa, con enlaces β 1-4 de glucopiranosas.

2.6.1 Hemicelulosa

Esta fracción de la pared celular de las plantas está relacionada con las gomas vegetales, se encuentra en menor cantidad que la celulosa y su estructura química es de menor tamaño comparada con la celulosa. Deriva de las cadenas de pentosas y actúa como cemento, junto con la celulosa y fibrillas vegetales. Está conformado por xilosa, arabinosa, galactosa, manosa, ácidos urónicos (galacturónico y glucurónico). Cabe señalar que la concentración tanto de xilosa y arabinosa se ha utilizado como indicador de la calidad del forraje.

Diversos trabajos (Van Soest, 1994) reportan que la digestión de la hemicelulosa es limitada por la concentración de lignina.

2.6.2 Lignina

Es un compuesto fenólico de alto peso molecular, adiciona rigidez a la estructura y limita la disponibilidad de carbohidratos estructurales para los microorganismos

ruminales. La lignificación aumenta con la madurez fenológica con consecuente aumento de ácidos fenólicos.

Desde el punto de vista nutricional de rumiantes, la fibra puede definirse como el conjunto de componentes de los vegetales que presentan baja digestibilidad, por lo que promueven la rumia y el equilibrio ruminal.

La fibra y particularmente los forrajes constituyen el componente fundamental de las raciones en la mayor parte de los sistemas productivos de rumiantes. Sin embargo, los niveles de incorporación en las raciones varían entre rangos muy superiores 25-45% de Fibra Detergente Neutro (FDN) a los niveles recomendados de proteína (15-18%), grasa (4-7%) y cenizas (8-10%).

En animales con indicadores de producción mínima o moderada, las recomendaciones tratan de establecer límites máximos de fibra. El exceso de fibra reduce la capacidad de ingestión de alimentos, digestibilidad de la ración, síntesis de proteína microbiana ruminal y el aporte de energía. Por el contrario, en animales de elevada producción donde la ración deberá contener una elevada densidad energética, las recomendaciones establecen mínimos. La falta de fibra provoca una disminución del contenido de grasa, acidosis, laminitis y desplazamiento de abomaso, debido a desequilibrios físicos (falta de llenado ruminal) o fermentativos (reducción del pH ruminal Allen, 1991). Por lo tanto cuando las estrategias de formulación se orientan a reducir los niveles de fibra efectiva y a la utilización de subproductos, la composición, estructura, forma y tamaño cobra una importancia trascendental. Por lo que en esta plática se revisaran algunos conceptos con respecto a la utilización de fibra como criterio de formulación en el ganado lechero.

2.6.3 Estructura química

Los carbohidratos fibrosos constituyen la fibra efectiva, desde el punto de vista químico, la fibra es un agregado de componentes que no constituye una entidad

propia ya que se encuentran entremezclados como lo es la celulosa, hemicelulosa y lignina y que con frecuencia se asocian minerales y otros componentes.

Según Van Soest, 1982 la fibra se clasifica en los siguientes términos:

2.6.4 Fibra Cruda (FC)

Consiste en un residuo insoluble después de una incubación en una solución ácida, seguida de una alcalina. El residuo insoluble contiene celulosa pero ligada a cantidades variables de hemicelulosa, lignina y compuestos nitrogenados. Dicho contenido de estos componentes que acompañan a la celulosa dependerá del tipo de vegetal y de su estado de madurez fenológico lo que conduce a errores de interpretación por lo que el uso de FC en sistemas de alimentación actuales debe ser limitado.

2.6.5 Fibra detergente neutra (FDN)

Material insoluble en una solución detergente neutra y se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina, existiendo otros compuestos mínimos como residuos de almidón cenizas y nitrógeno. Las recomendaciones recientes de Van Soest, 1991 para la determinación de FDN sugieren la utilización de amilasas termoestables específicas sobre todo en concentrados o ensilados de maíz y una corrección en cenizas.

2.6.6 Fibra detergente ácida (FDA)

Material insoluble en una solución detergente ácida y está constituida fundamentalmente por celulosa y lignina suelen existir componentes minoritarios como nitrógeno y/o minerales.

Como puede observarse la diferencia entre FDN y FDA consiste fundamentalmente en hemicelulosa. Es necesario apuntar que la determinación secuencial de FDA y lignina permite un cálculo más preciso del contenido de celulosa y hemicelulosa, pero que el método no secuencial es más adecuado para la determinación de cenizas ácidas insolubles, taninos y nitrógeno insoluble en FDA.

2.6.7 Degradación ruminal de fibra

La fibra se fermenta en el rumen lentamente por acción de las bacterias celulolíticas (fibrolíticas). El proceso de degradación de la fibra se inicia con la adhesión de las bacterias a la pared vegetal, proceso que se realiza a una velocidad inversamente proporcional al grado de lignificación de dicha pared. Una vez adheridas, la degradación de los componentes de la pared celular progresa por acción de las celulasas y hemicelulasas y varía en función de la composición, entremezclado tridimensional de los componentes y el grado de lignificación.

Las bacterias celulíticas producen glucosa o pentosas como productos intermedios, y utilizan mayoritariamente vías fermentativas que conducen a la producción de acetato como producto final.

Durante el proceso fermentativo de la fibra se pierde un carbono en forma de metano, por lo que el proceso es energéticamente menos eficaz que la fermentación de otros nutrientes. Sin embargo, el acetato juega un papel muy importante en el aporte de precursores para la síntesis de grasa en la glándula mamaria, en consecuencia el aporte de fibra en el rumen y la supervivencia de las bacterias fibrolíticas es imprescindible. La degradabilidad efectiva de la fibra depende de la velocidad de tránsito ruminal y de su velocidad de degradación.

La fibra como nutriente, contribuye al mantenimiento del funcionamiento ruminal es decir por llenado ruminal y estímulo de las contracciones ruminales; y de las condiciones ruminales como pH, a través de la secreción salivar dependiente de la masticación y la rumia., (Nocek, 1994). Estas dos funciones dependen de la

composición, degradabilidad y forma de presentación de la fibra. Sin embargo es importante recalcar que la fibra supone un inconveniente, ya que limita el contenido energético de las raciones (digestibilidad baja) y el potencial de ingestión (Mertens, 1987). Por lo tanto la formulación de raciones adecuada debe orientarse a buscar el equilibrio entre la ingestión máxima de materia seca (niveles inferiores de FDN y el mantenimiento de funciones y condiciones normales del rumen incluyendo cierto niveles mínimos tanto FDN y FDA).

2.6.8 Concepto y la importancia de la fibra efectiva

Las interacciones nutricionales de la fibra no sólo dependen de su composición, sino de las interacciones entre sus componentes y de la forma como se presenta al animal. Por estas razones no es suficiente con considerar únicamente el análisis químico como método de valoración de la calidad de un forraje, y es necesario observar el tamaño de partícula y el manejo de la ración. Por estas consideraciones se dificulta la formulación de raciones y la predicción de la respuesta de los animales a una ración determinada.

El uso de subproductos, tipo de forraje y procesado fino de algunos forrajes (para permitir un mejor ensilado, o henos en forma de pellets) resulta en la aparición de síndromes asociados a la falta de fibra en la ración (acidosis, disfunción ruminal, desplazamientos de abomaso. Muchos subproductos comúnmente utilizados en raciones de rumiantes son ricos en fibra y pueden utilizarse para reemplazar parcialmente los forrajes de la ración. Aunque estos ingredientes contienen fibra, no tiene el mismo efecto a nivel ruminal (Firkins, 1992) Por lo cual se ha generado el concepto de fibra efectiva, FDNe

La fibra efectiva puede definirse como la capacidad real para estimular la rumia y la salivación que resulta en el mantenimiento de las condiciones ruminales óptimas para la producción de leche, y depende del tipo, forma y tamaño de la fibra que estimula la rumia.

Con base a estos principios se han desarrollado índices de valor forraje que estiman el tiempo de masticación y/o rumia por kg de MS, y que han servido de base para estimar el valor de fibra efectiva (FDNe). Con el fin de mantener el llenado ruminal y las condiciones fermentativas adecuadas, se recomienda que el 80% de la FDN se aporte en forma de FDNe, o bien el 22.4 de la FDNe en % de la MS ingerida, (Sudweeks et al., 1981; Santini et al., 1983).

La implementación de estos conceptos en la práctica presenta dos problemas:

- a) disponibilidad de valores de FDNe de los ingredientes es limitada. En la actualidad existen valores establecidos por la Universidad de Michigan y Cornell (Sniffen et al., 1992).
- b) Determinación práctica del valor FDNe en función del tamaño es difícil de estandarizar.

2.6.9 Uso de la fibra como criterio de formulación de raciones

La FDN se utiliza como índice de volumen de la ración y supone un límite a la capacidad de ingestión de la ración. Trabajos de la Universidad de Wisconsin sugieren que la capacidad de ingestión de animales se estima como el 1.2 % del peso vivo como mínimo en forma de FDN (Mertens, 1987). Por encima de éste nivel la FDN puede limitar la ingestión de alimentos, y en ningún caso debe superar el 1.4-1.5% del peso vivo.

La FDA debe reducirse al máximo para optimizar el contenido energético de la ración, pero debe aportarse niveles mínimos que mantengan el equilibrio ruminal.

CAPÍTULO III

Materiales y Métodos

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Caracterización del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la Granja Experimental “La Pradera” en Chaltura y los análisis correspondientes se efectuaron en el laboratorio de uso múltiple de la Universidad Técnica del Norte

3.1.1 Ubicación

Provincia: Imbabura
Cantón: Antonio Ante
Parroquia: San José de Chaltura

3.1.2. Localización

Granja Experimental “La Pradera”

3.1.3. Características climáticas

Temperatura media	17,4°C
Altitud	2350 m.s.n.m.
Humedad relativa	73%
Pluviosidad	503-1000 mm/año
Latitud:	00°, 22', 00' Norte
Longitud	78°, 11', 00' Oeste

Fuente: Departamento de Meteorología de la: Dirección de Aviación Civil
Aeropuerto Militar Atahualpa de la ciudad de Ibarra.

3.1.4 MATERIALES Y EQUIPOS

3.1.4.1 MATERIALES

3.1.4.2 Materia prima

- Caña de azúcar variedad Puerto Rico

3.1.4.3 Insumos

- Urea
- Sal mineral
- Envase plástico de 500 ml

3.1.4.4 Reactivos

- Hidróxido de sodio al 0,1 N
- Ácido sulfúrico 98%
- Fenoftaleina
- Agua destilada

3.1.5 Equipos

- Picador industrial
- Balanza analítica
- Balanza Industrial
- Refractómetro
- Reloj digital
- Medidor digital de PH
- Equipo Kjeldhal
- Equipo para determinar fibra
- Refractómetro de Abbe

3.1.5.1 Instrumentos

- Mesa de trabajo
- Vaso precipitación (50 ml)
- Termómetro
- Probeta 500 ml
- Probeta 250 ml
- Bureta 100 ml

3.1.6 Material de oficina

- Computadora
- Escritorio

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Factores en estudio

La presente investigación para determinar la influencia del grosor del colchón de la caña de azúcar picada en el tiempo de fermentación para la producción de sacararina rústica, son los siguientes factores:

3.2.2 Factor P: Tiempo de pre-fermentación

P1 = 24 horas luego de la cosecha.

P2 = 36 horas luego de la cosecha.

P3 = 48 horas luego de la cosecha.

3.2.3 Factor A: Altura del colchón de la caña de azúcar picada

A1 = 5 cm. de altura

A2 = 10 cm. de altura

3.2.4 Factor F: Tiempo de fermentación

F1 = 24 horas de fermentación

F2 = 36 horas de fermentación

F3 = 48 horas de fermentación

3.3 COMBINACIÓN DE FACTORES

Cuadro N° 8 Combinación de tratamientos

Tratamientos	Factor P (Pre-fermentación)	Factor A (Altura del colchón)	Factor F (Fermentación)	Combinaciones
T1	P1= 24h00	A1= 5 cm.	F1=24h00	P1A1F1
T2	P1=24h00	A2=10 cm.	F1=24h00	P1A2F1
T3	P1=24h00	A1= 5 cm.	F2=36h00	P1A1F2
T4	P1=24h00	A2=10 cm.	F2=36h00	P1A2F2
T5	P1=24h00	A1= 5 cm.	F3=48h00	P1A1F3
T6	P1=24h00	A2=10 cm.	F3=48h00	P1A2F3
T7	P2=36h00	A1= 5 cm.	F1=24h00	P2A1F1
T8	P2=36h00	A2=10 cm.	F1=24h00	P2A2F1
T9	P2=36h00	A1= 5 cm.	F2=36h00	P2A1F2
T10	P2=36h00	A2=10 cm.	F2=36h00	P2A2F2
T11	P2=36h00	A1= 5 cm.	F3=48h00	P2A1F3
T12	P2=36h00	A2=10 cm.	F3=48h00	P2A2F3
T13	P3=48h00	A1= 5 cm.	F1=24h00	P3A1F1
T14	P3=48h00	A2=10 cm.	F1=24h00	P3A2F1
T15	P3=48h00	A1= 5 cm.	F2=36h00	P3A1F2
T16	P3=48h00	A2=10 cm.	F2=36h00	P3A2F2
T17	P3=48h00	A1= 5 cm.	F3=48h00	P3A1F3
T18	P3=48h00	A2=10 cm.	F3=48h00	P3A2F3

3.3.1 Características del experimento

Número de tratamientos:	Dieciocho	(18)
Número de repeticiones:	Tres	(3)
Número de unidades experimentales:	Cincuenta y cuatro	(54)

3.3.2 Características de la unidad experimental

Cada unidad experimental tendrá diez kilogramos de caña de azúcar picada antes de la fermentación para la elaboración de Saccharina rústica.

3.3.3 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó para determinar la influencia del grosor del colchón de la caña de azúcar picada en el tiempo de fermentación para la producción de saccharina rústica, fue: Un Diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo Factorial A x B x C.

3.3.4 Análisis estadístico

Cuadro N° 9 Esquema de análisis de la varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad.
Total	53
Repeticiones	2
Tratamientos	17
Factor P	2
Factor A	1
Factor F	2
Interacción PxA	2
Interacción Px F	4
Interacción Ax F	2
Interacción Px Ax F	4
Error experimental	34

3.4 ANÁLISIS FUNCIONAL

Se procedió a calcular el diseño matemático estadístico correspondiente y su coeficiente de variación para determinar si el experimento realizado es válido o no.

Al obtener diferencia significativa estadística al 5% y al 1% se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y para factores la prueba de Diferencia Mínima Significativa (D.M.S).

3.5 VARIABLES EVALUADAS

3.5.1 Variables cuantitativas

Cuadro N° 10 Análisis Físico Químicos

Análisis	Unidad	Método
Proteína	%	AOAC 960.52
pH	--	Norma NTE 389
Sólidos solubles	° Brix	Norma INEN 380
Acidez total	mg/100g	Norma INEN 341
Acidez Fija (como ác. láctico)	mg/100g	CE 2390/89/EEC
Acidez Volátil (como ác. acético)	mg/100g	CE 2390/89/EEC
Pérdida de peso	Kg	Gravimétrico
Contenido de Humedad	%	CE 79/796/EEC
Fibra total	%	INT INEN 389
Fibra detergente neutra	%	LSAIA-01-02
Fibra detergente ácida	%	LSAIA-01-03

3.5.2 Porcentaje de proteína cruda

Se define en tres etapas:

a) Etapa de mineralización del nitrógeno orgánico

- Se pesa 2 gramos de la muestra valiéndose de una balanza analítica, una hoja de papel bon y un vaso pequeño de cristal
- Se introduce en un tubo digestor la muestra pesada
- Se añade un gramo de catalizador para acelerar el proceso de digestión de la muestra
- Se adiciona 5 gramos de antiespumante
- Por las paredes del tubo digestor se vierte 20 ml de ácido sulfúrico concentrado
- Se coloca en el equipo digestor la muestra con el ácido sulfúrico, calentando suavemente el tubo digestor con el propósito de que no forme espuma y se riegue
- La digestión se realiza hasta obtener un líquido verde claro, en un tiempo de una hora treinta minutos
- Se saca el tubo digestor del equipo de digestión para proceder a enfriarlo durante veinte minutos, para proseguir con la etapa de destilación.

b) Etapa de destilación del amoníaco

- Para diluir el contenido del tubo digestor se añade 50 ml de agua destilada
- En un erlenmeyer de capacidad de 500 ml se coloca 50 ml ácido bórico al 3% añadiendo tres gotas de una mezcla (bromocresol y rojo de metilo), esta mezcla actúa como indicador
- Se acopla el tubo de digestión al equipo de destilación previsto del ingreso de hidróxido de sodio, la punta del refrigerante debe estar inmersa en la solución de ácido bórico
- Por acción del calor se extrae el amoníaco que se desprende del tubo digestor pasando por un serpentín por efecto de arrastre de vapor, liberándose en el erlenmeyer donde reposa el ácido bórico con el indicador
- Se recoge en el erlenmeyer 100 ml del destilado de color verde claro

- Se deja reposar por cinco minutos para proceder a la etapa de valoración y cálculo

c) Etapa de valoración y cálculo

- Se carga la bureta con ácido sulfúrico 0,1 Normal
- Se procede a titular hasta el cambio de color verde claro a rojo

Cálculo

$$\% \text{Nitrógeno total} = \frac{\text{volumen}(\text{H}_2\text{SO}_4) * (0,1\text{N}) * (0.014) * (100)}{\text{Gramos de la muestra}}$$

$$\% \text{Proteína} = (\% \text{Nitrógeno}) * (6,25)$$

Ejemplo:

$$\% \text{Nitrógeno total} = \frac{(26 \text{ ml}) * (0,1\text{N}) * (0.014) * (100)}{2\text{g}}$$

$$= 1,82$$

$$\% \text{Proteína} = (1,82) * (6,25)$$

$$= 11,375 \%$$



Equipo digestor Kjeldhal para determinar proteína

3.5.3 Determinación del PH

- Se toma diez gramos de muestra en un vaso de precipitación de capacidad de 100 ml
- La muestra se mezcla con diez mililitros de agua destilada
- Dejar en reposo diez minutos
- Introducir el electrodo del medidor de pH en la muestra
- Espera que el valor a tomar se estabilice esto sucede cuando el peachímetro emite un sonido, (pita)
- La lectura se realiza por triplicado



Equipo digital que determina pH

3.5.4 Sólidos solubles (° Brix)

- Se procede a limpiar el prisma del refractómetro con agua destilada, secamos con papel absorbente evitando que no quede pelusas en el prisma, este proceso a su vez calibra al refractómetro

- Con la ayuda de una tenaza procedemos a extraer dos gotas del líquido de la muestra, tratando de que caiga en el prisma del refractómetro de Abbe
- Una vez colocada la muestra tapamos el prisma y se procedió a la lectura la cual se lo realiza ubicando la vista con el refractómetro a la luz o reflejos del sol y se toma directamente la lectura en el refractómetro.



Refractómetro de Abbe

3.5.5 Acidez total

- Se coloca cinco gramos de muestra en un vaso de precipitación de capacidad de 250 ml
- Verter sobre la muestra 10 ml de agua destilada
- Dejar en reposo dos minutos
- Agregar cinco gotas de fenolftaleína
- Cargar la bureta con hidróxido de sodio 0,1 Normal(meq/mg)
- Instalar el equipo agitador
- Se precede a titular con hidróxido de sodio 0,1 Normal mientras la muestra es constantemente agitada por el agitador magnético
- La titulación se realiza hasta el cambio de color de transparente a rojo
- Se toma el dato del volumen del hidróxido de sodio consumido, para ser remplazado en la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez total} = \frac{(\text{Normalidad del NaOH}) \cdot (\text{volumen consumido de NaOH}) \cdot (0,090)}{\text{gramos de muestra}} \cdot 100$$

EJEMPLO:

$$\text{Acidez total} = \frac{\left[\frac{0,1 \text{ meq}}{\text{ml}} \right] \left[4,6 \text{ ml} \right] \left[\frac{0,090 \text{ mg}}{\text{meq}} \right]}{5 \text{ g}} \cdot 100$$

$$\text{Acidez total} = 0.828 \text{ mg}/100\text{g}$$

Donde:

meq = mili equivalente químico de la solución de hidróxido de sodio



Titulación con NaOH para determinar acidéz total

3.5.6 Acidez fija

- Se colocó diez gramos de muestra en un vaso de precipitación de capacidad de 250 ml
- Se vierte sobre la muestra 100 ml de agua destilada
- Este contenido es llevado a una hornilla, para someter a ebullición durante diez minutos
- Retirar de la hornilla dejando reposar cinco minutos
- Agregar cinco gotas de fenolftaleína a la muestra

- Cargar la bureta con hidróxido de sodio 0,1 Normal
- Instalar el equipo agitador
- Titular con hidróxido de sodio 0,1 Normal mientras la muestra es constantemente agitada por el agitador magnético
- La titulación se realiza hasta el cambio de color de transparente a rojo
- Se toma el dato del volumen del hidróxido de sodio consumido para ser remplazado en la siguiente fórmula y ejemplo:

$$\text{Acidez fija} = \frac{(\text{Normalidad del NaOH}) \cdot (\text{volumen consumido de NaOH}) \cdot (0,060)}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

EJEMPLO:

$$\text{Acidez fija} = \frac{\left(\frac{0,1\text{meq}}{\text{ml}}\right) \cdot (5,85\text{ml}) \cdot \left(\frac{0,060\text{mg}}{\text{meq}}\right)}{5\text{g}} \times 100$$

$$\text{Acidez fija} = 0,702\text{mg}/100\text{g}$$

3.5.7 Acidez volátil

- Es la diferencia de la acidez total menos la acidez fija

Formula:

$$\text{Acidez Volatil} = \text{Acidez total} - \text{Acidez Fija}$$

Ejemplo:

$$\text{Acidez Volátil} = 0,828 \text{ mg}/100\text{g} - 0,702 \text{ mg}/100\text{g}$$

$$\text{Acidez Volátil} = 0,126 \text{ mg}/100\text{g}$$

3.5.8 Pérdida de peso

- Utilizando un balde, una balanza digital con capacidad de 5 kg, una pala, espátula, recogedor de plástico y una escoba
- Se procedió a pesar 10 kg de muestra en la balanza digital, para luego colocar la muestra pesada en moldes de madera de 50 por 50 centímetros, y un espesor de 10 centímetros que viene a ser la altura de colchón A2.

Para evaluar la altura de colchón A1 que es de 5 cm. procedo a pesar 10 kg de la muestra distribuyéndola en moldes de madera de 60 por 60 centímetros con un espesor de 5 cm. de altura.

- La muestra fue sometida a una fermentación aerobia bajo la exposición solar, ubicada sobre una superficie lisa de cemento, con volteo cada dos horas, las temperaturas promedio en los días que duró la etapa experimental fueron:
6:00 horas 14 °C, 12:00 horas 28 °C, a las 18:00 horas 16 °C

Ejemplo:

Peso inicial de la muestra	= 10.000 kg
Peso final de la muestra	= 9.735 kg
Diferencia de peso	= 0.255 kg



Balanza digital para determinar diferencia de peso

3.5.9 Contenido de humedad

- Se procedió a pesar con exactitud el crisol de porcelana en la balanza analítica
- Luego se encera la balanza incluido el crisol, para añadir en el crisol 5 gramos de la muestra
- El crisol con la muestra fue colocada en la estufa a 150 °C durante una hora
- Transcurrido ese tiempo se retira el crisol de la estufa y dejamos enfriar por 5 minutos, para pesar la capsula con el residuo
- Utilizamos la siguiente fórmula para determinar el contenido de humedad:

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \frac{(\text{peso de la muestra}) - (\text{peso del residuo} - \text{peso del crisol})}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

Ejemplo:

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \frac{5,1424 \text{ g} - (33,8525 \text{ g} - 31,5756 \text{ g})}{5,1424 \text{ g}} * 100$$

$$= 100 - \frac{5,124 \text{ g} - (2,2769 \text{ g})}{5,1424 \text{ g}} * 100$$

$$= 100 - \frac{2,8655 \text{ g}}{5,1424 \text{ g}} * 100$$

$$= 100 - (0,5572 * 100)$$

$$= 100 - (55,723)$$

$$\% \text{ Humedad} = 44,277\%$$



Muestras en recipientes plásticos listas para determinar su % de humedad

3.6 Fibra total (bruta)

- Se procedió a pesar el crisol de Gooch en la balanza analítica
- Encerar la balanza con el crisol y se coloca 1 gramo de la muestra dentro del crisol
- Se seca el crisol con la muestra, para luego trasladarlo al equipo digestor que realizara el análisis de fibra cruda
- Con una pinza se colocó el crisol en el soporte del Fibertest, se bajó la palanca de sierre del Fibertes, luego se ubicó la tapa reflectora delante del crisol fijándolo en los ganchos
- Se ubicó en la posición de cerrado el control de mando, para introducir en la parte superior del refrigerante 150 ml de ácido sulfúrico 0,223 molar, precalentado a 90 °C, para reducir el tiempo de hervor.
- También se agregó 3 gotas de alcohol isoamílico como antiespumante, cuando empezó a hervir se ajustó el mando de control de calor a temperatura baja, en el nivel 3 en este caso.

- Se dejó en ebullición durante 30 minutos, luego se conecta la bomba de vacío para drenar el ácido sulfúrico, se procedió a lavar la muestra tres veces con 30 ml de agua destilada caliente
- Esta muestra drenada y lavada se lleva a realizar una digestión básica añadiendo 150 ml de hidróxido de potasio 0,223 molar más tres gotas de alcohol isoamílico que trabaja como un antiespumante
- La mezcla se llevó a ebullición durante treinta minutos, luego se vuelve a drenar y a lavar con agua destilada tres veces.
- Con una pinza se retiró el crisol que contiene la muestra del equipo digestor, para ser trasladado a la estufa a 130 °C durante dos horas
- Se procedió a retirar la muestra de la estufa y dejamos enfriar en el desecador durante 30 minutos, luego ser traslado para pesar a la balanza analítica
- Luego se introduce el crisol con la muestra a la mufla durante 3 horas a 500 °C, se deja enfriar a temperatura ambiente durante 15 minutos y se procedió a pesar, para calcular el contenido de fibra cruda utilizando la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{\text{peso del crisol luego de la estufa} - \text{peso del crisol luego de la mufla}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

3.6.1 Fibra detergente neutra (FDN)

- Se toma una muestra seca molida para hacer pasar por un tamiz de 1 mm de diámetro, para luego colocar 1 gramo de la muestra seca en el crisol ubicado en la balanza previamente encerada.
- El crisol que contiene la muestra es trasladado al equipo digestor, para agregar 100 ml de lauril sulfato (solución detergente neutra con un pH 7), más tres gotas de alcohol isoamílico que reacciona como antiespumante.
- Luego se lleva a ebullición durante 60 minutos exactos a un nivel constante, sin que forme espuma.

- Filtro el residuo evacuando la solución de detergente neutro, con la ayuda de una bomba de vacío.
- Lavar tres veces el residuo usando porciones de agua destilada de 150 ml en cada ocasión, y luego dos veces con 5 ml de acetona fría.
- Utilizar una pinza y colocar el crisol en la estufa a 105°C durante 12 horas
- Al termino del tiempo se retira con las pinzas el crisol de la estufa, para pasar al secar y enfriar por 40 minutos.
- Se procedió a pesar en la balanza analítica el crisol, que contiene el residuo y se procedió a aplicar la siguiente formula

$$\% \text{FDN} = \frac{\text{peso del crisol con el residuo} - \text{peso del crisol con la muestra}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

3.6.2 Fibra detergente ácida (FDA)

- Se toma una muestra seca molida para hacer pasar por un tamiz de 1 mm de diámetro, para luego colocar 1 gramo de la muestra seca en el crisol ubicado en la balanza previamente encerada.
- A temperatura ambiente a la muestra se agregar 100 ml de un compuesto (ácido sulfúrico y bromuro de acetiltrimetilamonio), es el compuesto detergente ácido, más tres gotas de alcohol isoamílico que reacciona como antiespumante.
- Se traslada el crisol al digestor de fibra, se procede a activar el equipo, para llevar a ebullición durante 60 minutos a un nivel constante, sin la formación de espuma.
- Filtrar el residuo evacuando la solución de detergente ácida, con la ayuda de una bomba de vacío.
- Se precede a lavar por tres veces utilizando 150ml de agua caliente (35°C ± 2) en cada ocasión, y luego dos veces con 5 ml de acetona fría (13°C ± 2).

- El crisol es colocado en la estufa a 105°C durante 12 horas, transcurrido el tiempo se retira el crisol de la estufa con la utilización de una pinza, para pasar al secador y enfriarlo por 40 minutos.
- Se procedió a pesar en la balanza analítica el crisol, que contiene el residuo y se procedió a aplicar la siguiente formula

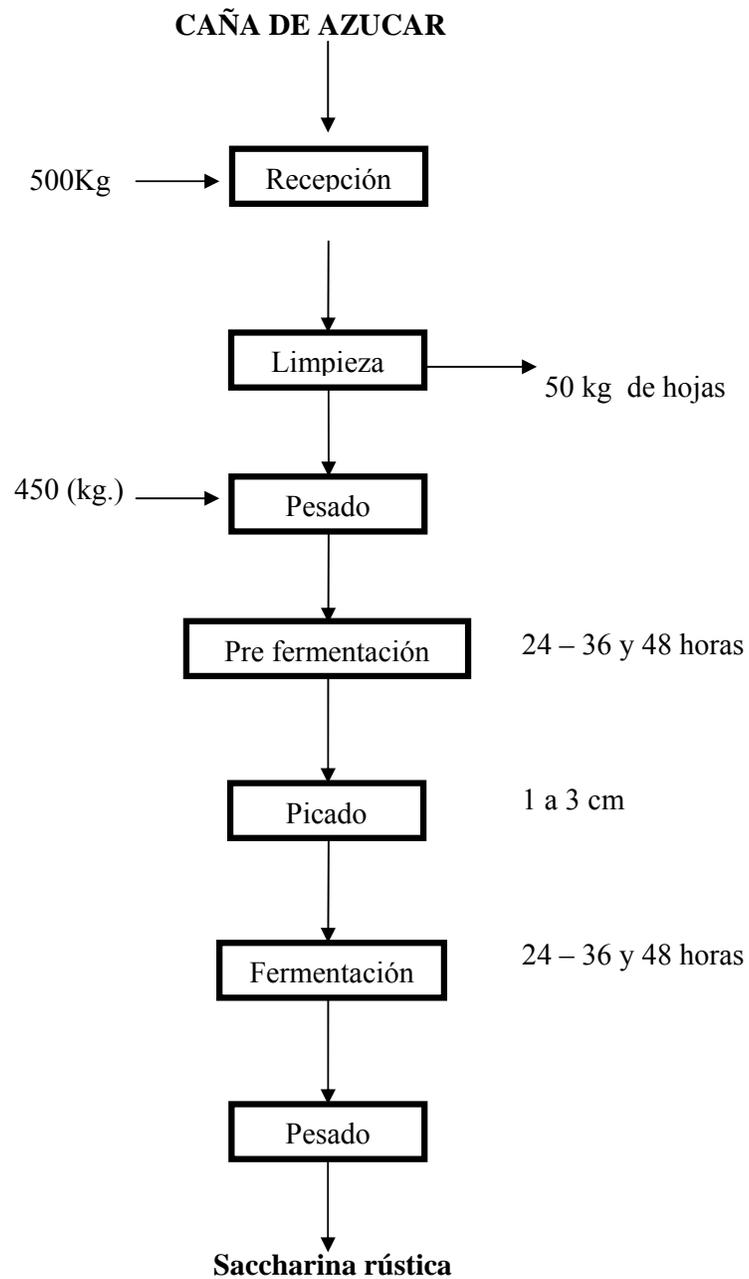
$$\% \text{ FDA} = \frac{\text{peso del crisol con el residuo} - \text{peso del crisol con la muestra}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

3.7 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.7.1 Descripción de la materia prima.

La caña de azúcar fue recolectada en la zona del valle del Chota en el sector de Mascarilla y se le realizo los siguientes análisis previos a realizar la investigación

3.7.2 Diagrama para elaborar saccharina rústica.



3.7.3 Descripción del proceso para producción de saccharina rústica.

Recepción.

Llegó 500 kg caña de azúcar entera desde el valle del Chota sector Mascarilla en un vehículo hasta las instalaciones de la Granja La Pradera ubicada en san José de Chaltura

Limpieza.

Se seleccionó los tallos, eliminando sus hojas con la ayuda de un machete y guantes de hilo.

Pesado.

La caña de azúcar libre de hojas pesó 450 kg. Este proceso se realizó con una balanza con capacidad de cien kilogramos.

Pre fermentación.

Las cañas de azúcar una vez recolectadas, limpias, pesadas, fue expuesta al sol, por un espacio de: 24, 36 y 48 horas, en cada lapso de tiempo establecido, se desarrolla un proceso de reacciones químicas, aumentando el porcentaje de proteína, grados Brix, modificando su potencial hidrógeno, disminuyendo el contenido de humedad, conforme avanza el tiempo.

Picado.

Los tallos de caña de azúcar pre fermentados, fueron troceados por una máquina picadora de forraje acoplada a una transmisión de un tractor. Manteniéndose a 2200 revoluciones por minuto el motor del tractor.

Fermentación.

En esta etapa 150 kg de caña picada se mezclaron con 2.25 kg de Urea que contiene el 46% de Nitrógeno más 0,75 kg. De sales minerales distribuida sobre

una superficie de cemento en cajones de 50 x 50 cm con dos diferentes alturas de 5 y 10 cm. con el fin de conocer la evolución de la curva de comportamiento para: Proteína, Fibra, Sólidos Solubles, pH, Acidez, contenido de Humedad y su diferencia de peso, fue necesario voltear cada dos horas esta biomasa, con el deseo de obtener secado uniforme, con una buena ventilación.

Todo el proceso fue controlado en los tiempos establecidos a las 24, 36 y 48 horas.

Pesado.

Utilizando una balanza digital se procedió a pesar la saccharina rústica para determinar la primera variable diferencias de peso. Luego se procedió a determinar las demás variables establecidas en el cuadro N° 10.

CAPÍTULO IV

Resultados y Discusiones

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Luego de haber realizado la investigación “Influencia del grosor del colchón de la caña de azúcar picada en el tiempo de fermentación para la producción de saccharina rústica” se obtuvo los siguientes resultados.

4.1 Análisis de las variables cuantitativas

Las variables cuantitativas se consideran aquellas que son tangibles, medibles con la utilización de instrumentos, equipos, y métodos preestablecidos; y que son independientes de la apreciación de nuestros sentidos.

Las variables cuantitativas tomadas en la presente investigación fueron las siguientes: Proteína, pH, Sólidos solubles, Acidez (total, fija, volátil), Pérdida de peso, Contenido de humedad y Fibra (total, detergente neutra, detergente ácida), a las que se realizó el análisis estadístico

4.1.1 Análisis de la variable porcentaje de Proteína (base húmeda)

CUADRO N° 11 Datos obtenidos de la variable porcentaje de Proteína en base húmeda

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	\bar{x}
		I	II	III		
T1	P1A1F1	11,056	11,209	11,947	34,21	11,404
T2	P1A2F1	10,213	10,428	10,628	31,27	10,423
T3	P1A1F2	11,138	11,581	11,388	34,11	11,369
T4	P1A2F2	10,331	10,059	10,019	30,41	10,136
T5	P1A1F3	10,166	10,159	9,806	30,13	10,044
T6	P1A2F3	11,088	11,572	11,322	33,98	11,327
T7	P2A1F1	10,160	10,390	10,192	30,74	10,247
T8	P2A2F1	10,501	10,292	10,569	31,36	10,454
T9	P2A1F2	11,736	11,266	11,266	34,27	11,423
T10	P2A2F2	11,397	11,316	11,275	33,99	11,329
T11	P2A1F3	12,975	12,850	12,613	38,44	12,813
T12	P2A2F3	12,425	12,781	12,413	37,62	12,540
T13	P3A1F1	12,350	12,850	12,744	37,94	12,648
T14	P3A2F1	10,150	10,256	10,284	30,69	10,230
T15	P3A1F2	13,947	13,850	13,650	41,45	13,816
T16	P3A2F2	10,341	10,144	10,600	31,09	10,362
T17	P3A1F3	11,719	11,191	11,081	33,99	11,330
T18	P3A2F3	12,659	12,747	12,122	37,53	12,509
Σ Bloques		204,352	204,941	203,919	613,21	

Fuente: Autor

CUADRO N° 12 Análisis de la varianza para la variable porcentaje de Proteína
En base húmeda

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Totales	53	64,93				
Repeticiones	2	0,03	0,01	0,25 ^{NS}	3,28	5,20
Tratamientos	17	62,88	3,70	62,49 ^{**}	1,90	2,49
Factor P	2	9,92	4,96	83,80 ^{**}	3,28	5,20
Factor A	1	5,57	5,57	94,15 ^{**}	4,13	7,44
Factor F	2	6,72	3,36	56,72 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x A	2	5,88	2,94	49,70 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x F	4	11,11	2,78	46,93 ^{**}	2,65	3,93
Interacción A x F	2	13,34	6,67	112,71 ^{**}	3,28	5,20
Interacción PxAxF	4	10,33	2,58	43,64 ^{**}	2,65	3,93
Error. Exp.	34	2,01	0,06			

CV = 0.87%

NS = No significativo

* = Significativo al 5%

** = Significativo al 1% (Altamente significativo)

CV = Coeficiente de variación

En el análisis de la varianza se observa que existe una diferencia altamente significativa para los tratamientos, los tres factores y todas sus interacciones, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para factores e interacciones, el CV muestra que, el procedimiento fue conducido de manera satisfactoria.

CUADRO N° 13 Prueba de Tukey para tratamientos en la variable porcentaje de Proteína en base húmeda

Tratamiento	Código	Media	Rangos de Tukey al 5%
T15	P3A1F2	13,816	a
T11	P2A1F3	12,813	b
T13	P3A1F1	12,648	b
T12	P2A2F3	12,540	b
T18	P3A2F3	12,509	b
T9	P2A1F2	11,423	c
T1	P1A1F1	11,404	c
T3	P1A1F2	11,369	c
T17	P3A1F3	11,330	c
T10	P2A2F2	11,329	c
T6	P1A2F3	11,327	c
T8	P2A2F1	10,454	d
T2	P1A2F1	10,423	d
T16	P3A2F2	10,362	d
T7	P2A1F1	10,247	d
T14	P3A2F1	10,230	d
T4	P1A2F2	10,136	d
T5	P1A1F3	10,044	d

Una vez realizada la prueba de Tukey para la variable porcentaje de Proteína en base húmeda se obtuvo 4 rangos (a, b, c, d), lo que significa que, el tratamiento 15 (48 horas de Pre fermentación + altura de colchón 5cm + 36 horas de Fermentación) presentó el mayor porcentaje de Proteína en base húmeda. Y destaca al rango **a**.

Seguida por el segundo grupo que los conforman los tratamientos T11, T13, T12 Y T18.

CUADRO N° 14 Prueba de D.M.S. al 5% para el Factor P (Tiempo de Pre fermentación) de la variable porcentaje de Proteína en base húmeda.

Pre-fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (P3)	11,816	a
36 horas (P2)	11,468	a
24 horas (P1)	10,784	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para Tiempo de Pre-fermentación indica que, a las 36 y 48 horas se obtiene una mayor concentración de proteínas, al ser comparada las medias de los niveles.

CUADRO N° 15 Prueba de D.M.S. al 5% para el Factor A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada) en la variable porcentaje de Proteína en base húmeda.

Altura de colchón (cm)	Media	Rangos
5 cm (A1)	11,677	a
10 cm (A2)	11,035	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para la Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada indica que, a una altura de 5 cm se

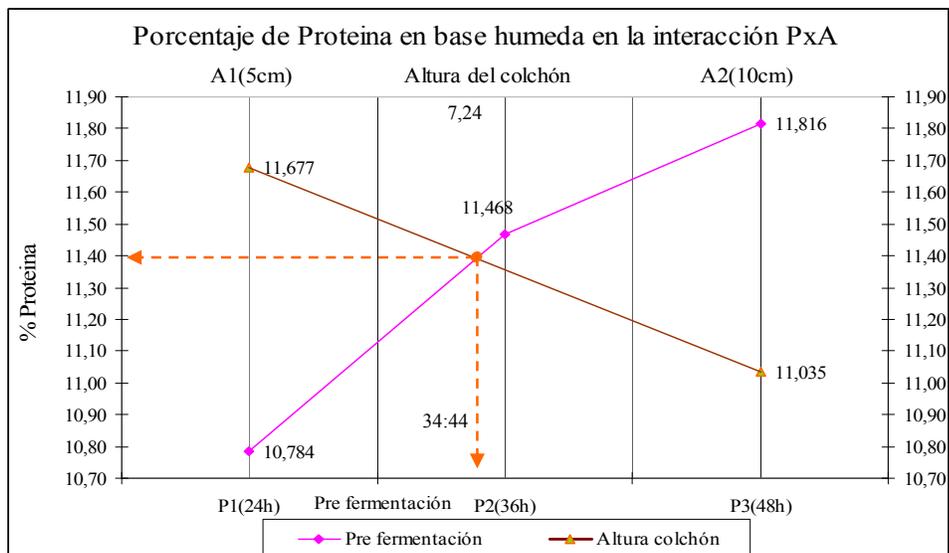
obtiene una mayor concentración de proteínas, al ser comparada las medias de los niveles.

CUADRO N° 16 Prueba de D.M.S. al 5% para el Factor F (Tiempo de Fermentación) de la variable porcentaje de Proteína en base húmeda.

Fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (F3)	11,761	a
36 horas (F2)	11,406	a
24 horas (F1)	10,901	b

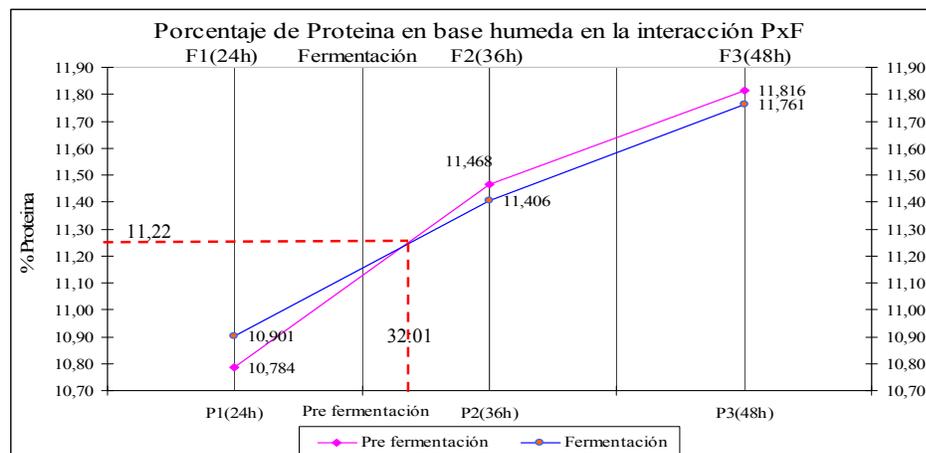
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para Tiempo de Fermentación indica que, a las 48 horas se obtiene una mayor concentración de proteínas, al ser comparada las medias de los niveles.

GRÁFICO N° 1 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada) para el porcentaje de Proteína en base húmeda.



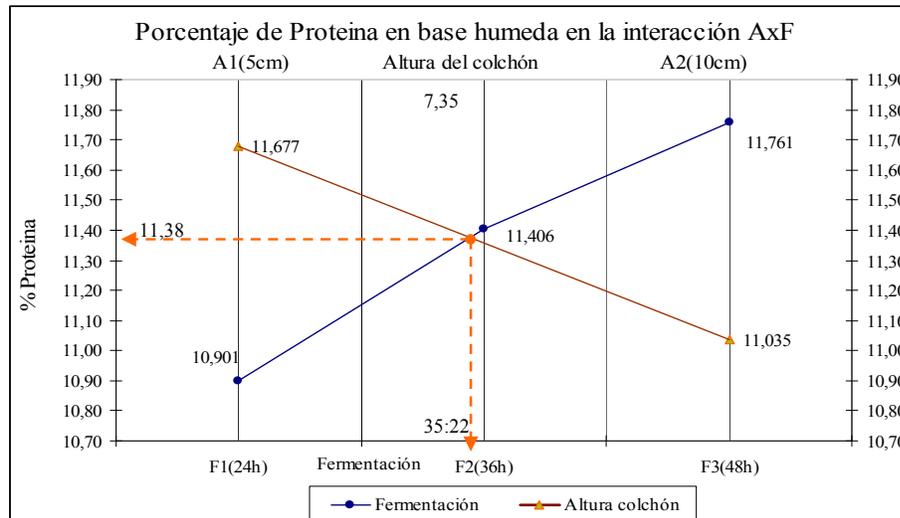
En el gráfico 1 se observa que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada). En la cual se obtiene un contenido de proteína óptimo de 11,40% de Proteína.

GRÁFICO N° 2 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación) para el porcentaje de Proteína en base húmeda.



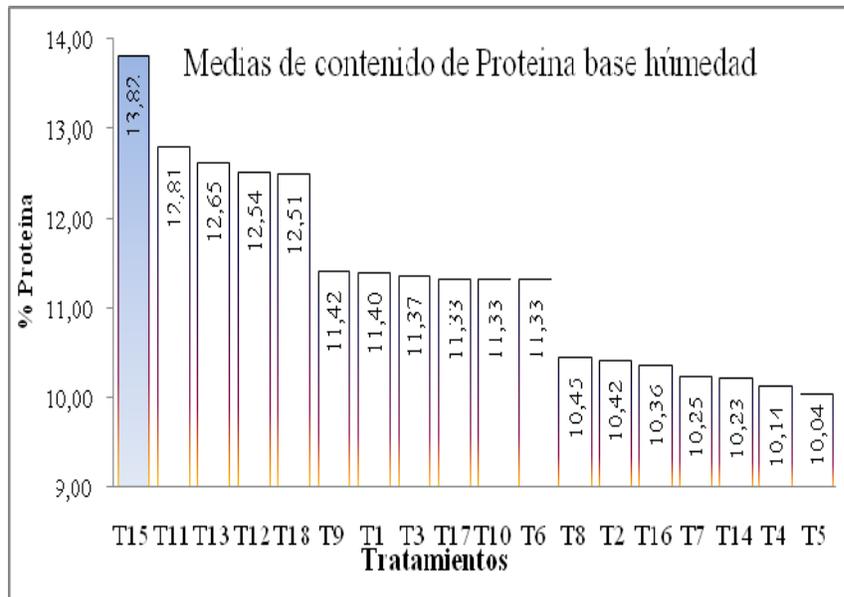
En el gráfico 2 se observa que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación), esta interacción indica que se logra un aumento progresivo en relación al tiempo, tomando valores superiores el factor P (Tiempo de Pre-fermentación).

GRÁFICO N° 3 Interacción de los factores F (Tiempo de Fermentación) y A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada) para el porcentaje de Proteína en base húmeda.



En el gráfico 3 se observa que existe un punto de interacción entre los factores F (Tiempo de Fermentación) y A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada), esta interacción está ubicada en 11,38% de Proteína considerado punto óptimo.

GRÁFICO N° 4 Media de los tratamientos de la variable porcentaje de Proteína en base húmeda



En el grafico 4 se observa que el tratamientos T15 (48 horas de Pre fermentación + altura de colchón 5cm + 36 horas de Fermentación) presenta el mayor porcentaje de Proteína en base húmeda.

4.1.2 Análisis de la variable Potencial de hidrógeno (pH)

CUADRO N° 17 Datos obtenidos de la variable potencial de hidrógeno

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	\bar{X}
		I	II	III		
T1	P1A1F1	4,790	4,830	4,870	14,490	4,830
T2	P1A2F1	4,040	3,910	3,880	11,830	3,943
T3	P1A1F2	4,650	4,800	4,750	14,200	4,733
T4	P1A2F2	4,140	4,250	4,680	13,070	4,357
T5	P1A1F3	4,030	3,340	3,530	10,900	3,633
T6	P1A2F3	3,430	3,420	3,400	10,250	3,417
T7	P2A1F1	4,540	4,500	4,490	13,530	4,510
T8	P2A2F1	4,260	4,260	4,320	12,840	4,280
T9	P2A1F2	4,210	3,890	3,780	11,880	3,960
T10	P2A2F2	3,920	3,960	4,010	11,890	3,963
T11	P2A1F3	4,110	3,920	3,750	11,780	3,927
T12	P2A2F3	3,900	3,960	3,950	11,810	3,937
T13	P3A1F1	4,250	4,440	4,440	13,130	4,377
T14	P3A2F1	4,090	4,100	3,970	12,160	4,053
T15	P3A1F2	4,170	4,260	4,280	12,710	4,237
T16	P3A2F2	4,360	4,050	3,980	12,390	4,130
T17	P3A1F3	3,760	3,710	3,550	11,020	3,673
T18	P3A2F3	3,600	3,690	3,590	10,880	3,627
Σ Bloques		74,250	73,290	73,220	220,760	4,088

Fuente: Autor

CUADRO N° 18 Análisis de la varianza para la variable potencial de hidrógeno (pH)

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Totales	53	8,294				
Repeticiones	2	0,037	0,018	0,848 ^{NS}	3,28	5,20
Tratamientos	17	7,520	0,442	20,382 ^{**}	1,90	2,49
Factor P	2	0,168	0,084	3,881 [*]	3,28	5,20
Factor A	1	0,787	0,787	36,275 ^{**}	4,13	7,44
Factor F	2	4,115	2,058	94,817 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x A	2	0,445	0,223	10,254 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x F	4	1,517	0,379	17,470 ^{**}	2,65	3,93
Interacción A x F	2	0,397	0,198	9,143 ^{**}	3,28	5,20
Interacción PxAxF	4	0,090	0,023	1,037 ^{NS}	2,65	3,93
Error. Exp.	34	0,738	0,022			

CV = 0.07%

En el análisis de la varianza se observa que existe una diferencia altamente significativa para los tratamientos, para el factor A, para el factor F, para la interacción PxA, para la interacción PxF, para la interacción AxF, también hay diferencia significación para el factor P, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para factores e interacciones, el CV muestra que, el procedimiento fue conducido adecuadamente de manera satisfactoria.

CUADRO N° 19 Prueba de Tukey para tratamientos en la variable potencial de hidrógeno (pH)

Tratamiento	Código	Media	Rangos de Tukey al 5%
T1	P1A1F1	4,830	a
T3	P1A1F2	4,733	a
T7	P2A1F1	4,510	a
T13	P3A1F1	4,377	a
T4	P1A2F2	4,357	b
T8	P2A2F1	4,280	b
T15	P3A1F2	4,237	b
T16	P3A2F2	4,130	b
T14	P3A2F1	4,053	b
T10	P2A2F2	3,963	b
T9	P2A1F2	3,960	b
T2	P1A2F1	3,943	b
T12	P2A2F3	3,937	b
T11	P2A1F3	3,927	b
T17	P3A1F3	3,673	c
T5	P1A1F3	3,633	c
T18	P3A2F3	3,627	c
T6	P1A2F3	3,417	c

Una vez realizada la prueba de Tukey para la variable pH se obtuvo 3 rangos (a, b, c), lo que significa que, el tratamiento T1 (24 horas de Pre fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta el mayor valor de pH, aceptable para la ingesta como alimento para ganado.

Seguido por los tratamientos T3, T7 y T13.

CUADRO N° 20 Prueba de Duncan al 5% para el Factor P (Tiempo de Pre fermentación) de la variable potencial de hidrógeno (pH).

Pre-fermentación (tiempo)	Media	Rangos
24 horas (P1)	4,152	a
36 horas (P2)	4,096	a
48 horas (P3)	4,016	a

Al realizar la prueba de Duncan al 5% para Tiempo de Pre-fermentación indica que, no existe diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles.

CUADRO N° 21 Prueba de Duncan al 5% para el Factor A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada) en la variable potencial de hidrógeno (pH).

Altura de colchón (cm)	Media	Rangos
5 cm (A1)	4,209	a
10 cm (A2)	3,967	a

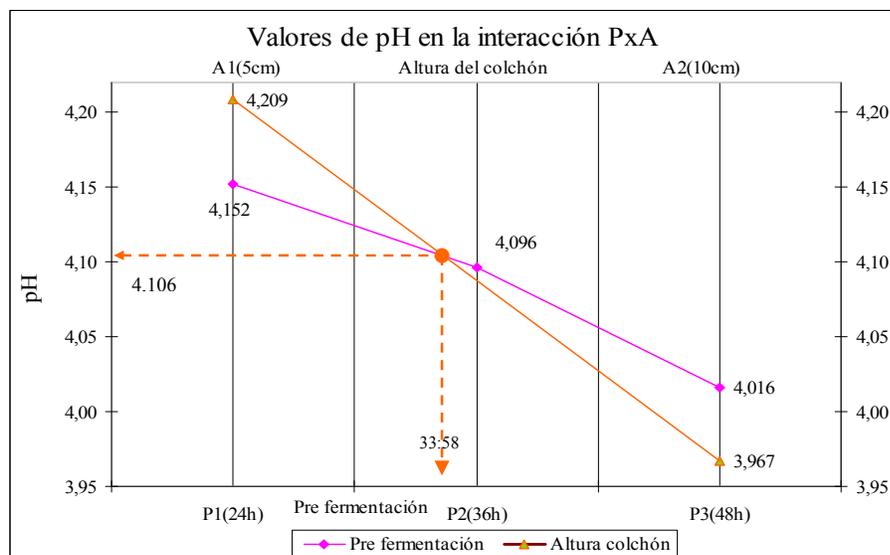
Al realizar la prueba de Duncan al 5% para la Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada indica que, no existe diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles.

CUADRO N° 22 Prueba de D.M.S. al 5% para el Factor F (Tiempo de Fermentación) de la variable potencial de hidrógeno (pH).

Fermentación (tiempo)	Media	Rangos
24 horas (F1)	4,332	a
36 horas (F2)	4,230	a
48 horas (F3)	3,702	b

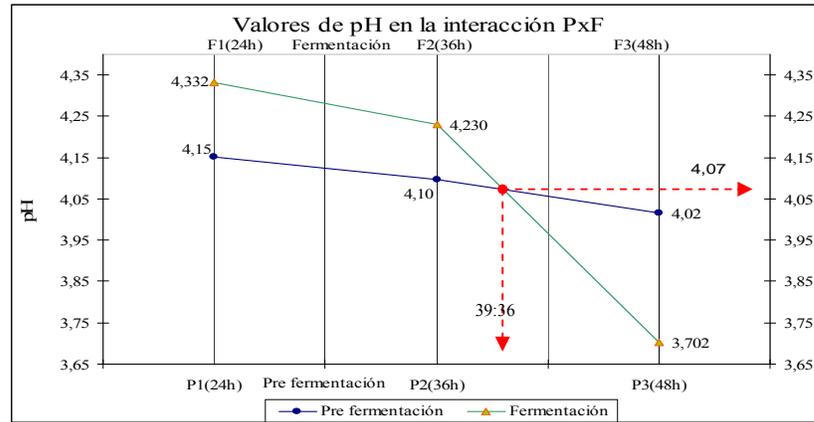
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para Tiempo de Fermentación indica que, a las 24 y 36 horas se obtiene un mayor valor de pH, adecuado para la alimentación de ganado, al realizar la comparación de las medias de los niveles.

GRÁFICO N° 5 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada) para el potencial de hidrógeno (pH).



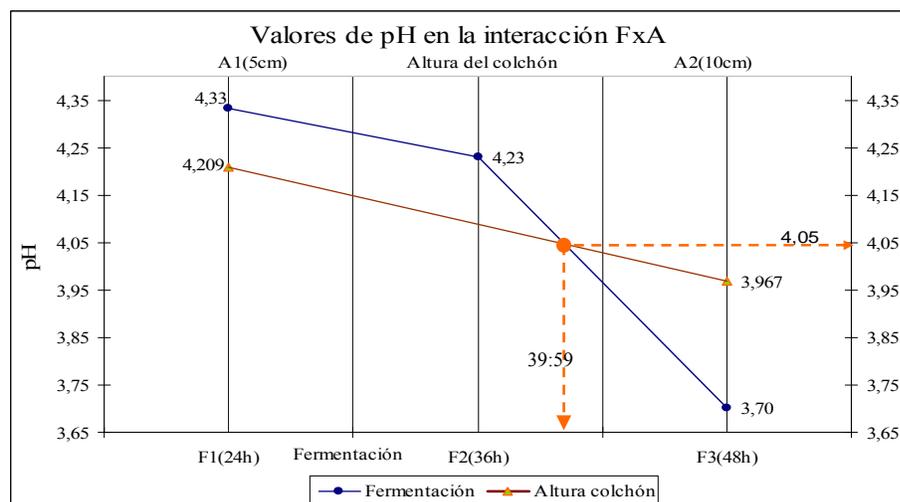
En el gráfico 9 indica que, existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada), indica que el punto óptimo es a las 33horas y 58 minutos de Pre-fermentación y una altura de colchón de 7 cm, para obtener un pH de 4,106.

GRÁFICO N° 6 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación) para el potencial de hidrógeno (pH).



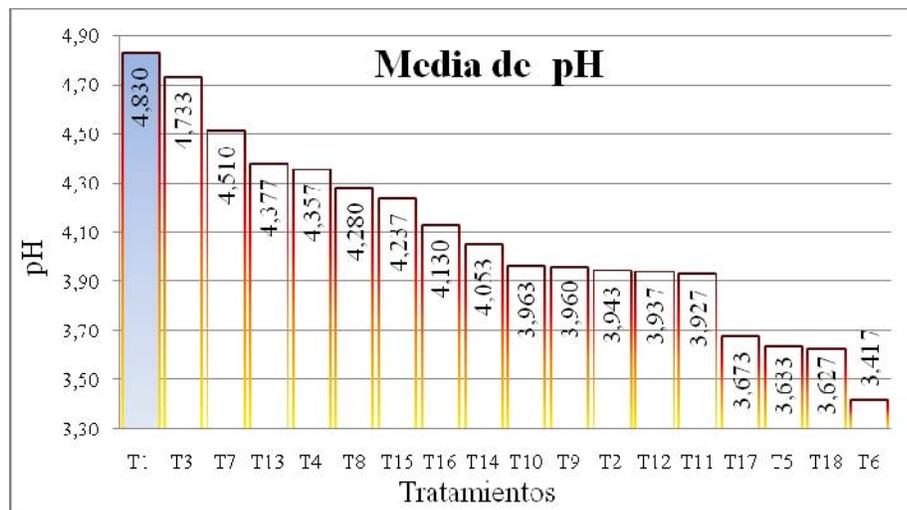
El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación), el tiempo máximo es 39 horas con 36 minutos de Pre-fermentación y Fermentación para obtener un pH de 4,07.

GRÁFICO N° 7 Interacción de los factores F (Tiempo de Fermentación) y A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada) para el potencial de hidrógeno (pH).



El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores F (Tiempo de Fermentación) y A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada), el tiempo máximo es 39 horas con 59 minutos de Fermentación y una altura del colchón de 8,5 cm, para obtener un pH de 4,05.

GRÁFICO N° 8 Media de los tratamientos de la variable potencial de hidrógeno (pH).



El gráfico indica que el tratamiento T1 (24 horas de Pre fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación), presenta el mayor valor de pH 4,83, considerado el mejor tratamiento, debido a que es el valor que más próximo está a un alimento adecuado para ganado.

4.1.3 Análisis de la variable Sólidos Solubles (°Brix)

CUADRO N° 23 Datos obtenidos de la variable Sólidos Solubles (°Brix).

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	\bar{X}
		I	II	III		
T1	P1A1F1	27,00	27,75	27,80	82,55	27,52
T2	P1A2F1	24,25	24,50	24,50	73,25	24,42
T3	P1A1F2	22,50	32,50	28,25	83,25	27,75
T4	P1A2F2	25,00	27,75	29,25	82,00	27,33
T5	P1A1F3	44,25	39,25	40,50	124,00	41,33
T6	P1A2F3	29,50	31,50	22,50	83,50	27,83
T7	P2A1F1	28,25	26,25	30,50	85,00	28,33
T8	P2A2F1	29,75	28,00	29,50	87,25	29,08
T9	P2A1F2	40,75	45,75	39,75	126,25	42,08
T10	P2A2F2	28,50	40,90	30,25	99,65	33,22
T11	P2A1F3	41,75	41,95	39,00	122,70	40,90
T12	P2A2F3	31,50	30,25	29,50	91,25	30,42
T13	P3A1F1	39,25	40,50	40,75	120,50	40,17
T14	P3A2F1	32,50	32,75	32,75	98,00	32,67
T15	P3A1F2	41,00	43,25	44,50	128,75	42,92
T16	P3A2F2	34,25	32,25	35,00	101,50	33,83
T17	P3A1F3	29,25	29,00	32,00	90,25	30,08
T18	P3A2F3	42,25	41,25	37,50	121,00	40,33
Σ Bloques		591,500	615,350	593,800	1800,65	33,35

Fuente: Autor

CUADRO N° 24 Análisis de la varianza para la variable Sólidos Solubles (°Brix).

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Totales	53	2253,99				
Repeticiones	2	19,23	9,62	1,27 ^{NS}	3,28	5,20
Tratamientos	17	1976,86	116,29	15,33 ^{**}	1,90	2,49
Factor P	2	491,74	245,87	32,41 ^{**}	3,28	5,20
Factor A	1	293,30	293,30	38,67 ^{**}	4,13	7,44
Factor F	2	243,56	121,78	16,05 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x A	2	44,52	22,26	2,93 ^{NS}	3,28	5,20
Interacción P x F	4	304,16	76,04	10,02 ^{**}	2,65	3,93
Interacción A x F	2	18,18	9,09	1,20 ^{NS}	3,28	5,20
Interacción PxAxF	4	581,40	145,35	19,16 ^{**}	2,65	3,93
Error. Exp.	34	257,89	7,59			

CV = 0.15%

En el análisis de la varianza se observa que existe una diferencia altamente significativa para los tratamientos, para los factores (P, A, y F), para la interacción P x F, para la interacción P x A x F, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para factores e interacciones, el CV muestra que, el procedimiento fue conducido adecuadamente de manera satisfactoria.

CUADRO N° 25 Prueba de Tukey para tratamientos en la variable Sólidos Solubles (°Brix).

Tratamiento	Código	Media	Rangos de Tukey al 5%
T15	P3A1F2	42,917	a
T9	P2A1F2	42,083	a
T5	P1A1F3	41,333	a
T11	P2A1F3	40,900	a
T18	P3A2F3	40,333	a
T13	P3A1F1	40,167	a
T16	P3A2F2	33,833	b
T10	P2A2F2	33,217	b
T14	P3A2F1	32,667	b
T12	P2A2F3	30,417	b
T17	P3A1F3	30,083	b
T8	P2A2F1	29,083	b
T7	P2A1F1	28,333	b
T6	P1A2F3	27,833	b
T3	P1A1F2	27,750	b
T1	P1A1F1	27,517	b
T4	P1A2F2	27,333	b
T2	P1A2F1	24,417	b

Una vez realizada la prueba de Tukey para la variable °Brix se obtuvo 2 rangos (a, b), lo que significa que, el tratamiento 15 (48 horas de Pre fermentación + altura de colchón 5 cm + 36 horas de Fermentación) es el que presenta la mayor concentración de sólidos solubles, esta concentración es más apetecible por el ganado, comparada con la adición de melaza al heno. Seguido por los tratamientos T9, T5, T11, T18 y T13.

CUADRO N° 26 Prueba de D.M.S. al 5% para el Factor P (Tiempo de Pre fermentación) de la variable Sólidos Solubles (°Brix).

Pre-fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (P3)	36,667	a
36 horas (P2)	34,006	a
24 horas (P1)	29,364	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para Tiempo de Pre-fermentación indica que, a las 36 y 48 se obtiene una mayor concentración de sólidos solubles adecuados para la alimentación de ganado, quedando como mejor nivel P3 (48 horas de Pre-fermentación).

CUADRO N° 27 Prueba de Duncan al 5% para el Factor A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada) en la variable Sólidos Solubles (°Brix).

Altura de colchón (cm)	Media	Rangos
5 cm (A1)	35,676	a
10 cm (A2)	31,015	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

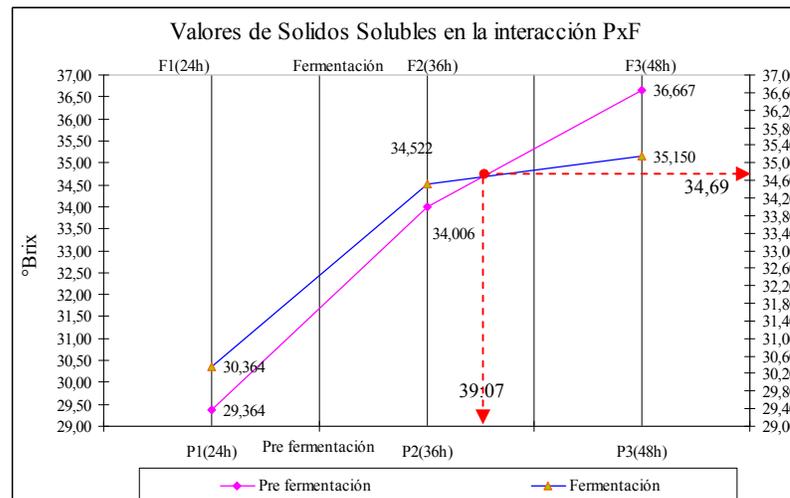
Al realizar la prueba de Duncan al 5% para la Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada indica que, existe diferencia significativa, al comparar las medias de los dos niveles. y el mejor nivel es A1 (5cm de altura del colchón de la caña de azúcar picada) porque obtuvo mayor concentración de sólidos solubles.

CUADRO N° 28 Prueba de Duncan al 5% para el Factor F (Tiempo de Fermentación) de la variable Sólidos Solubles (°Brix).

Fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (F3)	35,150	a
36 horas (F2)	34,522	a
24 horas (F1)	30,364	b

Al realizar la prueba de Duncan al 5% para Tiempo de Fermentación indica que, a las 36 y 48 se obtiene una mayor concentración de sólidos solubles adecuados para la alimentación de ganado, quedando como mejor nivel P3 (48 horas de Pre-fermentación), al realizar la comparación de las medias de los niveles.

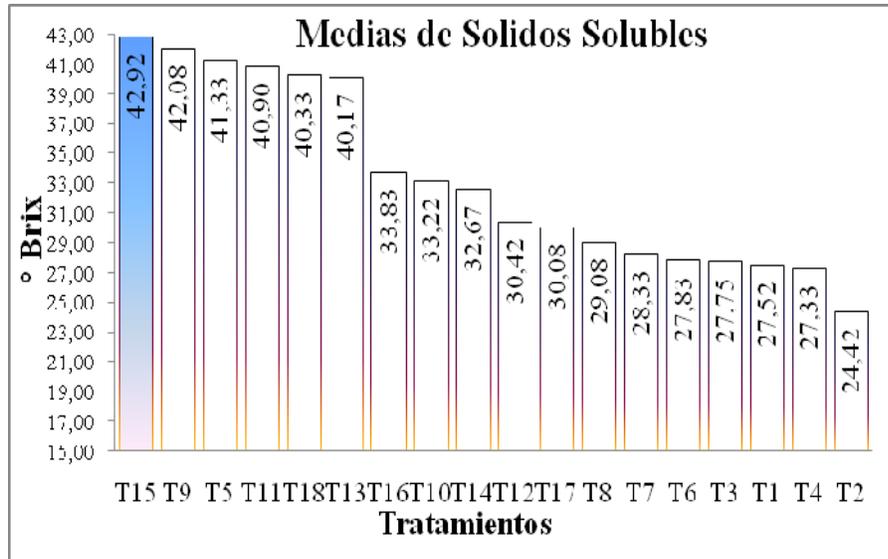
GRÁFICO N° 9 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación) para Sólidos Solubles (°Brix).



El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación), el tiempo máximo es 39

horas con 7 minutos de Pre-fermentación y Fermentación para obtener un punto óptimo de 34,69 °Brix.

GRÁFICO N° 10 Media de los tratamientos de la variable Sólidos Solubles (°Brix).



El gráfico indica que el tratamiento T15 (48 horas de Pre fermentación + altura de colchón 5 cm + 36 horas de Fermentación), presenta la mayor concentración de sólidos solubles, considerado el mejor tratamiento, debido a que es más aceptado por el ganado.

4.1.4 Análisis de la variable Acidez Total (mg/100g)

CUADRO N° 29 Datos obtenidos de la variable Acidez Total (mg/100g).

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	\bar{X}
		I	II	III		
T1	P1A1F1	0,879	0,848	0,541	2,27	0,756
T2	P1A2F1	0,743	0,643	0,857	2,24	0,748
T3	P1A1F2	0,982	0,942	0,669	2,59	0,864
T4	P1A2F2	0,686	0,889	0,727	2,30	0,767
T5	P1A1F3	0,747	0,730	0,653	2,13	0,710
T6	P1A2F3	0,778	0,726	0,530	2,03	0,678
T7	P2A1F1	0,875	0,790	0,768	2,43	0,811
T8	P2A2F1	0,757	0,911	0,850	2,52	0,839
T9	P2A1F2	0,724	0,875	0,900	2,50	0,833
T10	P2A2F2	0,826	0,858	0,812	2,50	0,832
T11	P2A1F3	0,733	0,707	0,884	2,32	0,775
T12	P2A2F3	0,572	0,521	0,615	1,71	0,569
T13	P3A1F1	0,580	0,502	0,582	1,66	0,555
T14	P3A2F1	0,785	0,560	0,671	2,02	0,672
T15	P3A1F2	0,915	0,658	0,759	2,33	0,777
T16	P3A2F2	0,884	0,779	0,780	2,44	0,814
T17	P3A1F3	1,947	2,210	1,983	6,14	2,047
T18	P3A2F3	2,110	1,810	2,250	6,17	2,057
Σ Bloques		16,523	15,959	15,831	48,31	0,895

Fuente: Autor

CUADRO N° 30 Análisis de la varianza para la variable Acidez Total (mg/100g).

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Totales	53	9,905				
Repeticiones	2	0,015	0,008	0,544 ^{NS}	3,28	5,20
Tratamientos	17	9,419	0,554	40,051 ^{**}	1,90	2,49
Factor P	2	1,815	0,907	65,590 ^{**}	3,28	5,20
Factor A	1	0,004	0,004	0,275 ^{NS}	4,13	7,44
Factor F	2	1,679	0,839	60,682 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x A	2	0,035	0,017	1,264 ^{NS}	3,28	5,20
Interacción P x F	4	5,823	1,456	105,22 ^{**}	2,65	3,93
Interacción A x F	2	0,033	0,017	1,205 ^{NS}	3,28	5,20
Interacción PxAxF	4	0,031	0,008	0,559 ^{NS}	2,65	3,93
Error. Exp.	34	0,470	0,014			

$$CV = 0.24\%$$

En el análisis de la varianza se observa que existe una diferencia altamente significativa para los tratamientos, para los factores (P, y F), para la interacción PxF, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para factores e interacciones, el CV muestra que, la investigación fue conducido adecuadamente de manera satisfactoria.

CUADRO N° 31 Prueba de Tukey para tratamientos en la variable Acidez Total (mg/100g).

Tratamiento	Código	Media	Rangos de Tukey al 5%
T18	P3A2F3	2,057	a
T17	P3A1F3	2,047	a
T3	P1A1F2	0,864	b
T8	P2A2F1	0,839	b
T9	P2A1F2	0,833	b
T10	P2A2F2	0,832	b
T16	P3A2F2	0,814	b
T7	P2A1F1	0,811	b
T15	P3A1F2	0,777	b
T11	P2A1F3	0,775	b
T4	P1A2F2	0,767	b
T1	P1A1F1	0,756	b
T2	P1A2F1	0,748	b
T5	P1A1F3	0,710	b
T6	P1A2F3	0,678	b
T14	P3A2F1	0,672	b
T12	P2A2F3	0,569	b
T13	P3A1F1	0,555	b

Una vez realizada la prueba de Tukey para la variable Acidez Total se obtuvo 2 rangos (a, b), lo que significa que, el tratamiento 13 (48 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta el menor contenido acidez total.

CUADRO N° 32 Prueba de D.M.S. al 5% para el Factor P (Tiempo de Pre fermentación) de la variable Acidez Total (mg/100g).

Pre-fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (P3)	1,154	a
36 horas (P2)	0,777	b
24 horas (P1)	0,754	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

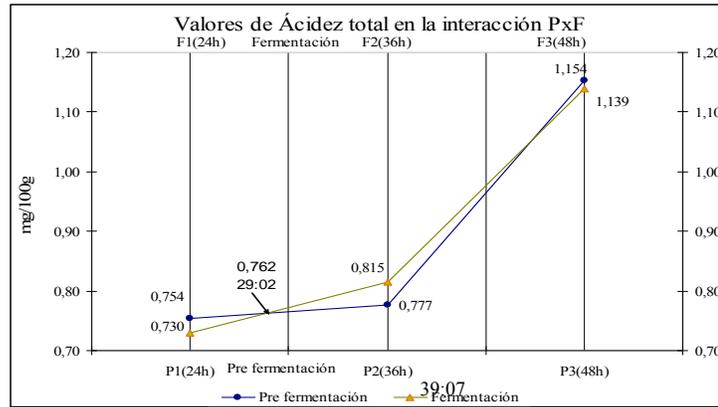
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para Tiempo de Pre-fermentación indica que, hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, se destaca el nivel P1 (24 horas de Pre-fermentación), debido a que presenta menor valor de acidez total.

CUADRO N° 33 Prueba de D.M.S. al 5% para el Factor F (Tiempo de Fermentación) de la variable Acidez Total (mg/100g).

Fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (F3)	1,139	a
36 horas (F2)	0,815	b
24 horas (F1)	0,730	b

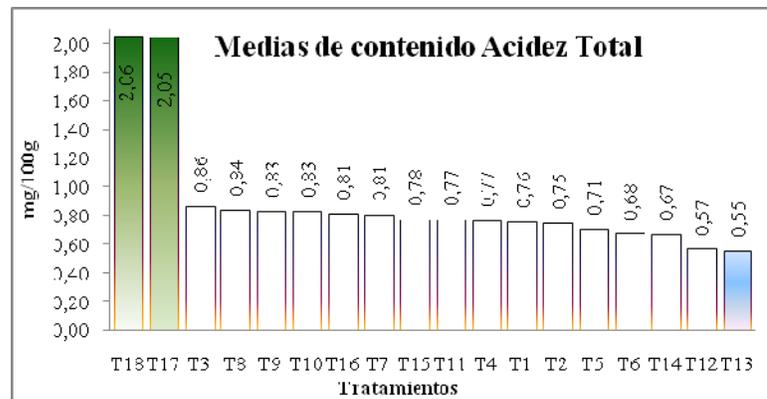
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para Tiempo de Fermentación indica que, hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, queda como mejor nivel F1 (24 horas de Fermentación), debido a que presenta menor valor de acidez total, recomendable para una adecuada ingesta.

GRÁFICO N° 11 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación) para Acidez Total (mg/100g).



El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación), el tiempo máximo de Pre-fermentación y Fermentación es de 29 horas con 2 minutos para obtener un punto óptimo de 0,762 acidez total.

GRÁFICO N° 12 Media de los tratamientos de la variable Acidez Total (mg/100g).



El gráfico indica que el tratamiento T13 (48 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta el menor contenido acidez total.

4.1.5 Análisis de la variable Acidez fija (mg/100g)

CUADRO N°34 Datos obtenidos de la variable Acidez fija (mg/100g).

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	\bar{X}
		I	II	III		
T1	P1A1F1	0,705	0,668	0,458	1,83	0,610
T2	P1A2F1	0,585	0,447	0,657	1,69	0,563
T3	P1A1F2	0,810	0,765	0,505	2,08	0,693
T4	P1A2F2	0,540	0,752	0,576	1,87	0,623
T5	P1A1F3	0,612	0,567	0,525	1,70	0,568
T6	P1A2F3	0,604	0,573	0,476	1,65	0,551
T7	P2A1F1	0,773	0,687	0,606	2,07	0,689
T8	P2A2F1	0,578	0,753	0,691	2,02	0,674
T9	P2A1F2	0,527	0,718	0,779	2,02	0,675
T10	P2A2F2	0,623	0,707	0,710	2,04	0,680
T11	P2A1F3	0,498	0,469	0,560	1,53	0,509
T12	P2A2F3	0,524	0,422	0,498	1,44	0,481
T13	P3A1F1	0,429	0,339	0,539	1,31	0,436
T14	P3A2F1	0,636	0,425	0,553	1,61	0,538
T15	P3A1F2	0,483	0,382	0,607	1,47	0,491
T16	P3A2F2	0,717	0,479	0,623	1,82	0,606
T17	P3A1F3	1,040	1,190	1,040	3,27	1,090
T18	P3A2F3	1,290	0,940	1,170	3,40	1,133
Σ Bloques		11,974	11,283	11,573	34,83	0,645

Fuente: Autor

CUADRO N° 35 Análisis de la varianza para la variable Acidez Fija (mg/100g).

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Totales	53	2,183				
Repeticiones	2	0,013	0,007	0,581 ^{NS}	3,28	5,20
Tratamientos	17	1,778	0,105	9,079 ^{**}	1,90	2,49
Factor P	2	0,137	0,069	5,959 ^{**}	3,28	5,20
Factor A	1	0,001	0,001	0,115 ^{NS}	4,13	7,44
Factor F	2	0,177	0,089	7,690 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x A	2	0,043	0,021	1,849 ^{NS}	3,28	5,20
Interacción P x F	4	1,412	0,353	30,648 ^{**}	2,65	3,93
Interacción A x F	2	0,001	0,000	0,033 ^{NS}	3,28	5,20
Interacción PxAxF	4	0,007	0,002	0,145 ^{NS}	2,65	3,93
Error. Exp.	34	0,392	0,012			

$$CV = 0.31\%$$

En el análisis de la varianza se observa que existe una diferencia altamente significativa para los tratamientos, para los factores (P, y F), para la interacción PxF, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para factores e interacciones, el CV muestra que, la investigación fue conducido adecuadamente de manera satisfactoria.

CUADRO N° 36 Prueba de Tukey para tratamientos en la variable Acidez Fija (mg/100g).

Tratamiento	Código	Media	Rangos de Tukey al 5%
T18	P3A2F3	1,133	a
T17	P3A1F3	1,090	a
T3	P1A1F2	0,693	b
T7	P2A1F1	0,689	b
T10	P2A2F2	0,680	b
T9	P2A1F2	0,675	b
T8	P2A2F1	0,674	b
T4	P1A2F2	0,623	b
T1	P1A1F1	0,610	b
T16	P3A2F2	0,606	b
T5	P1A1F3	0,568	b
T2	P1A2F1	0,563	b
T6	P1A2F3	0,551	b
T14	P3A2F1	0,538	b
T11	P2A1F3	0,509	b
T15	P3A1F2	0,491	b
T12	P2A2F3	0,481	b
T13	P3A1F1	0,436	b

Una vez realizada la prueba de Tukey para la variable Acidez Total se obtuvo 2 rangos (a, b), lo que significa que, el tratamiento 13 (48 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta el menor contenido acidez fija.

CUADRO N° 37 Prueba de Duncan al 5% para el Factor P (Tiempo de Pre fermentación) de la variable Acidez Total (mg/100g).

Pre-fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (P3)	0,716	a
36 horas (P2)	0,618	a
24 horas (P1)	0,601	a

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

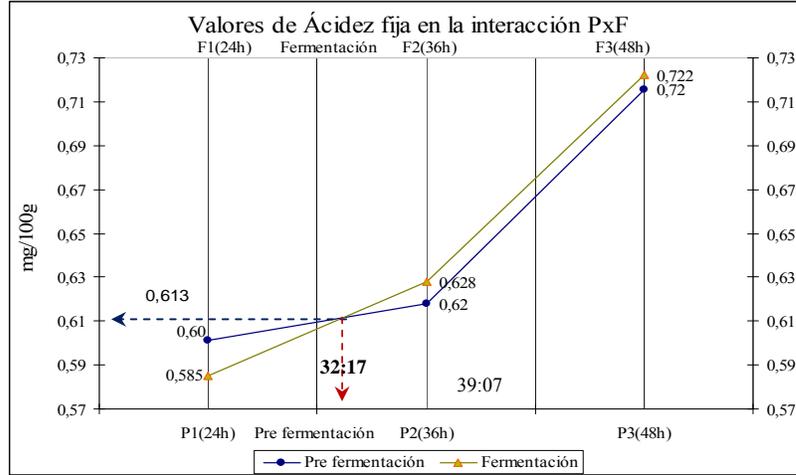
Al realizar la prueba de Duncan al 5% para Tiempo de Pre-fermentación indica que, hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, se destaca el nivel P1 (24 horas de Pre-fermentación), debido a que presenta menor valor de acidez Fija.

CUADRO N° 38 Prueba de Duncan al 5% para el Factor F (Tiempo de Fermentación) de la variable Acidez Fija (mg/100g).

Fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (F3)	0,722	a
36 horas (F2)	0,628	a
24 horas (F1)	0,585	a

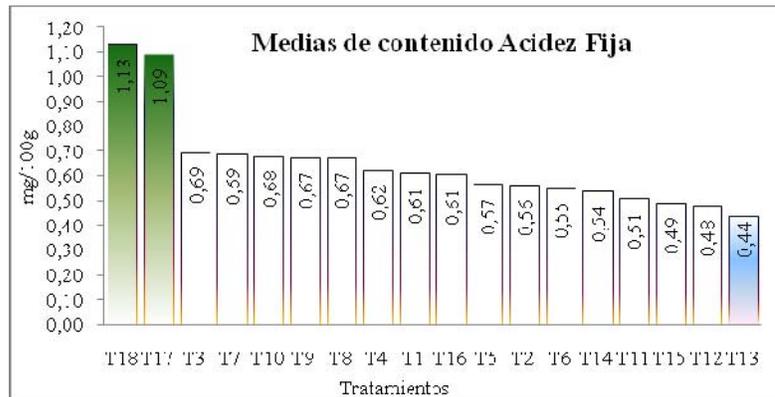
Al realizar la prueba de Duncan al 5% para Tiempo de Fermentación indica que, hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, queda como mejor nivel F1 (24 horas de Fermentación), debido a que presenta menor valor de acidez Fija, recomendable para una adecuada ingesta.

GRÁFICO N° 13 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación) para Acidez Total (mg/100g).



El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación), el tiempo máximo de Pre-fermentación y Fermentación es de 32 horas con 17 minutos para obtener un punto óptimo de 0,613 Acidez Fija.

GRÁFICO N° 14 Media de los tratamientos de la variable Acidez Fija (mg/100g).



El gráfico indica que el tratamiento T13 (48 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta el menor contenido acidez Fija.

4.1.6 Análisis de la variable Acidez Volátil (mg/100g)

CUADRO N° 39 Datos obtenidos de la variable Acidez Volátil (mg/100g).

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	\bar{x}
		I	II	III		
T1	P1A1F1	0,174	0,180	0,083	0,44	0,146
T2	P1A2F1	0,158	0,196	0,200	0,55	0,185
T3	P1A1F2	0,172	0,177	0,164	0,51	0,171
T4	P1A2F2	0,146	0,137	0,151	0,43	0,145
T5	P1A1F3	0,135	0,163	0,128	0,43	0,142
T6	P1A2F3	0,174	0,153	0,054	0,38	0,127
T7	P2A1F1	0,102	0,103	0,162	0,37	0,122
T8	P2A2F1	0,179	0,158	0,159	0,50	0,165
T9	P2A1F2	0,197	0,157	0,121	0,48	0,158
T10	P2A2F2	0,203	0,151	0,102	0,46	0,152
T11	P2A1F3	0,235	0,238	0,324	0,80	0,266
T12	P2A2F3	0,048	0,099	0,117	0,26	0,088
T13	P3A1F1	0,151	0,163	0,043	0,36	0,119
T14	P3A2F1	0,149	0,135	0,118	0,40	0,134
T15	P3A1F2	0,432	0,276	0,152	0,86	0,287
T16	P3A2F2	0,167	0,300	0,157	0,62	0,208
T17	P3A1F3	0,907	1,020	0,943	2,87	0,957
T18	P3A2F3	0,820	0,870	1,080	2,77	0,923
Σ Bloques		4,549	4,676	4,258	13,48	0,250

Fuente: Autor

CUADRO N° 40 Análisis de la varianza para la variable Acidez Volátil (mg/100g).

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Totales	53	3,482				
Repeticiones	2	0,005	0,003	0,641 ^{NS}	3,28	5,20
Tratamientos	17	3,341	0,197	49,375 ^{**}	1,90	2,49
Factor P	2	0,957	0,479	120,242 ^{**}	3,28	5,20
Factor A	1	0,010	0,010	2,418 ^{NS}	4,13	7,44
Factor F	2	0,772	0,386	97,026 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x A	2	0,005	0,003	0,631 ^{NS}	3,28	5,20
Interacción P x F	4	1,546	0,387	97,120 ^{**}	2,65	3,93
Interacción A x F	2	0,027	0,013	3,368 [*]	3,28	5,20
Interacción PxAxF	4	0,024	0,006	1,486 ^{NS}	2,65	3,93
Error. Exp.	34	0,135	0,004			

CV = 0.47%

En el análisis de la varianza se observa que existe una diferencia altamente significativa para tratamientos, para los factores (P, y F), para la interacción PxF, y diferencia significativa para la interacción AxF, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para factores e interacciones, el CV muestra que, la investigación fue conducido adecuadamente de manera satisfactoria.

CUADRO N° 41 Prueba de Tukey para tratamientos en la variable Acidez Volátil (mg/100g).

Tratamiento	Código	Media	Rangos de Tukey al 5%
T17	P3A1F3	0,957	a
T18	P3A2F3	0,923	a
T15	P3A1F2	0,287	b
T11	P2A1F3	0,266	b
T16	P3A2F2	0,208	b
T2	P1A2F1	0,185	b
T3	P1A1F2	0,171	b
T8	P2A2F1	0,165	b
T9	P2A1F2	0,158	b
T10	P2A2F2	0,152	b
T1	P1A1F1	0,146	b
T4	P1A2F2	0,145	b
T5	P1A1F3	0,142	b
T14	P3A2F1	0,134	b
T6	P1A2F3	0,127	b
T7	P2A1F1	0,122	b
T13	P3A1F1	0,119	b
T12	P2A2F3	0,088	b

Una vez realizada la prueba de Tukey para la variable Acidez Volátil se obtuvo 2 rangos (a, b), lo que significa que, el tratamiento 12 (36 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 48 horas de Fermentación) es el que presenta el menor contenido acidez volátil, lo que significa que es más aceptado por el ganado.

CUADRO N° 42 Prueba de Duncan al 5% para el Factor P (Tiempo de Pre fermentación) de la variable Acidez Volátil (mg/100g).

Pre-fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (P3)	0,438	a
36 horas (P2)	0,159	b
24 horas (P1)	0,153	b

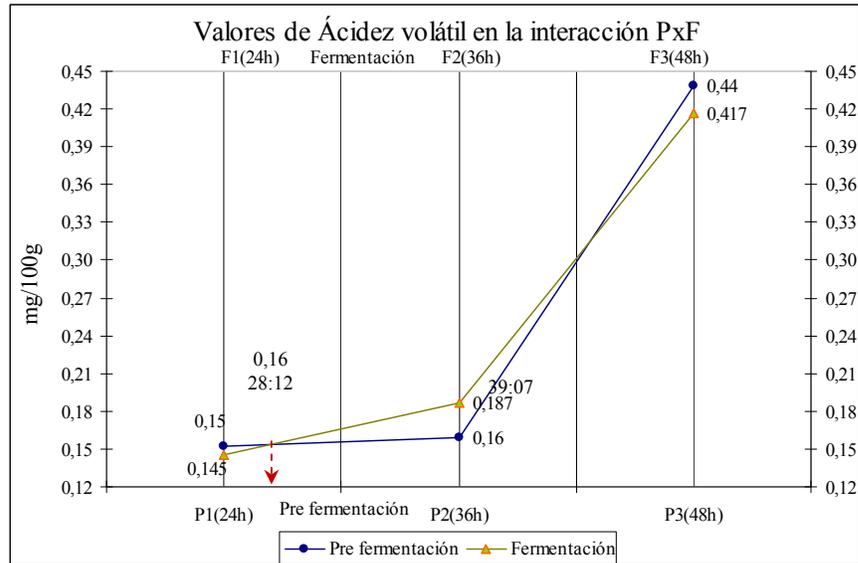
Al realizar la prueba de Duncan al 5% para Tiempo de Pre-fermentación indica que, hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, se destaca el nivel P1 (24 horas de Pre-fermentación), debido a que presenta menor valor de acidez Volátil, debido a que es más aceptado por el ganado.

CUADRO N° 43 Prueba de Duncan al 5% para el Factor F (Tiempo de Fermentación) de la variable Acidez Fija (mg/100g).

Fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (F3)	0,417	a
36 horas (F2)	0,187	b
24 horas (F1)	0,145	b

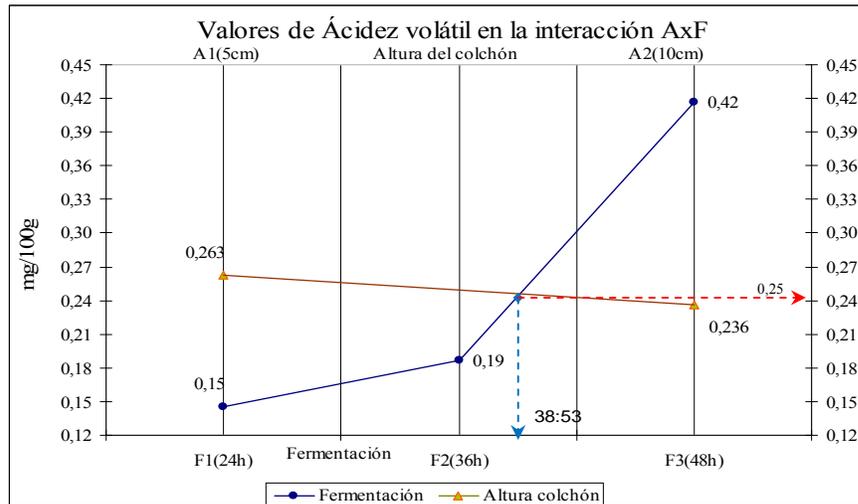
Al realizar la prueba de Duncan al 5% para Tiempo de Fermentación indica que, hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, queda como mejor nivel F1 (24 horas de Fermentación), debido a que presenta menor valor de acidez Volátil (como ácido acético), es más aceptado por el ganado.

GRÁFICO N° 15 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación) para Acidez Volátil (mg/100g).



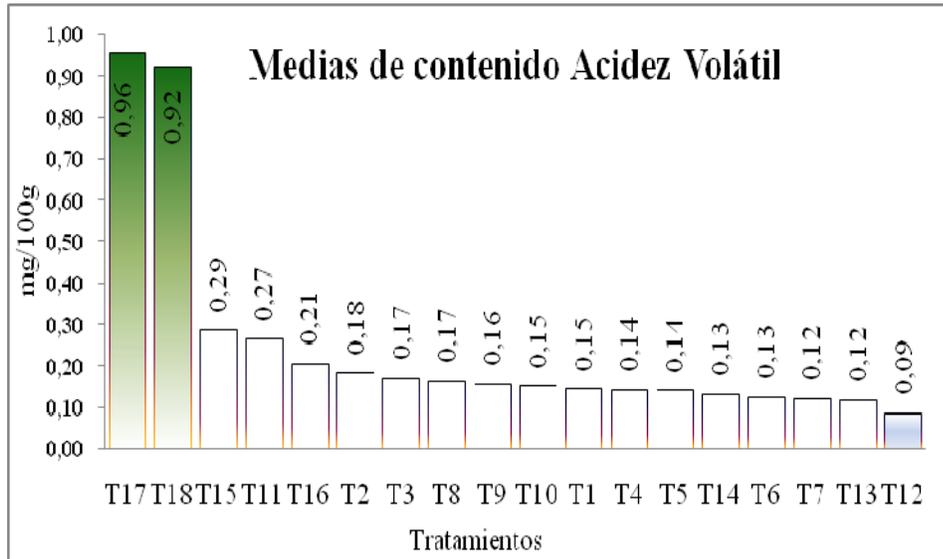
El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación), el tiempo máximo de Pre-fermentación y Fermentación es de 28 horas con 12 minutos para obtener un punto óptimo de 0,16 Acidez Volátil, adecuado para alimentar a los ganados.

GRÁFICO N° 16 Interacción de los factores A (Altura del colchón de caña de azúcar picada) y F (Tiempo de Fermentación) para Acidez Volátil (mg/100g).



El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores A (Altura del colchón de caña de azúcar picada) y F (Tiempo de Fermentación), el tiempo máximo de Altura de colchón de caña es de 8 cm y Fermentación es de 38 horas con 53 minutos para obtener un punto máximo de 0,25 Acidez Volátil, para alimentar a los ganados.

GRÁFICO N° 17 Media de los tratamientos de la variable Acidez Volátil (mg/100g).



El grafico indica que el tratamiento 12 (36 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 48 horas de Fermentación) es el que presenta el menor contenido acidez Volátil, significa menor contenido de Acido acético, adecuado para la alimentación de ganado.

4.1.7 Análisis de la variable Pérdida de peso (Kg)

CUADRO N° 44 Datos obtenidos de la variable Pérdida de peso (kg)

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	\bar{x}
		I	II	III		
T1	P1A1F1	0,250	0,176	0,375	0,801	0,267
T2	P1A2F1	0,255	0,303	0,154	0,712	0,237
T3	P1A1F2	0,279	0,313	0,404	0,996	0,332
T4	P1A2F2	0,324	0,241	0,202	0,767	0,256
T5	P1A1F3	0,789	0,886	0,798	2,473	0,824
T6	P1A2F3	0,783	0,695	0,654	2,132	0,711
T7	P2A1F1	0,342	0,363	0,411	1,116	0,372
T8	P2A2F1	0,392	0,313	0,277	0,982	0,327
T9	P2A1F2	0,983	0,980	1,019	2,982	0,994
T10	P2A2F2	1,055	1,135	1,141	3,331	1,110
T11	P2A1F3	1,269	1,306	1,245	3,820	1,273
T12	P2A2F3	1,141	1,126	1,119	3,386	1,129
T13	P3A1F1	0,613	0,633	0,657	1,903	0,634
T14	P3A2F1	0,477	0,473	0,523	1,473	0,491
T15	P3A1F2	1,040	1,160	1,119	3,319	1,106
T16	P3A2F2	1,387	1,365	1,387	4,139	1,380
T17	P3A1F3	1,122	1,226	1,298	3,646	1,215
T18	P3A2F3	1,495	1,579	1,579	4,653	1,551
Σ Bloques		13,996	14,273	14,362	42,631	0,789

Fuente: Autor

CUADRO N° 45 Análisis de la varianza para la variable Pérdida de peso (kg).

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Totales	53	9,964				
Repeticiones	2	0,004	0,002	0,649 ^{NS}	3,28	5,20
Tratamientos	17	9,853	0,580	185,802 ^{**}	1,90	2,49
Factor P	2	3,682	1,841	590,117 ^{**}	3,28	5,20
Factor A	1	0,005	0,005	1,599 ^{NS}	4,13	7,44
Factor F	2	4,930	2,465	790,138 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x A	2	0,130	0,065	20,873 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x F	4	0,846	0,211	67,792 ^{**}	2,65	3,93
Interacción A x F	2	0,071	0,035	11,345 ^{**}	3,28	5,20
Interacción PxAxF	4	0,190	0,048	15,229 ^{**}	2,65	3,93
Error. Exp.	34	0,106	0,003			

CV = 0.13%

En el análisis de la varianza se observa que existe diferencia altamente significativa para los tratamientos, para los factores (P y F), para todas las interacciones, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para factores e interacciones, el CV muestra que, la investigación fue realizada adecuadamente de manera satisfactoria.

CUADRO N° 46 Prueba de Tukey para tratamientos en la variable Pérdida de peso (kg).

Tratamiento	Código	Media	Rangos de Tukey al 5%
T18	P3A2F3	1,551	a
T16	P3A2F2	1,380	a
T11	P2A1F3	1,273	b
T17	P3A1F3	1,215	b
T12	P2A2F3	1,129	c
T10	P2A2F2	1,110	c
T15	P3A1F2	1,106	c
T9	P2A1F2	0,994	d
T5	P1A1F3	0,824	d
T6	P1A2F3	0,711	e
T13	P3A1F1	0,634	e
T14	P3A2F1	0,491	f
T7	P2A1F1	0,372	f
T3	P1A1F2	0,332	f
T8	P2A2F1	0,327	f
T1	P1A1F1	0,267	g
T4	P1A2F2	0,256	g
T2	P1A2F1	0,237	g

Una vez realizada la prueba de Tukey para la variable Pérdida de peso se obtuvo 7 rangos (a, b, c, d, e, f, g), destacándose el tratamiento T2 (24 horas de Pre fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta el menor valor de pérdida de peso, lo que significa que el más aceptable para la ingesta, como alimento para ganado. Seguido por los tratamientos T4 y T1.

CUADRO N° 47 Prueba de D.M.S. al 5% para el Factor P (Tiempo de Pre fermentación) de la variable Pérdida de peso (kg).

Pre-fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (P3)	1,063	a
36 horas (P2)	0,868	b
24 horas (P1)	0,438	c

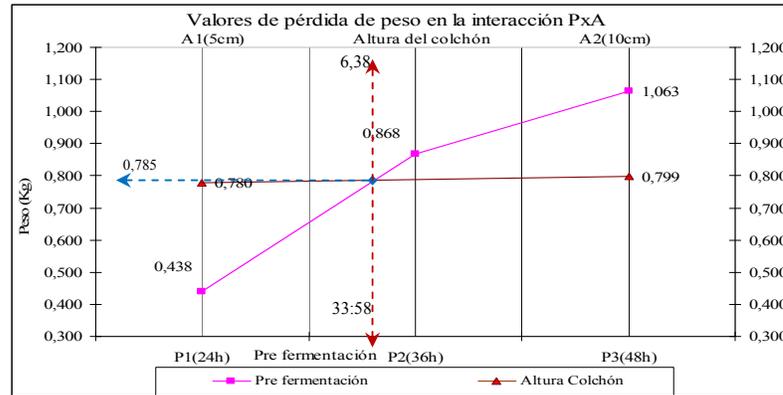
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para Tiempo de Pre-fermentación indica que, existe diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, el mejor nivel es P1 (24 horas de Pre-fermentación), por que presenta menor pérdida de peso.

CUADRO N° 48 Prueba de D.M.S. al 5% para el Factor F (Tiempo de Fermentación) de la variable Pérdida de peso (kg).

Fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (F3)	1,117	a
36 horas (F2)	0,863	b
24 horas (F1)	0,388	c

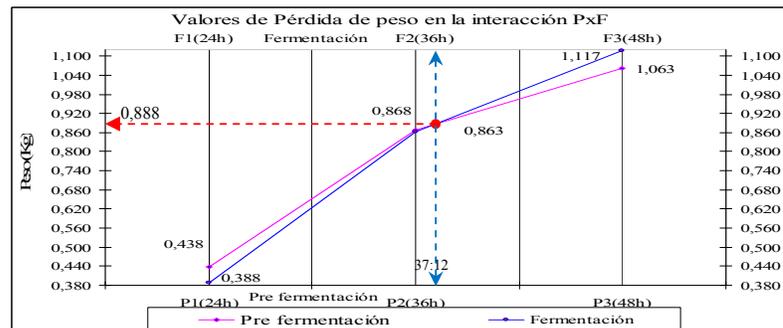
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para Tiempo de Fermentación indica que, a las 24 horas se obtiene un menor valor de pérdida de peso, adecuado para la alimentación de ganado, al realizar la comparación de las medias de los niveles.

GRÁFICO N° 18 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada) para la Pérdida de peso (kg).



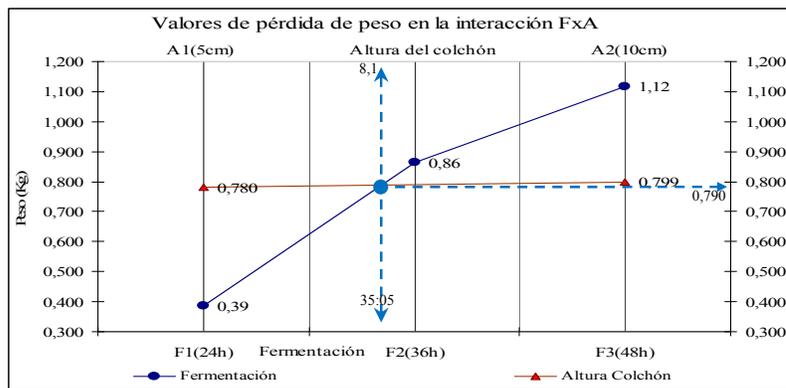
El gráfico indica el punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada), que está ubicada a las 33horas y 58 minutos de Pre-fermentación y una altura de colchón de 6,38 ≈ 6 cm, en la cual se obtiene un punto máximo de pérdida de peso de 0,785 Kg.

GRÁFICO N° 19 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación) para la Pérdida de peso (kg).



El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación), el tiempo máximo es 37 horas con 12 minutos de Pre-fermentación y Fermentación para obtener un máximo de pérdida de peso de 0,888 Kg.

GRÁFICO N° 20 Interacción de los factores F (Tiempo de Fermentación) y A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada) para la Pérdida de peso (kg).



El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores F (Tiempo de Fermentación) y A (Altura de grosor del colchón, de la caña de azúcar picada), el tiempo máximo es 35 horas con 5 minutos de Fermentación y una altura de colchón de caña de azúcar de 8,1 cm, para obtener una pérdida de peso de 0,790 Kg.

GRÁFICO N° 21 Media de los tratamientos de la variable Pérdida de peso (kg).



El gráfico indica que el tratamiento T2 (24 horas de Pre fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación), debido a que presenta menor valor de 0,237 Kg de pérdida de peso considerado el mejor tratamiento.

4.1.8 Análisis de la variable Contenido de Humedad (%)

CUADRO N° 49 Datos obtenidos de la variable Contenido de Humedad (%).

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	\bar{x}
		I	II	III		
T1	P1A1F1	63,115	61,295	61,125	185,535	61,845
T2	P1A2F1	66,595	66,245	65,795	198,635	66,212
T3	P1A1F2	62,650	61,180	61,830	185,660	61,887
T4	P1A2F2	65,380	65,390	66,360	197,130	65,710
T5	P1A1F3	52,615	52,935	51,135	156,685	52,228
T6	P1A2F3	59,518	58,105	59,665	177,288	59,096
T7	P2A1F1	58,900	59,210	58,080	176,190	58,730
T8	P2A2F1	59,840	58,650	60,230	178,720	59,573
T9	P2A1F2	62,100	61,230	59,600	182,930	60,977
T10	P2A2F2	60,790	60,530	61,460	182,780	60,927
T11	P2A1F3	55,720	56,100	57,060	168,880	56,293
T12	P2A2F3	63,320	63,030	64,370	190,720	63,573
T13	P3A1F1	57,570	57,540	56,250	171,360	57,120
T14	P3A2F1	65,280	64,940	65,380	195,600	65,200
T15	P3A1F2	52,330	52,120	53,430	157,880	52,627
T16	P3A2F2	64,450	65,200	63,700	193,350	64,450
T17	P3A1F3	59,860	58,300	58,770	176,930	58,977
T18	P3A2F3	56,570	56,410	56,550	169,530	56,510
Σ Bloques		1086,603	1078,410	1080,790	3245,803	60,107

Fuente: Autor

CUADRO N° 50 Análisis de la varianza para la variable Contenido de Humedad (%).

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Totales	53	896,142				
Repeticiones	2	1,974	0,987	1,849 ^{NS}	3,28	5,20
Tratamientos	17	876,019	51,531	96,538 ^{**}	1,90	2,49
Factor P	2	36,813	18,407	34,483 ^{**}	3,28	5,20
Factor A	1	274,289	274,289	513,858 ^{**}	4,13	7,44
Factor F	2	147,416	73,708	138,086 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x A	2	23,685	11,843	22,186 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x F	4	173,203	43,301	81,120 ^{**}	2,65	3,93
Interacción A x F	2	3,874	1,937	3,628 [*]	3,28	5,20
Interacción PxAxF	4	216,739	54,185	101,510 ^{**}	2,65	3,93
Error. Exp.	34	18,149	0,534			

CV = 0.02%

En el análisis de la varianza se observa que existe una diferencia altamente significativa para tratamientos, para los factores (P, A, y F), para la interacción PxA, para la interacción PxF, para la interacción PxAxF y diferencia significativa para la interacción AxF, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para factores e interacciones, el CV muestra que, la investigación fue conducido adecuadamente de manera satisfactoria.

CUADRO N° 51 Prueba de Tukey para tratamientos en la variable Contenido de Humedad (%).

Tratamiento	Código	Media	Rangos de Tukey al 5%
T2	P1A2F1	66,212	a
T4	P1A2F2	65,710	a
T14	P3A2F1	65,200	a
T16	P3A2F2	64,450	a
T12	P2A2F3	63,573	b
T3	P1A1F2	61,887	b
T1	P1A1F1	61,845	b
T9	P2A1F2	60,977	b
T10	P2A2F2	60,927	c
T8	P2A2F1	59,573	c
T6	P1A2F3	59,096	c
T17	P3A1F3	58,977	c
T7	P2A1F1	58,730	c
T13	P3A1F1	57,120	d
T18	P3A2F3	56,510	d
T11	P2A1F3	56,293	d
T15	P3A1F2	52,627	e
T5	P1A1F3	52,228	e

Una vez realizada la prueba de Tukey para la variable Contenido de Humedad se obtuvo 5 rangos (a, b, c, d y e), lo que significa que, el tratamiento T2 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta mayor contenido de humedad, lo que significa que es más aceptado por el ganado, debido a que es más digestible por el ganado.

CUADRO N° 52 Prueba de Duncan al 5% para el Factor P (Tiempo de Pre fermentación) de la variable Contenido de Humedad (%).

Pre-fermentación (tiempo)	Media	Rangos
24 horas (P1)	61,163	a
36 horas (P2)	60,012	a
48 horas (P3)	59,147	b

Al realizar la prueba de Duncan al 5% para Tiempo de Pre-fermentación indica que, a las 24 y 36 horas mantiene un contenido de humedad adecuado para la alimentación de ganado, ya que permite mayor digestibilidad.

CUADRO N° 53 Prueba de Duncan al 5% para el Factor A (Altura de colchón de caña de azúcar picada) de la variable Contenido de Humedad (%).

Altura colchón (cm)	Media	Rangos
10 cm (A2)	62,361	a
5 cm (A1)	57,854	b

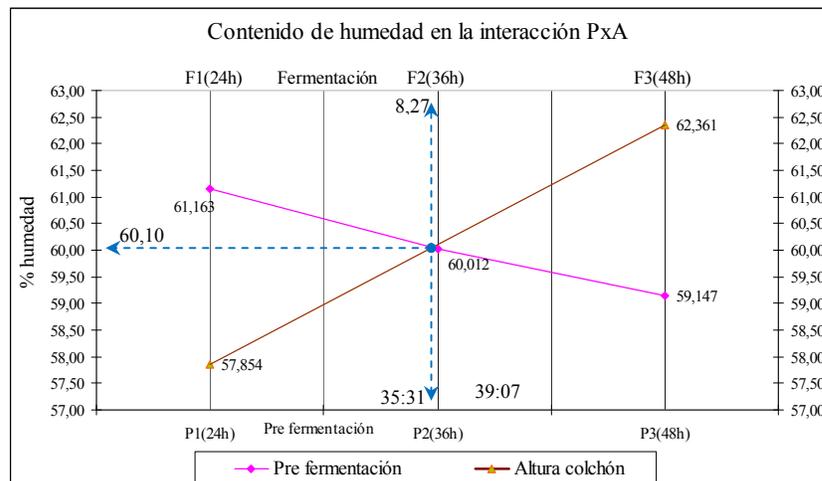
Al realizar la prueba de Duncan al 5% para la Altura de colchón de caña de azúcar picada, indica que, hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, queda como mejor nivel A2 (10 cm de altura de colchón de caña de azúcar picad), debido a que presenta el mayor contenido de humedad, es más digerible para el ganado, y a su vez presentó mayo síntesis de proteína en la conversión de la biomasa.

CUADRO N° 54 Prueba de Duncan al 5% para el Factor F (Tiempo de Fermentación) de la variable Contenido de Humedad (%).

Fermentación (tiempo)	Media	Rangos
24 horas (F1)	61,447	a
36 horas (F2)	61,096	a
48 horas (F3)	57,780	b

Al realizar la prueba de Duncan al 5% para Tiempo de Fermentación indica que, a las 24 y 36 horas mantiene un contenido de humedad adecuado para la alimentación de ganado, al comparar las medias de los niveles, queda como mejor nivel F2 (36 horas de Fermentación), por que presentó el máximo contenido de Proteína en base seca.

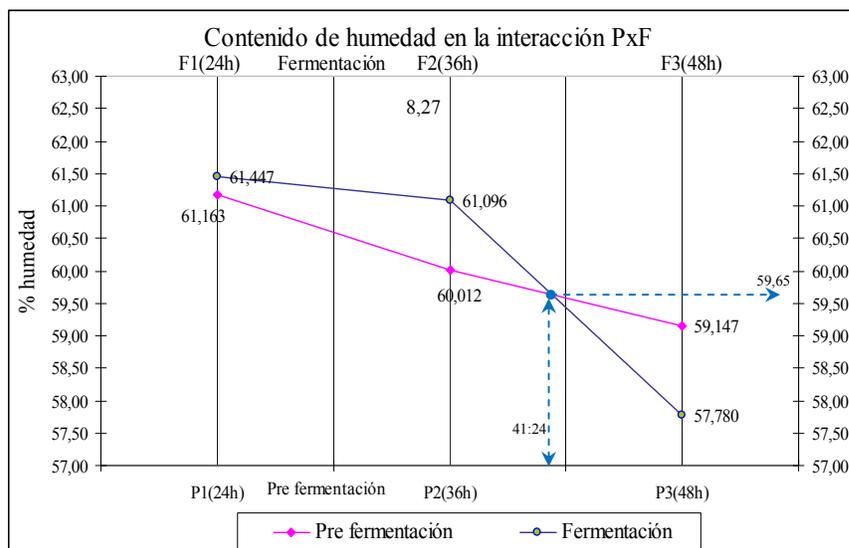
GRÁFICO N° 22 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y A (Altura de colchón de caña de azúcar picada) en el Contenido de Humedad (%).



El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y A (Altura de colchón de caña de azúcar picada), el tiempo

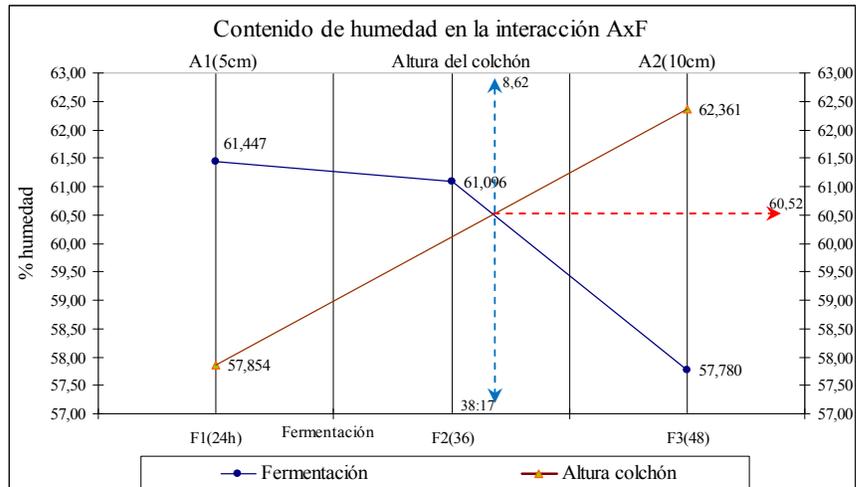
intermedio de Pre-fermentación es de 35 horas y 31 minutos y una altura de colchón de caña de azúcar de $8,27 \approx 8$ cm. para obtener una humedad de 60,10 %, adecuado para alimentar a los ganados.

GRÁFICO N° 23 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación) en el Contenido de Humedad (%).



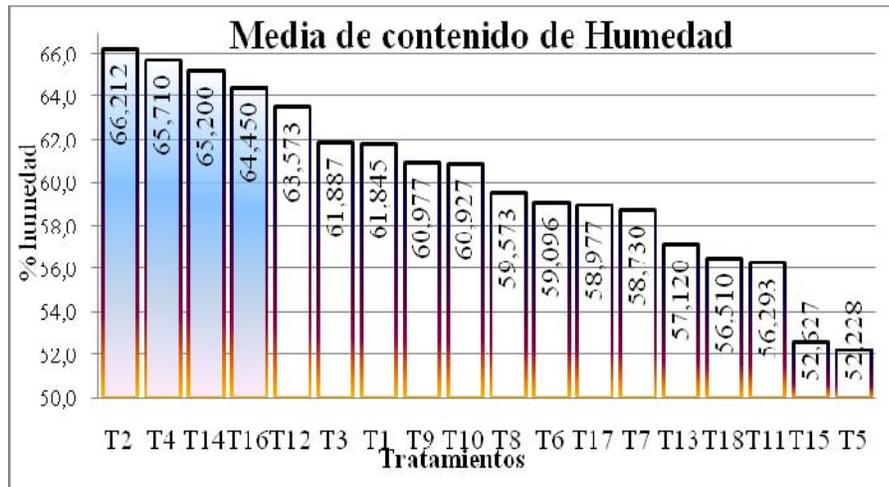
El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación), el tiempo máximo de Pre-fermentación y Fermentación es de 41 horas con 24 minutos. Para obtener una humedad de 59,65 %, adecuado para alimentar a los ganados.

GRÁFICO N° 24 Interacción de los factores A (Altura del cojón de caña de azúcar picada) y F (Tiempo de Fermentación) para Contenido de Humedad (%).



El gráfico 28 indica que existe un punto de interacción entre los factores A (Altura del cojón de caña de azúcar picada) y F (Tiempo de Fermentación), la Altura de cojón de caña es de 8,62 \approx 9 cm y Fermentación es de 38 horas con 17 minutos para obtener un punto máximo de 60,52% de humedad, adecuada para alimentar a los ganados por ayuda en su digestibilidad.

GRÁFICO N° 25 Media de los tratamientos de la variable Contenido de Humedad (%).



El grafico indica que el tratamiento T2 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta el mayor contenido de humedad, significa mayor digestibilidad en la alimentación de ganados.

4.2 Análisis de la variable Fibra Total (%)

CUADRO N° 55 Datos obtenidos de la variable Fibra Total (%).

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	\bar{X}
		I	II	III		
T1	P1A1F1	19,524	22,061	21,483	63,068	21,023
T2	P1A2F1	17,668	18,142	18,582	54,392	18,131
T3	P1A1F2	24,503	25,479	25,053	75,035	25,012
T4	P1A2F2	22,729	22,131	22,041	66,901	22,300
T5	P1A1F3	22,364	22,351	21,574	66,289	22,096
T6	P1A2F3	24,393	25,458	24,908	74,759	24,920
T7	P2A1F1	22,353	22,858	22,422	67,633	22,544
T8	P2A2F1	23,102	22,642	23,252	68,996	22,999
T9	P2A1F2	23,618	22,584	24,784	70,986	23,662
T10	P2A2F2	18,473	18,294	24,805	61,572	20,524
T11	P2A1F3	28,545	29,210	27,748	85,503	28,501
T12	P2A2F3	20,735	23,719	22,908	67,362	22,454
T13	P3A1F1	27,170	27,810	28,036	83,016	27,672
T14	P3A2F1	22,330	22,564	22,626	67,520	22,507
T15	P3A1F2	30,683	29,350	30,030	90,063	30,021
T16	P3A2F2	22,749	22,316	23,320	68,385	22,795
T17	P3A1F3	25,781	26,819	24,379	76,979	25,660
T18	P3A2F3	27,851	28,043	26,668	82,562	27,521
Σ Bloques		424,571	431,831	434,619	1291	23,908

Fuente: Autor

CUADRO N° 56 Análisis de la varianza para la variable Fibra Total (%).

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Totales	53	521,993				
Repeticiones	2	2,990	1,495	1,135 ^{NS}	3,28	5,20
Tratamientos	17	474,234	27,896	21,185 ^{**}	1,90	2,49
Factor P	2	134,475	67,238	51,063 ^{**}	3,28	5,20
Factor A	1	80,968	80,968	61,490 ^{**}	4,13	7,44
Factor F	2	66,794	33,397	25,363 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x A	2	16,453	8,226	6,247 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x F	4	43,967	10,992	8,348 ^{**}	2,65	3,93
Interacción A x F	2	34,346	17,173	13,042 ^{**}	3,28	5,20
Interacción PxAxF	4	97,231	24,308	18,460 ^{**}	2,65	3,93
Error. Exp.	34	44,770	1,317			

CV = 0.09%

En el análisis de la varianza se observa que existe una diferencia altamente significativa para tratamientos, para los factores (P, A, y F), para todas las interacciones, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para factores e interacciones, el CV muestra que, la investigación fue conducido adecuadamente de manera satisfactoria.

CUADRO N° 57 Prueba de Tukey para tratamientos en la variable Fibra Total (%).

Tratamiento	Código	Media	Rangos de Tukey al 5%
T15	P3A1F2	30,021	a
T11	P2A1F3	28,501	a
T13	P3A1F1	27,672	a
T18	P3A2F3	27,521	a
T17	P3A1F3	25,660	b
T3	P1A1F2	25,012	b
T6	P1A2F3	24,920	b
T9	P2A1F2	23,662	b
T8	P2A2F1	22,999	b
T16	P3A2F2	22,795	b
T7	P2A1F1	22,544	b
T14	P3A2F1	22,507	b
T12	P2A2F3	22,454	b
T4	P1A2F2	22,300	b
T5	P1A1F3	22,096	b
T1	P1A1F1	21,023	c
T10	P2A2F2	20,524	c
T2	P1A2F1	18,131	c

Una vez realizada la prueba de Tukey para la variable Contenido de Fibra Total se obtuvo 3 rangos (a, b, c), lo que significa que, el tratamiento T2 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta menor fibra total tiene, lo que significa que es más digerible por el ganado.

Seguid por los tratamientos T10 y T1

CUADRO N° 58 Prueba de D.M.S. al 5% para el Factor P (Tiempo de Pre fermentación) de la variable Fibra Total (%).

Pre-fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (P3)	26,029	a
36 horas (P2)	23,447	b
24 horas (P1)	22,247	b

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para Tiempo de Pre-fermentación indica que, hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, se destaca el nivel P1 (24 horas de Pre-fermentación), presento menor contenido de Fibra Total, es el limitante para la alimentación.

CUADRO N° 59 Prueba de Duncan al 5% para el Factor A (Altura de colchón de caña de azúcar picada) de la variable Fibra Total (%).

Altura colchón (cm)	Media	Rangos
5 cm (A1)	25,132	a
10 cm (A2)	22,683	b

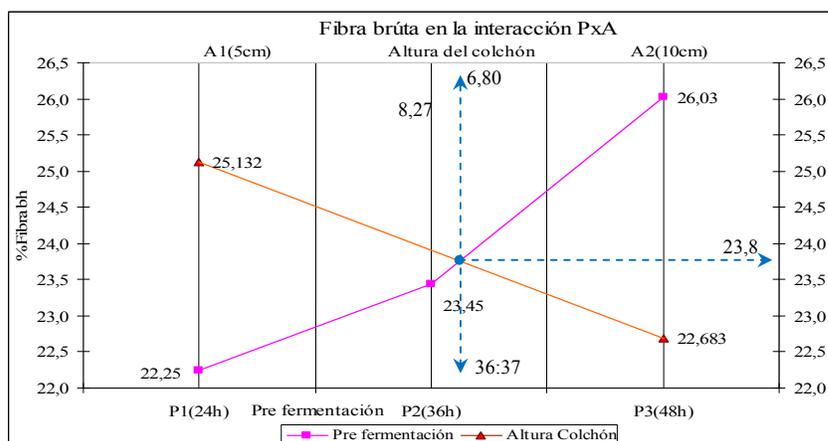
Al realizar la prueba de Duncan al 5% para la Altura de colchón de caña de azúcar picada, indica que, hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, lo que significa que el mejor nivel es A2 (10 cm de altura de colchón de caña de azúcar picada), ya que presentó un valor bajo, lo que significa que es más digerible por el ganado.

CUADRO N° 60 Prueba de D.M.S. al 5% para el Factor F (Tiempo de Fermentación) de la variable Fibra Total (%).

Fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (F3)	25,19189	a
36 horas (F2)	24,05233	a
24 horas (F1)	22,47917	b

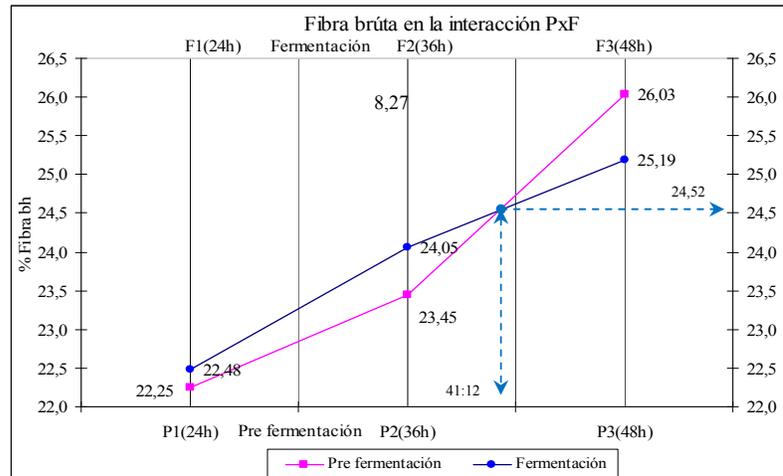
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para Tiempo de Fermentación indica que, hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, queda como mejor nivel F1 (24 horas de Fermentación), presento menor contenido de Fibra Total y es más digerible por el ganado.

GRÁFICO N° 26 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y A (Altura de colchón de caña de azúcar picada) en la Fibra Total (%).



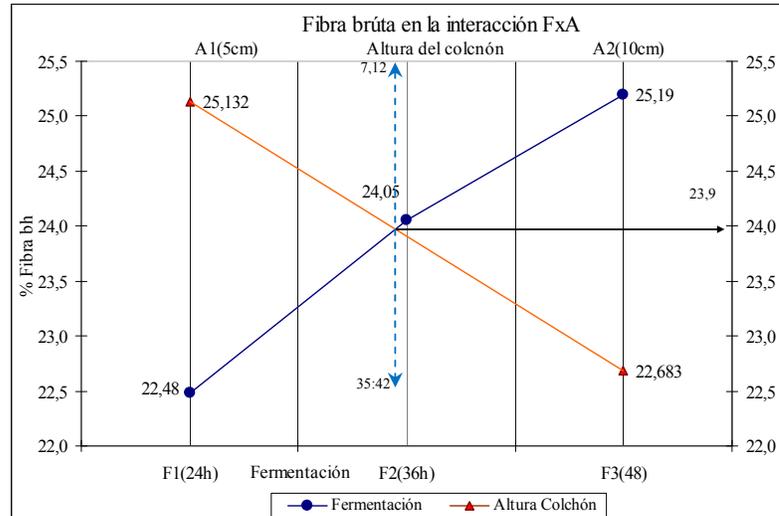
El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y A (Altura de colchón de caña de azúcar picada), cuando el tiempo de Pre-fermentación es de 36 horas y 37 minutos y una altura de colchón de caña de azúcar de 6,80 \approx 7 cm. presenta un contenido de Fibra Total de 23,80%, estableciendo como punto máximo, en dicha interacción.

GRÁFICO N° 27 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación) en la Fibra Total (%).



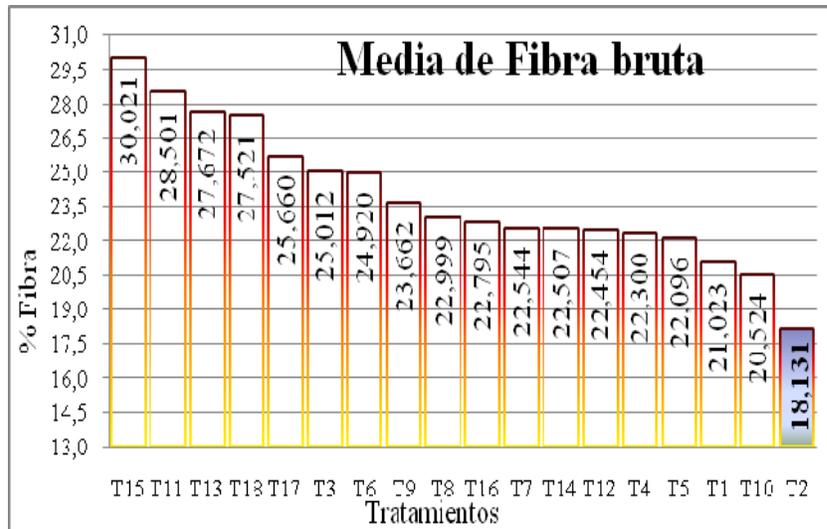
El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación), el tiempo de Pre-fermentación y Fermentación es de 41 horas con 12 minutos. Para obtener un contenido de Fibra Total de 24,52%, se establece como el punto máximo de dicha interacción.

GRÁFICO N° 28 Interacción de los factores A (Altura del cochón de caña de azúcar picada) y F (Tiempo de Fermentación) para Fibra Total (%).



El gráfico 32 indica que existe un punto de interacción entre los factores A (Altura del cochón de caña de azúcar picada) y F (Tiempo de Fermentación), en una Altura de colchón de caña es de 7,12 \approx 7 cm y Fermentación es de 35 horas con 42 minutos para obtener un punto máximo de aceptación de 23,9% de Fibra Total, es el limitante para la dosificación de saccharina.

GRÁFICO N° 29 Media de los tratamientos de la variable Fibra Total (%).



El grafico indica que el tratamiento T2 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta el menor contenido de Fibra Total, significa mayor digestibilidad en la alimentación de ganados.

4.2.1 Análisis de la variable Fibra Detergente Neutra (%)

CUADRO N° 61 Datos obtenidos de la variable Fibra Detergente Neutra (%).

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	\bar{x}
		I	II	III		
T1	P1A1F1	13,526	13,634	13,854	41,014	13,671
T2	P1A2F1	10,618	10,836	9,276	30,730	10,243
T3	P1A1F2	16,540	16,814	16,554	49,908	16,636
T4	P1A2F2	13,228	12,248	12,735	38,211	12,737
T5	P1A1F3	12,664	12,534	12,764	37,962	12,654
T6	P1A2F3	14,087	15,152	15,602	44,840	14,947
T7	P2A1F1	13,363	13,040	13,244	39,647	13,216
T8	P2A2F1	13,580	13,358	13,458	40,396	13,465
T9	P2A1F2	14,204	13,864	13,864	41,932	13,977
T10	P2A2F2	9,668	8,988	9,499	28,155	9,385
T11	P2A1F3	18,835	20,124	18,504	57,463	19,154
T12	P2A2F3	10,880	14,280	13,180	38,340	12,780
T13	P3A1F1	19,124	19,124	19,384	57,632	19,211
T14	P3A2F1	13,238	13,278	13,198	39,714	13,238
T15	P3A1F2	20,540	20,324	20,024	60,888	20,296
T16	P3A2F2	13,428	13,098	13,038	39,564	13,188
T17	P3A1F3	14,734	15,214	13,314	43,262	14,421
T18	P3A2F3	17,448	17,368	16,168	50,984	16,995
Σ Bloques		259,705	263,277	257,659	781	14,456

Fuente: Autor

CUADRO N° 62 Análisis de la varianza para la variable Fibra Detergente Neutra (%).

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Totales	53	461,863				
Repeticiones	2	0,898	0,449	1,132 ^{NS}	3,28	5,20
Tratamientos	17	447,472	26,322	66,329 ^{**}	1,90	2,49
Factor P	2	84,726	42,363	106,752 ^{**}	3,28	5,20
Factor A	1	114,917	114,917	289,582 ^{**}	4,13	7,44
Factor F	2	15,829	7,914	19,944 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x A	2	10,380	5,190	13,079 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x F	4	66,688	16,672	42,012 ^{**}	2,65	3,93
Interacción A x F	2	49,765	24,883	62,702 ^{**}	3,28	5,20
Interacción PxAxF	4	105,168	26,292	66,254 ^{**}	2,65	3,93
Error. Exp.	34	13,492	0,397			

CV = 0.08%

En el análisis de la varianza se observa que existe una diferencia altamente significativa para tratamientos, para los factores (P, A, y F), para todas las interacciones, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para factores e interacciones, el CV muestra que, indica que se trabajó de manera satisfactoria.

CUADRO N° 63 Prueba de Tukey para tratamientos en la variable Fibra Detergente Neutra (%).

Tratamiento	Código	Media	Rangos de Tukey al 5%
T15	P3A1F2	20,296	a
T13	P3A1F1	19,211	a
T11	P2A1F3	19,154	a
T18	P3A2F3	16,995	b
T3	P1A1F2	16,636	b
T6	P1A2F3	14,947	c
T17	P3A1F3	14,421	c
T9	P2A1F2	13,977	c
T1	P1A1F1	13,671	c
T8	P2A2F1	13,465	c
T14	P3A2F1	13,238	c
T7	P2A1F1	13,216	c
T16	P3A2F2	13,188	c
T12	P2A2F3	12,780	c
T4	P1A2F2	12,737	c
T5	P1A1F3	12,654	c
T2	P1A2F1	10,243	d
T10	P2A2F2	9,385	d

Una vez realizada la prueba de Tukey para la variable Contenido de Fibra Detergente Neutra se obtuvo 4 rangos (a, b, c, d), lo que significa que, los tratamientos T10 (36 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 36 horas de Fermentación) y T2 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación) son los que presentan menor contenido de Fibra Detergente Neutra, lo que significa que son más digerible por el ganado.

CUADRO N° 64 Prueba de D.M.S. al 5% para el Factor P (Tiempo de Pre fermentación) de la variable Fibra Detergente Neutra (%).

Pre-fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (P3)	16,225	a
36 horas (P2)	13,663	b
24 horas (P1)	13,481	b

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para Tiempo de Pre-fermentación indica que, hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, se destaca el nivel P1 (24 horas de Pre-fermentación), debido a que presento menor contenido de Fibra Detergente Neutra, ya que es el limitante para la alimentación.

CUADRO N° 65 Prueba de D.M.S. al 5% para el Factor A (Altura de cochón de caña de azúcar picada) de la variable Fibra Detergente Neutra (%).

Altura colchón (cm)	Media	Rangos
5 cm (A1)	15,915	a
10 cm (A2)	12,998	b

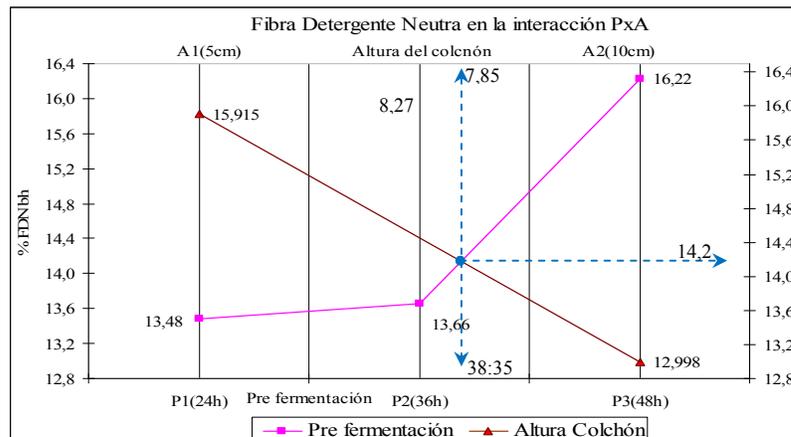
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para la Altura de colchón de caña de azúcar picada, indica que, hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, sin embargo el nivel A2 (10 cm de altura de colchón de caña de azúcar picada), presento un valor bajo de Fibra Detergente Neutra, que significa que es más digerible por el ganado.

CUADRO N° 66 Prueba de Duncan al 5% para el Factor F (Tiempo de Fermentación) de la variable Fibra Detergente Neutra (%).

Fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (F3)	15,15841	a
36 horas (F2)	14,36986	a
24 horas (F1)	13,84072	b

Al realizar la prueba de Duncan al 5% para Tiempo de Fermentación indica que, hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, quedando como mejor nivel F1 (24 horas de Fermentación), presenta menor contenido de Fibra Detergente Neutra y es más digerible por el ganado.

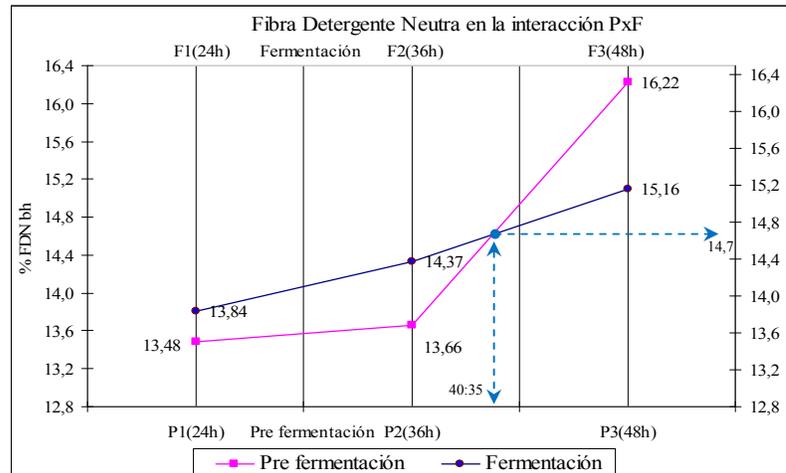
GRÁFICO N° 30 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y A (Altura de colchón de caña de azúcar picada) en la Fibra Detergente Neutra (%).



El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y A (Altura de colchón de caña de azúcar picada), cuando el tiempo de Pre-fermentación es de 38 horas y 35 minutos y una altura de colchón

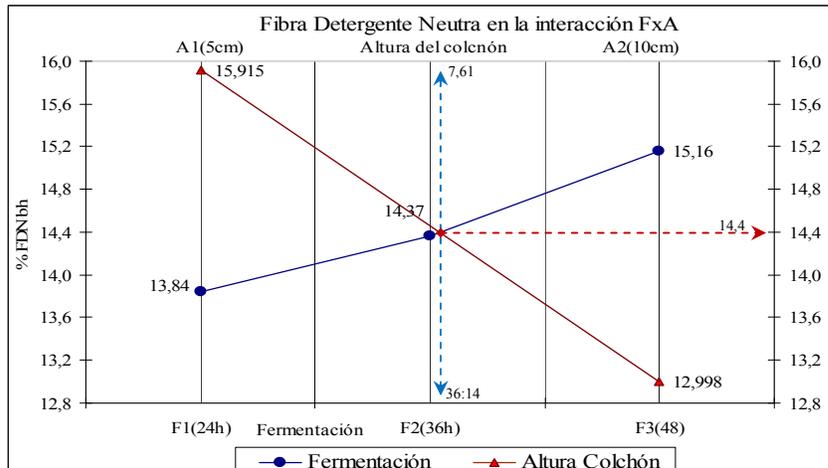
de caña de azúcar de 7,85 ≈ 8 cm. presenta un contenido de Fibra Detergente Neutra de 14,20%, punto óptimo para una buena digestión de la sacararina.

GRÁFICO N° 31 Interacción de los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación) en la Fibra Detergente Neutra (%).



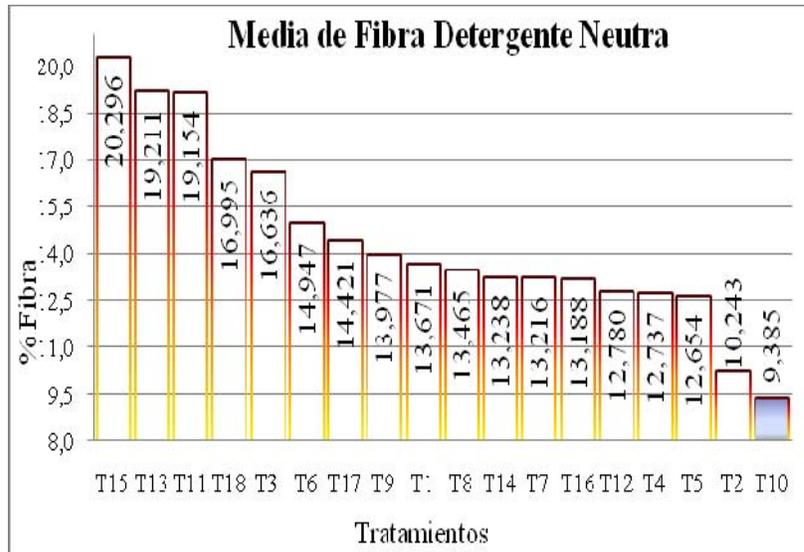
El gráfico indica que existe un punto de interacción entre los factores P (Tiempo de Pre-fermentación) y F (Tiempo de Fermentación), el tiempo de Pre-fermentación y Fermentación es de 40 horas con 35 minutos. Para obtener un contenido de Fibra Detergente Neutra de 14,7%, se establece como el punto máximo de dicha interacción.

GRÁFICO N° 32 Interacción de los factores A (Altura del cochón de caña de azúcar picada) y F (Tiempo de Fermentación) para Fibra Detergente Neutra (%).



El gráfico 36 indica que existe un punto de interacción entre los factores A (Altura del cochón de caña de azúcar picada) y F (Tiempo de Fermentación), en una Altura de colchón de caña es de 7,61 \approx 8 cm y Fermentación es de 36 horas con 14 minutos para obtener un punto máximo de aceptación de 14,4% de Fibra Detergente Neutra, ya que es el limitante para la dosificación de saccharina, para la alimentación de ganado.

GRÁFICO N° 33 Media de los tratamientos de la variable Fibra Detergente Neutra (%).



El grafico indica que los tratamientos T10 (36 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 36 horas de Fermentación) y T2 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación), presentan el menor contenido de Fibra Detergente Neutra, significa mayor digestibilidad en la alimentación de ganados.

4.2.2 Análisis de la variable Fibra Detergente Ácida (%)

CUADRO N°67 Datos obtenidos de la variable Fibra Detergente Acida (%).

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	\bar{x}
		I	II	III		
T1	P1A1F1	5,998	8,427	7,629	22,054	7,351
T2	P1A2F1	7,050	7,306	9,306	23,662	7,887
T3	P1A1F2	7,963	8,665	8,499	25,127	8,376
T4	P1A2F2	9,501	9,883	9,306	28,690	9,563
T5	P1A1F3	9,700	9,817	8,810	28,327	9,442
T6	P1A2F3	10,306	10,306	9,306	29,919	9,973
T7	P2A1F1	8,990	9,818	9,178	27,986	9,329
T8	P2A2F1	9,522	9,284	9,794	28,600	9,533
T9	P2A1F2	9,414	8,720	10,920	29,054	9,685
T10	P2A2F2	8,805	9,306	15,306	33,417	11,139
T11	P2A1F3	9,710	9,086	9,244	28,040	9,347
T12	P2A2F3	9,855	9,439	9,728	29,022	9,674
T13	P3A1F1	8,046	8,686	8,652	25,384	8,461
T14	P3A2F1	9,092	9,286	9,428	27,806	9,269
T15	P3A1F2	10,143	9,026	10,006	29,175	9,725
T16	P3A2F2	9,321	9,218	10,282	28,821	9,607
T17	P3A1F3	11,047	11,605	11,065	33,717	11,239
T18	P3A2F3	10,403	10,675	10,500	31,578	10,526
Σ Bloques		164,866	168,554	176,960	510	9,451

Fuente: Autor

CUADRO N° 68 Análisis de la varianza para la variable Fibra Detergente Ácida (%).

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Totales	53	89,570				
Repeticiones	2	4,269	2,135	2,070 ^{NS}	3,28	5,20
Tratamientos	17	50,240	2,955	2,866 ^{**}	1,90	2,49
Factor P	2	12,709	6,354	6,162 ^{**}	3,28	5,20
Factor A	1	2,964	2,964	2,875 ^{NS}	4,13	7,44
Factor F	2	18,956	9,478	9,191 ^{**}	3,28	5,20
Interacción P x A	2	1,550	0,775	0,752 ^{NS}	3,28	5,20
Interacción P x F	4	10,447	2,612	2,533 ^{NS}	2,65	3,93
Interacción A x F	2	1,431	0,715	0,694 ^{NS}	3,28	5,20
Interacción PxAxF	4	2,182	0,546	0,529 ^{NS}	2,65	3,93
Error. Exp.	34	35,061	1,031			

CV = 0.20%

En el análisis de la varianza se observa que existe una diferencia altamente significativa para tratamientos, para los factores (P y F), por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y diferencia mínima significativa (DMS) para factores e interacciones, el CV muestra que, indica que se trabajo de manera satisfactoria.

No hay diferencia significativa para todas las interacciones

CUADRO N° 69 Prueba de Tukey para tratamientos en la variable Fibra Detergente Ácida (%).

Tratamiento	Código	Media	Rangos de Tukey al 5%
T17	P3A1F3	11,239	a
T10	P2A2F2	11,139	a
T18	P3A2F3	10,526	a
T6	P1A2F3	9,973	a
T15	P3A1F2	9,725	a
T9	P2A1F2	9,685	a
T12	P2A2F3	9,674	a
T16	P3A2F2	9,607	a
T4	P1A2F2	9,563	a
T8	P2A2F1	9,533	a
T5	P1A1F3	9,442	a
T11	P2A1F3	9,347	a
T7	P2A1F1	9,329	a
T14	P3A2F1	9,269	a
T13	P3A1F1	8,461	a
T3	P1A1F2	8,376	a
T2	P1A2F1	7,887	a
T1	P1A1F1	7,351	b

Una vez realizada la prueba de Tukey para la variable Contenido Fibra Detergente Ácida se obtuvo 2 rangos (a, b), lo que significa que, los tratamientos T1 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación) ya que presenta menor contenido de Fibra Detergente Ácida, lo que significa que es más digerible por el ganado.

Seguido por los Tratamientos T2 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación) y T3 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 5 cm + 36 horas de Fermentación)

CUADRO N° 70 Prueba de Duncan al 5% para el Factor P (Tiempo de Pre fermentación) de la variable Fibra Detergente Ácida (%).

Pre-fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (P3)	9,805	a
36 horas (P2)	9,784	a
24 horas (P1)	8,765	a

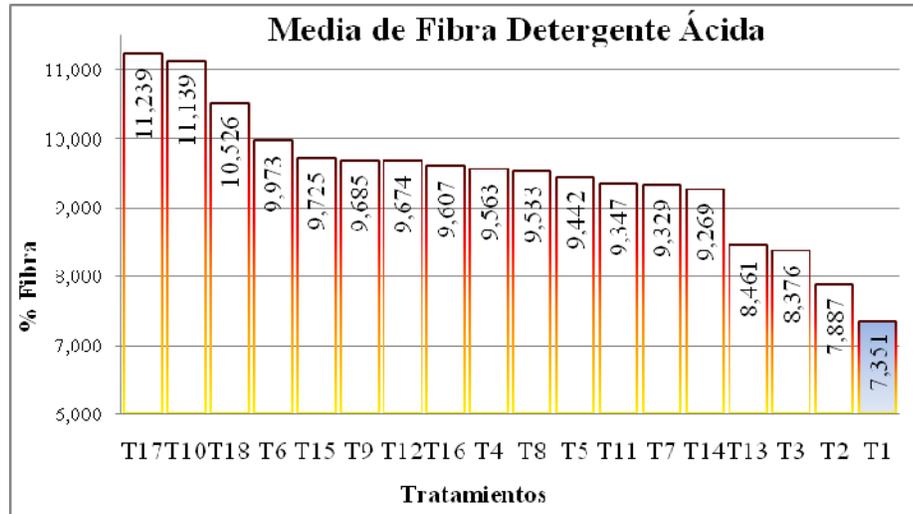
Al realizar la prueba de Duncan al 5% para Tiempo de Pre-fermentación indica que, no hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, sin embargo se destaca el nivel P1 (24 horas de Pre-fermentación), debido a que presento menor contenido de Fibra Detergente Ácida, ya que es digerible por el ganado.

CUADRO N° 71 Prueba de Duncan al 5% para el Factor F (Tiempo de Fermentación) de la variable Fibra Detergente Ácida (%).

Fermentación (tiempo)	Media	Rangos
48 horas (F3)	10,03348	a
36 horas (F2)	9,682478	a
24 horas (F1)	8,638444	a

Al realizar la prueba de Duncan al 5% para Tiempo de Fermentación indica que, no hay diferencia significativa, al comparar las medias de los niveles, pero queda como mejor nivel F1 (24 horas de Fermentación), por que presenta menor contenido de Fibra Detergente Ácida y es más digerible por el ganado al ser alimentado con saccharina Rustica.

GRÁFICO N° 34 Media de los tratamientos de la variable Fibra Detergente Ácida (%).



El grafico indica que los tratamientos T1 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación) y T2 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación), presentan el menor contenido de Fibra Detergente Ácida, lo que significa mayor digestibilidad en la alimentación de ganados.

CAPÍTULO V

Conclusiones

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la investigación se plantea las siguientes conclusiones

- En el análisis del contenido de proteína en base húmeda se determinó que; el Tratamiento 15 (48 horas de Pre fermentación, altura de colchón 5cm, 36 horas de Fermentación), es el mejor, porque su valor de porcentaje de Proteína en base húmeda fue el más alto siendo de 13,82%.
- El tiempo de pre fermentación adecuado es de 36 a 48 horas, alcanzando un contenido de proteína en base húmeda igual a 11,816 y 11,468% respectivamente, considerado la mayor concentración de proteínas, al ser comparada las medias de los niveles de los tratamientos T9 y T18.
- En la caracterización físico química de la saccharina se determino que; en cuanto a la variable pH el tratamiento T1 (24 horas de Pre fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta el mayor valor de pH 4,83, es el más adecuado para la ingesta como alimento para el ganado debido a que el ganado no debe ingerir alimentos muy ácidos.
- En cuanto a la sólidos solubles el tratamiento T15 (48 horas de Pre fermentación, altura de colchón 5 cm, 36 horas de Fermentación), es considerado el mejor ya que presentó la mayor concentración de sólidos solubles igual a 42,93° Brix, debido una altura de colchón de 5 cm, que facilita la evaporación.

- En el análisis de acidez total (acidez fija y acidez volátil) se determinó que el tratamiento T13 (48 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta el menor contenido de acidez fija igual a 0,555 mg/100g y el tratamiento T13 que se refiere a la acidez fija (38 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta el menor contenido de acidez.

El menor valor de acidez volátil está representado por el tratamiento T12 (0.088) mg/100g. En 36 horas de pre-fermentación 10 cm de altura de colchón y de 48 horas de fermentación

- Para la fibra bruta el tratamiento T2 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta menor cantidad 18,131%, lo que significa que es más digerible por el ganado.vg
- Al analizar la fibra detergente neutra se determinó que los tratamientos T10 (36 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 36 horas de Fermentación) y T2 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación) son los que presentan menor contenido de Fibra Detergente Neutra igual a 9,385 y 10,243 respectivamente, lo que significa que son más digeribles por el ganado. Ya que según Trabajos de la Universidad de Wisconsin sugieren que la capacidad de ingestión de animales se estima como el 1.2 % del peso vivo como mínimo en forma de FDN (Mertens, 1987). Por encima de este nivel la FDN puede limitar la ingestión de alimentos, y en ningún caso debe superar el 1.4 - 1.5% del peso vivo.
- En el análisis de la fibra detergente ácida los tratamientos T1 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación) y T2 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación), 7.351; 7.887 respectivamente presentan el menor contenido de Fibra Detergente Ácida, lo que significa mayor digestibilidad en la alimentación de ganados.

CAPÍTULO VI

Recomendaciones

6. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a esta investigación, para la producción de saccharina rustica se recomienda trabajar con un tiempo de pre fermentación de 38 a 48 horas, con una altura de colchón de caña de azúcar de 5 cm. Y un tiempo máximo de fermentación de 36 horas. Para obtener un buen resultado en cuanto al contenido de proteínas.
- Para obtener un contenido de proteína del 13,82% (base húmeda) se recomienda trabajar con el Tratamiento 15 (48 horas de Pre fermentación, altura de colchón 5cm, 36 horas de Fermentación).
- Es recomendable trabajar bajo techo durante todo el proceso de Fermentación, ya que la incidencia perpendicular de los rayos solares, destruyen con facilidad la flora microbiana existente en la caña de azúcar picada, así como también la síntesis de las proteínas.
- Para trabajar y obtener un mayor consumo de saccharina rustica por parte de los animales es recomendable utilizar la variedad puerto rico, con 18 mese de edad, la cual tiene la particularidad de ser más suave para obtener una saccharina de calidad se recomienda trabajar con normas de higiene.
- Para conservar la saccharina rustica es recomendable reducir el contenido de humedad hasta el 14%, con el proceso de secado. con un tiempo de vida útil de 6 meses .aproximadamente.
- Para la dosificación de saccharina rustica se recomienda aplicar del 1,4 al 1,5 % del peso vivo del animal en cuanto a fibra detergente neutra.

CAPÍTULO VII

Resumen

7. RESUMEN

“INFLUENCIA DEL GROSOR DEL COLCHÓN DE CAÑA DE AZÚCAR PICADA EN EL TIEMPO DE FERMENTACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE “SACCHARINA RUSTICA”.

La saccharina es un suplemento alimenticio para los rumiantes obtenido a partir de la fermentación aerobia de los tallos de la caña de la azúcar picada, con la ayuda de las levaduras naturales existentes en la misma, se caracteriza por adquirir una mayor concentración de proteína, por la síntesis de la biomasa.

La presente investigación evaluó el efecto del tiempo de pre-fermentación, Altura del colchón de la caña de azúcar picada y tiempo de fermentación, sobre las características físico químicas de la saccharina rustica.

La elaboración la saccharina rustica se llevo a cabo en la parroquia de Chaltura, en la Granja LA PRADERA, ubicada en la provincia de Imbabura – Ecuador, los análisis físico químico se realizaron en los laboratorios de uso múltiple, del la Universidad Técnica del Norte.

Para el análisis estadístico se empleo, un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial $A \times B \times C$, mismo que se utilizo para analizar estadísticamente las variables: Porcentaje de Proteína, Porcentaje de Fibra, contenido de Humedad, Sólidos Solubles, Acidez, pH, Diferencia de Peso. La determinación de diferencia significativa se realizo con la prueba de Tukey al 5 % para el caso de Tratamientos y la prueba de diferencia mínima significativa (D.M.S) para factores.

Con los resultados obtenidos se identificó los mejores tratamientos siendo: en porcentaje de proteína en base húmeda el Tratamiento 15 (48 horas de Pre fermentación, altura de colchón 5cm, 36 horas de Fermentación) con un promedio de 13,82%.

En cuanto al tiempo óptimo de pre fermentación es de 36 a 48 horas, alcanzando un contenido de proteína en base húmeda igual a 11, 816 y 11,468% respectivamente, en lo que corresponde a la altura del colchón de la caña de azúcar picada en la fermentación de saccharina rústica, se considero que, a una altura de 5 cm se obtiene una mayor concentración de proteínas.

Al realizar la comparación de las variables de la saccharina se determino que; el tratamiento T1 (24 horas de Pre fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presentó el mayor valor de pH 4,83. El tratamiento T15 (48 horas de Pre fermentación, altura de colchón 5 cm, 36 horas de Fermentación), presentó la mayor concentración de sólidos solubles igual a 42,93° Brix. El tratamiento T13 (48 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 5 cm + 24 horas de Fermentación) es el que presenta el menor contenido de acidez fija igual a 0,436mg/100g y el tratamiento T12 (36 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 48 horas de Fermentación) es el que presenta el menor contenido acidez volátil igual a 0,088mg/100g

Los tratamientos T10 (36 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 36 horas de Fermentación) y T2 (24 horas de Pre-fermentación + altura de colchón 10 cm + 24 horas de Fermentación) son los que presentan menor contenido de Fibra Detergente Neutra igual a 9,385 y 10,243 respectivamente, lo que significa que son más digerible por el ganado. Ya que según Trabajos de la Universidad de Wisconsin sugieren que la capacidad de ingestión de animales se estima como el 1.2 % del peso vivo como mínimo en forma de FDN (Mertens, 1987). Por encima de éste nivel la FDN puede limitar la ingestión de alimentos, y en ningún caso debe superar el 1.4-1.5% del peso vivo.

CAPÍTULO VIII

Summary

8. SUMMARY

"IT INFLUENCES OF THE WIDTH OF THE MATTRESS OF CHOPPED CANE OF SUGAR IN THE TIME OF FERMENTATION FOR THE PRODUCTION OF `` SACCHARINA RUSTICA``"

The saccharina is a nutritious supplement for the ruminant ones obtained starting from the fermentation airway of the shafts of the sugar cane picada, con the help of the existent natural yeasts in the same one, is characterized to acquire a bigger albumin concentration, for the synthesis of the biomass.

The present investigation evaluates the effect of the time of pre-fermentation, Height of the mattress of the chopped sugar cane and time of fermentation, on the chemical physical characteristics of the rustic saccharina.

The elaboration the rustic sacchardina you carries out in the parish of Chaltura, in the Farm THE PRAIRIE, located in the county of Imbabura-Ecuador, the chemical physical analyses were carried out in the laboratories of multiple use, of the the Technical University of the North.

For the statistical analysis you employment, a design of blocks totally at random with factorial arrangement $A \times B \times C$, same that you utility to analyze the variables statistically: Percentage of Albumin, Percentage of Fiber, content of Humidity, Accustomed to Soluble, Acidity, pH, Differs of Weight. The determination of significant difference one carries out with the test from Tukey to 5% for the case of Treatments and the test of significant minimum difference (D.M.S) for factors. With the obtained resultades you could identify the best treatments being:

In albumin percentage in humide base the treatment 15 (48 hours of Pre fermentation, mattress height 5cm, 36 hours of fermentation) with an average of 13,82%.

When carrying out the comparison of the variables of the saccharina you determines that; the treatment T1 (24 hours of Pre fermentation + mattress height 5cm +24 hours of Fermentation) it is the one that I present the biggest pH value 4,83. The treatment T15 (48 hours of Pre - fermentation, height of mattress 5 cm, 36 hours of Fermentation), I present the biggest concentration of having been accustomed to soluble similar to 42,93 ° Brix. The treatment T13 (48 hours of Pre - fermentation mattress +altura 5cm +24 hours of Fermentation) it is the one that presents the smaller content of fixed acidez similar to 0,43 (mg /100g) and the treatment T12 (36 hours of Pre - fermentation + mattress height 10cm +48 hours of Fermentation) it is the one that presents the smaller contained volatile acidity similar to 0,088 (mg/g.)

The treatments T10 (36 hours of Pre - fermentation +altura of of mattress 10cm +36 hours of Fermentation) and T2 (24 hours of Pre - fermentation mattress +altura 10cm +24 hours of Fermentation) they are those that present smaller content of Neuter Fiber Detergent similar to 9,385 and 10,243 respectively, what means that they are but digestible for the livestock. Since according to Works of the University Wisconsin suggests that the capacity of ingestion of animals is considered as the 1.2% of the alive weight as minimum in form of FDN (Mertens,1987). Above this level the FDN can limit the ingestion of the allowances and in any case it should overcome the 1.4 -1.5% of the alive weight.

CAPÍTULO IX

Bibliografía

9. BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. ARCOS, Cabrera Carlos, y PALOMEQUE, Vallejo Edison, El mito al Debate: Las ONG's en el Ecuador, Editorial Abya Yala, Primera Edición, Quito 1997.
2. CARVAJAL T Juliana I. 2004. Evaluación del remplazo parcial del forraje axonopus sp por saccharina rustica en la alimentación del cuy cavia porcellus. Popayán (Cauca). Tesis (Agrozootecnista). Universidad del Cauca.
3. CASTRO, M; DIAZ, Juana; LEZCANO, A; ELIAS, A y IGLESIAS, M. 1990. Sistema de alimentación para cerdos en ceba con dietas basadas en miel B y pienso con saccharina. Revista cubana de Ciencia Agrícola. Tomo 24. La Habana, Cuba. p. 91-95. CERDA, Gutiérrez Hugo, Los Elementos de la Investigación, Editorial Abya Yala, Segunda Edición, Quito 1993.
4. CHEN, P. j. (1991). Manual de la Caña de Azúcar.
5. DELGADO, GONZALES y MADRAZO. 1993. Calidad de la cáscara de los huevos de gallinas reproductoras que consumen saccharina. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Tomo 25. La Habana, Cuba. p. 51-58
6. DIAZ, J, Zambrano A., Caicedo A. 1990. Utilización de cubos multinutricionales como suplemento en la alimentación de cuyes de Engorde. San Juan de Pasto. Tesis (zootecnia). Universidad de Nariño.
7. ELÍAS, A; LEZCANO Orquídea; LEZCANO P; CORDERO J y QUINTANA, L. 1990. Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico de la caña de azúcar mediante

- fermentación en estado sólido Saccharina. Revista cubana de Ciencia Agrícola. Tomo 24. La Habana, Cuba. p. 3-12.
8. FAUCONIER, R. (1975). Técnicas Agrícolas y producción Tropical de la caña de azúcar, primera edición, editorial Blume Barcelona- España.
 9. FUNDORA, O; LLERANDI, E; FERNANDEZ y FEBLES. 1997. Conducta alimentaria de machos Cebú alimentados con raciones basadas en Saccharina rústica. Revista cubana de Ciencia Agrícola. Tomo 31. La Habana, Cuba. p. 29
 10. GALINDO, J; ELIAS, A; DELGADO, D; PIEDRA, R; RIVERI, S; GUTIERREZ, O Y COTO, G. 1996. Efecto del nivel de saccharina en el pienso en la población microbiana ruminal y su actividad en vacas lecheras. Revista cubana de Ciencia Agrícola Tomo 30. La Habana, Cuba. p. 59-66.
 11. GONZALES, VALDIVIA, FRAGA y RODRÍGUEZ C 1991. Una nota sobre fertilidad y tasa de eclosión en reproductores pesados alimentados con saccharina. Revista cubana de Ciencia Agrícola Tomo 25. La Habana, Cuba. p. 191-194.
 12. IANCEM. Memorias. 1997. Memorias Ibarra.
 13. INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL (ICA). Saccharina rustica. (Caña enriquecida). Alimento para consumo animal. 1990. En: Folleto XXV Aniversario del Instituto de Ciencia Animal. La Habana Cuba.
 14. INSUASTY O. y MANRIQUE, R. 1996. Variedades de caña de azúcar para la producción de panela. En: Manual de caña de azúcar para la producción de panela. Corpoica, Sena. Bucaramanga.

15. LENG, R.A. 1991. Application of Biotechnology to nutrition of animals in developing countries.
17. Revista cubana de Ciencia Agrícola. 1990. Alimentación de gansos con saccharina. 2. Adaptación a altas concentraciones, Tomo 24. La Habana, Cuba. p. 103-108.
18. REYES, J GARCIA, CAPDEVILLA, PONCE, ELIAS y MORA. Utilización de pienso a base de saccharina en vacas en pastoreo. Revista cubana de Ciencia Agrícola. Tomo 27. La Habana, Cuba. p. 261-266
19. VALDIVIE, M., ELÍAS A y DIEPPA, Oraidia. 1990. Alimentación de gansos con saccharina. 1 etapa de cebo. Revista cubana de Ciencia Agrícola. Tomo 24. La Habana, Cuba. p. 97-101.
20. VALDIVIE, M., ELÍAS A., ALVAREZ, R.J y DIEPPA, Oraidia. 1990. Utilización de la saccharina en los piensos para pollos de engorde. Revista cubana de Ciencia Agrícola. Tomo 24. La Habana, Cuba. p. 109-287.
21. Villarroel, F. (1976). Botánica sistemática. Imprenta colegio Mejía Quito.
22. http://www.es.Wikipedia.org/wiki/Alcohol_etilico-42K

CAPÍTULO X

Anexos

ANEXO 1

Resultados de acidez, humedad, grados brix, proteína,
pH, fibra