



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

VALORACIÓN NUTRITIVA Y FERMENTATIVA DEL ENSILADO DE
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (PRE-FERMENTADO) CON RESIDUOS
DE LECHUGA (*Lactuca sativa L*)

ARTEMIO RAFAEL BASTIDA LÓPEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2007

AGRADECIMIENTOS

“Le doy gracias a mi Dios tan providente, que le pido pa’ maíz y me da hasta pa’ aguardiente (metáfora)”

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento del proyecto N° 42782-Z. y por la beca otorgada con el N° 185089.

Al Colegio de Postgraduados y al Programa de Ganadería, por la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.

Al Dr. Marcos Meneses Mayo, por su valiosa asesoría, tiempo dedicado a la realización de esta tesis y por siempre darme una oportunidad, mi sincero agradecimiento.

Al Dr. Germán D. Mendoza Martínez, por su valiosa colaboración y asesoría.

Al Dr. Octavio Loera Corral, por la asesoría y el apoyo recibido para la realización de esta investigación.

Al Dr. Luis Alberto Miranda Romero, por la asesoría y el apoyo recibido para la realización de esta investigación.

Al personal del Laboratorio de Nutrición de Rumiantes, por el apoyo recibido.

A mis compañeros y amigos del Programa de Ganadería, por los momentos y conocimientos compartidos.

DEDICATORIA

A mis padres, por el amor y cariño que me han brindado, y por que de ellos es esta meta alcanzada.

A mis hermanos, que siempre me han brindado su apoyo incondicional.

A mis amigos Charros y Escaramuzas de Tecámac, con quien he compartido mil travesías.

A ti “Mujer”, por el amor y el apoyo que me has brindado.

INDICE GENERAL

INDICE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE FOTOGRAFIAS	vi
ABREVIATURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRAC	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
2.1. Ensilaje.....	2
2.1.1. Cambios bioquímicos antes y durante el proceso de ensilaje.....	3
2.1.2. Acción de las enzimas de la planta.....	3
2.1.3. Acción microbiana.....	4
2.1.4. Características del ensilado.....	5
2.1.5. Pérdidas durante el ensilaje.....	6
2.1.6. Manejo de los efluentes.....	7
2.2. Materiales ensilables.....	8
2.3. Uso de enzimas fibrolíticas para mejorar la utilización del alimento por los rumiantes.....	8
2.4. Subproductos agroindustriales.....	10
2.4.1. Características de residuos de hortalizas.....	11
2.4.2. Origen y taxonomía de la lechuga.....	12
2.4.3. La lechuga en el consumo animal.....	13
2.4.4. Bagazo de caña.....	13
2.4.5. Usos industriales del bagazo y médula de caña de azúcar.....	14
2.4.6. Empleo del bagazo y médula de caña en a alimentación de rumiantes.....	14
2.5. Tratamientos para mejorar la digestibilidad de los esquilmos agrícolas.....	16
2.5.1. Fermentación sólida (FS).....	17
III. ESQUEMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN	19
IV. JUSTIFICACIÓN	20

V. OBJETIVO	20
VI. HIPÓTESIS	20
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21

ESTUDIO I. CARACTERIZACIÓN QUIMICO PROXIMAL DE LOS SUBPRODUCTOS (BAGAZO DE CAÑA Y LECHUGA) Y FERMENTOS SÓLIDOS DE BAGAZO DE CAÑA CON LA CEPA IE8 DE *Pleurotus ostreatus*.

1. INTRODUCCIÓN.....	21
2. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	21
2.1. Localización geográfica del estudio	21
2.2. Diagrama de flujo experimental.....	22
3. OBJETIVOS	22
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
4.1. Material biológico.....	23
4.1.1. Propagación de la cepa.....	23
4.1.2. Preparación del inóculo.....	23
4.2. Material vegetativo.....	25
4.2.1. Proceso de fermentación sólida de bagazo de caña de azúcar.....	25
4.3. Análisis químico proximal del bagazo de caña de azúcar fermentado y sin fermentar y del subproducto de lechuga	28
5. ANALISIS ESTADISTICO.....	28
6. RESULTADOS.....	28
6.1. Análisis proximal de subproductos de lechuga, bagazo de caña fermentado y sin fermentar.....	28
7. CONCLUSIONES.....	30

ESTUDIO II. VALORACION DE LOS COMPONENTES FERMENTATIVOS DEL ENSILADO DE MEZCLAS DE BAGAZO DE CAÑA Ó FERMENTOS SÓLIDOS DE BAGAZO DE CAÑA CON SUBPRODUCTO DE LECHUGA

1. INTRODUCCIÓN.....	31
2. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	31
2.1. Localización geográfica del estudio.....	31
3. OBJETIVO.....	32
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
4.1. Material vegetativo.....	32
4.2. Preparación de los ensilados.....	32
4.3. Diagrama de flujo experimental	33
4.4. Análisis de los componentes fermentativos de las mezclas ensiladas	34
5. ANALISIS ESTADISTICO.....	35
6. RESULTADOS.....	36
6.1. Evolución de la temperatura (°C) interna y externa de los microsilos.....	36
6.2. Evolución del pH.....	37
6.3. Evolución del contenido de ácido láctico.....	39
6.4. Evolución del contenido de ácido acético.....	40
6.5. Evolución del contenido de carbohidratos solubles.....	41
6.6. Evolución del contenido de nitrógeno amoniacal.....	43
7. CONCLUSIONES.....	43

ESTUDIO III. VALORACION DE LOS COMPONENTES NUTRITIVOS Y DIGESTIBILIDAD DEL ENSILADO DE MEZCLAS DE BAGAZO DE CAÑA Ó FERMENTOS SÓLIDOS DE BAGAZO DE CAÑA CON SUBPRODUCTO DE LECHUGA

1. INTRODUCCIÓN	44
2. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	44
2.1. Localización geográfica del estudio	44
2.2. Diagrama de flujo experimental	44
3. OBJETIVOS	44
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
4.1. Material vegetativo.....	45
4.2. Análisis de los componentes nutritivos de las mezclas ensiladas	45
4.3. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS).....	45
5. ANALISIS ESTADISTICO.....	45
6. RESULTADOS.....	46
6.1. Evolución del contenido de materia seca (MS).....	46
6.2. Evolución del contenido de materia orgánica (MO).....	47
6.3. Evolución del contenido de minerales (MIN).....	47
6.4 Evolución del contenido de proteína bruta (PB).....	48
6.5 Evolución del contenido de fibra detergente neutro (FDN).....	49
6.6 Evolución del contenido de fibra detergente ácido (FDA).....	49
6.7 Digestibilidad <i>in Vitro</i> de la materia seca	50
7. CONCLUSIONES.....	51
VIII. CONCLUSIONES GENERALES.....	52
IX. LITERATURA CITADA.....	53

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Evaluación de la calidad del ensilado en función de los productos de fermentación.....	6
Cuadro 2	Bagazo de caña de azúcar generado en México en el periodo 1999-2005.....	14
Cuadro 3	Fracciones de fibra del bagazo y médula de la caña de azúcar.....	15
Cuadro 4	Composición química de bagazo y médula de caña de azúcar.....	15
Cuadro 5	Métodos empleados en el tratamiento de esquilmos agrícolas.....	16
Cuadro 6	Degradación de los componentes de la pared celular de bagazo de caña de azúcar, durante la fermentación sólida con el hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	18
Cuadro 7	Composición (% de MS) de residuos de lechuga, bagazo de caña sin fermentar y fermentado 30d con <i>Pleurotus ostreatus</i>	29
Cuadro 8	Digestibilidad <i>in vitro</i> (% MS) de residuos de lechuga, bagazo de caña sin fermentar y fermentado 30d con <i>Pleurotus ostreatus</i>	30
Cuadro 9	Evolución de la temperatura (°C).....	36
Cuadro 10	Evolución del valor de pH.....	38
Cuadro 11	Evolución en el contenido de ácido láctico (% MS)	39
Cuadro 12	Evolución del contenido de Ac. Acético (%)......	41
Cuadro 13	Evolución del contenido de carbohidratos solubles (% MS).....	42
Cuadro 14	Evolución de contenido de nitrógeno amoniacal (mg/dL).....	43
Cuadro 15	Contenido de materia seca (%)......	46
Cuadro 16	Evolución del contenido de materia orgánica (% MS).....	47
Cuadro 17	Evolución del contenido de minerales (% MS).....	48
Cuadro 18	Evolución del contenido de proteína bruta (% MS).....	48
Cuadro 19	Evolución del contenido de FDN (% MS).....	49
Cuadro 20	Evolución del contenido de FDA (% MS).....	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Esquema general.....	19
Figura 2	Esquema general del estudio I.....	25
Figura 3	Diagrama de preparación del bagazo fermentado en medio sólido..	27
Figura 4	Diagrama de flujo para la preparación de los microsilos.....	33
Figura 5	Cromatograma de la solución estándar interno de AGV's.....	35
Figura 6	Evolución de la temperatura externa (ambiental) durante el proceso de ensilaje.....	37
Figura 7	Evolución del pH.....	38
Figura 8	Producción de ácido láctico.....	40
Figura 9	Evolución del contenido de carbohidratos solubles.....	42
Figura 10	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca.....	50

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1	Frasco con semilla secundaria.....	25
Fotografía 2	Características de los microsilos.....	33

ABREVIATURAS

MS	Materia seca
DIVMS	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca
FS	Fermentación sólida
H	Humedad
T 1	(lechuga + bagazo) 70% H
T 2	(lechuga + bagazo FS) 70% H
T 3	(lechuga + bagazo FS) 75% H
T 4	(lechuga + bagazo) 75% H
BFS	Bagazo fermentado sólido
B	Bagazo
L	Lechuga
MO	Materia orgánica
PB	Proteína bruta
FDN	Fibra detergente neutro
FDA	Fibra detergente ácido
MIN	Minerales
AGV's	Ácidos grasos volátiles
CHO's	Carbohidratos solubles

VALORACION NUTRITIVA Y FERMENTATIVA DEL ENSILADO DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (PRE-FERMENTADO) CON RESIDUOS DE LECHUGA (*Lactuca sativa L*)

Bastida López Artemio Rafael, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2007

RESUMEN

Se realizó un bioproceso tecnológico para el mejoramiento de los parámetros fermentativos del ensilaje, incluyendo la fermentación sólida (FS) como biotratamiento para bagazo de caña de azúcar. Se utilizaron residuos de lechuga (L), bagazo de caña de azúcar sin fermentar (B) y bagazo de caña de azúcar fermentado por FS durante de 30 días (BFS). Se realizaron cuatro tratamientos **T1**) 2,93kg de L + 1,08kg de B (70% H); **T2**) 2,93kg de L + 1,08kg de BFS (70% H); **T3**) 3,16kg de L + 0,84kg de BFS (75% H) y **T4**) 3,16kg de L + 0,84kg de B (75% H). Se evaluaron parámetros nutritivos, fermentativos y de digestibilidad a 0, 4, 8, 16, 24 y 32 días de ensilaje. Los contenidos de FDN y FDA disminuyeron de 6,53% y 3,24% de MS cuando el bagazo de caña de azúcar se prefermentó 30 días, y el contenido de proteína cruda aumentó en 1%. En el proceso de ensilaje el mayor contenido de carbohidratos solubles se presentó al inicio en el tratamiento T2 y T3 (4.63 y 4.85% respectivamente) que corresponden a los tratamientos que contenían BFS y que benefició desde el inicio del proceso la disminución del pH y la producción de ácido láctico, inhibiendo el crecimiento de microorganismos que deterioran el material fermentado y para dar paso a la proliferación de bacterias ácido-lácticas. Los componentes fibrosos (FDN y FDA) aumentaron al final del proceso y la materia seca no sufrió cambios significativos. La DIVMS no mostró cambios significativos después de 32 días de ensilaje. El uso de fermentos sólidos de *Pleurotus ostreatus* en ensilados de alta humedad coadyuvan a estabilizar el pH desde las primeras horas de ensilaje y promueven la absorción de efluentes de subproductos con alto contenido hídrico y proteína soluble. Con el bioproceso empleado se puede aprovechar el subproducto (bagazo) de la industria azucarera con la ventaja que después de ser fermentado con *P. ostreatus* se enriquece el fermentado con enzimas fibrolíticas y puede ser empleado en la alimentación de rumiantes, además de ser un sustrato ideal para mezclas con subproductos hortícolas.

PALABRAS CLAVE: subproductos, digestibilidad “in vitro”, fermentación sólida.

NUTRITIOUS AND FERMENTATIVA EVALUATION OF THE SUGAR CANE BAGASSE STORED IN A SILO (PRIOR FERMENTED) WITH BY-PRODUCTS OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L)

Bastida López Artemio Rafael, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2007

ABSTRACT

The process technological for the improvement of the fermentatives parameters of the silage was made, including the solid fermentation (FS) with sugar cane bagasse. By-products of lettuce (L) were used, sugar cane bagasse (B) and bagasse of sugar cane fermented by FS after 30d (BFS). Four treatments were made **T1**) 2,93kg of L + 1,08kg of B (70% H); **T2**) 2,93kg of L + 1,08kg of BFS (70% H); **T3**) 3,16kg of L + 0,84kg of BFS (75% H) and **T4**) 3,16kg of L + 0,84kg of B (75% H). The parameters nutritives, fermentatives and digestibility were evaluated to 0, 4, 8, 16, 24 y 32d of silage. The contents of NDF and ADF they reduce of 6,53% and 3,24% of DM when the sugar cane bagasse prefermented 30d and the crude protein content increased in 1%. The content of soluble carbohydrates appeared at the beginning in the treatment T2 and T3 (4,63 and 4,85% respectively) that correspond to the treatments BFS it affects from the beginning from the process the diminution from pH and the production of lactic acid, inhibiting the growth of microorganisms with deteriorate the fermented material and to take step to the proliferation of bacterium acid-lactic. The fibrous components (NDF and ADF) increased at the end of the process and the dry matter did not undergo significant changes. The IVDMD did not show significant after 24d of silage. The use of solid ferments of *Pleurotus ostreatus* in stored in a silo of high humidity helps to stabilize pH from the first hours of silage and promotes the absorption of effluents of by-products with high hydric content and soluble protein. With biological processes used the by-product can be taken advantage of (bagasse) the sugar industry with the advantage that after being fermented with *P. ostreatus* becomes rich the fermented one with fibrolytic enzymes and can be used in the feeding of ruminants, in addition to being an ideal substrate for mixtures with by-products vegetables.

KEYWORDS: by-products, digestibility “in vitro”, solid state fermentation.

I. INTRODUCCIÓN

En la alimentación humana se utilizan dos vías, la utilización de productos de la agricultura y la de productos de la ganadería; esta última hace necesario el uso de materias primas como cereales y leguminosas para la alimentación del ganado, dándose una competencia por los recursos alimentarios fundamentales entre los animales domésticos y el hombre (Viniestra, 2004).

En las últimas décadas el crecimiento demográfico mundial ha propiciado el desarrollo científico y tecnológico necesario para generar fuentes alternativas para la alimentación de los hombres y los animales domésticos, desde el imperativo social de que los procesos productivos sean respetuosos con los seres vivos y compatibles con el ambiente, a fin de mejorar las condiciones de vida, evitar la degradación del entorno natural y asegurar un futuro adecuado para generaciones venideras (Meneses, 2002).

Existen muchas alternativas para alimentar a los animales domésticos, y una muy importante es la transformación biotecnológica de los residuos orgánicos obtenidos de la agricultura, la ganadería e industrias alimenticias; para adecuarlos a diversos tipos de producción animal (Viniestra, 2004).

Dentro del sector agrario, a estas demandas se añade la exigencia de emplear métodos de producción que no sean tóxicos, ni para los consumidores ni para los trabajadores del sector, buscando garantías de salubridad y seguridad alimentaria. Por otro lado, los sistemas de producción hortofrutícola generan cada vez mayor cantidad de residuos y desechos agroindustriales que, en su mayoría son poco valorados y de no ser tratados adecuadamente, generan focos contaminantes que provocan desequilibrios en los sistemas ecológicos (Meneses, 2002).

Es importante hacer uso eficiente de los recursos disponibles para la alimentación animal, por lo que esta investigación involucra procesos biotecnológicos, utilizando la fermentación sólida para mejorar la calidad nutricional del bagazo de caña y combinarla con el proceso de ensilaje de hojas de lechuga para mejorar las variables nutricionales y su posterior aprovechamiento en dietas para rumiantes.

II. ANTECEDENTES

2.1. Ensilaje.

El ensilaje es un método de conservación de forrajes frescos u otros alimentos con alto contenido de humedad, se emplean reservorios denominados silos, en ausencia de aire, luz y humedad exterior (Jiménez, 1988; Cañequé y Sancha, 1998). Se utiliza para alimentar a los animales, sobre todo rumiantes, desde hace muchos años (Church *et al.*, 2002). El ensilado es el material producido por fermentación controlada del forraje con un gran contenido de humedad. Cuando dicho material se almacena en condiciones anaeróbicas y si la cantidad de carbohidratos fermentables es adecuada, se produce suficiente ácido láctico para estabilizar la masa, de manera que la fermentación se detiene y el ensilado se conserva durante un periodo indefinido dependiendo del tipo de forraje o subproducto a ensilar así como de las condiciones de fermentación entre otros factores (Jiménez, 1988; Cañequé y Sancha, 1998, Church *et al.*, 2002).

Un buen ensilado es un producto muy aceptable con el que, si se utiliza bien, se obtienen excelentes resultados con animales de alta productividad, como las vacas en lactación.

El fin esencial del ensilado, es conservar los forrajes con un mínimo de pérdidas de materia seca (MS) y de nutrientes, manteniendo una buena apetecibilidad por el ganado y sin que se produzcan durante el proceso sustancias que puedan ser tóxicas para la salud del animal (Cañequé y Sancha, 1998) como el contenido de nitrato, que si está presente, reduce la cantidad de otros materiales tóxicos como el ácido cianhídrico. Sin embargo, es importante señalar que la fermentación requiere energía; de modo que estas pérdidas causadas por el ensilado reducen el contenido total de nutrientes del material en el silo (Church *et al.*, 2002).

El interés primordial del mismo radica en la posibilidad de recolectar en forma rápida y mecanizada los forrajes en su estado vegetativo, sin depender de las condiciones climatológicas, así como en conservar aquellos otros que por su naturaleza no puedan ser henificados o desecados: como el maíz, los cereales forrajeros, hojas y pulpa de remolacha y otros subproductos agroalimentarios (Cañequé y Sancha, 1998).

El objetivo de conservar los cultivos por fermentación natural, es lograr condiciones anaerobias y, segundo, evitar la actividad de microorganismos indeseables, como los clostridios y enterobacterias, que dan lugar a la formación de productos de fermentación que han de eliminarse (McDonald *et al.*,1995).

2.1.1. Cambios bioquímicos antes y durante el proceso de ensilaje.

Procesos bioquímicos ocurren después de que la planta es cortada y durante la conservación, como resultado de la continuación del metabolismo de las células vegetales, tanto de enzimas del tejido muerto como de microorganismos presentes en la planta (Henderson, 1993).

2.1.2. Acción de las enzimas en la planta.

Las enzimas son elementos químicos contenidos en las plantas, que tienen la propiedad de disociar a otros más simples (los constituyentes de los vegetales). En el caso de los ensilados su acción tiene lugar sobre los procesos respiratorios y sobre la descomposición de glúcidos y proteínas (Cañeque y Sancha, 1998).

Las enzimas vegetales continúan activas durante los primeros días después del corte, mientras haya oxígeno disponible, lo que ocasiona el metabolismo de los carbohidratos solubles en CO₂, agua y la producción de calor. Se considera por tanto, que las temperaturas óptimas durante la fermentación fluctúan entre 26.6 y 37.7 °C, según Church *et al.*, (2002); por lo que el calor excesivo es indeseable, pero es improbable si el ensilado está compactado para excluir la mayor cantidad de aire (de tal manera que el forraje en el silo continúa respirando, consumiendo oxígeno y eliminando anhídrido carbónico, con desprendimiento de calor:



De tal forma que la importancia de este proceso radica en conocer los elementos negativos y positivos para la correcta conservación, mismos que se resumen en cuatro puntos (Ojeda *et al.*, 1991):

1) Elevación de la temperatura: en casos extremos puede provocar la pérdida del material por carbonización o la disminución de valor nutritivo de las proteínas por desnaturalización.

2) Disminución inicial del contenido de carbohidratos solubles: necesarios como fuente de energía para las bacterias y producción de ácidos orgánicos.

3) Pérdida de materia seca: formación de CO₂ no recuperable.

4) Incremento de la humedad: favorece en los forrajes el crecimiento de grupos bacterianos indeseables. De aquí se comprende la importancia de eliminar el oxígeno.

Por otro lado, los glúcidos solubles (azúcares simples y fructosanas) de los forrajes y alimentos que se ensilan, y que representan una cifra variable entre 5 y 15% de su materia seca, son rápidamente hidrolizados por la acción de las enzimas en glucosa y fructosa que junto con los ácidos orgánicos cítrico y málico son las principales fuentes de energía de los microorganismos; en especial, de las bacterias lácticas (Cañeque y Sancha, 1998), éstas también fermentan los carbohidratos hidrosolubles, que tras la hidrólisis se encuentran en forma de glucosa y fructosa, con formación de ácido láctico y otros productos (Hiriart, 1998).

En relación a los componentes de la pared celular, la fracción de hemicelulosa puede degradarse alrededor del 5% durante el proceso de fermentación de ensilajes con menos del 40% de materia seca, aportando arabinosa y xilosa (Henderson, 1993).

2.1.3. Acción microbiana.

Al mismo tiempo, y tras acción de las enzimas de la planta, se desarrollan microorganismos presentes en la superficie del forraje verde. Estos, se desarrollan empleando el jugo liberado por las células vegetales cuando estas mueren. En la fermentación del ensilaje los microorganismos más importantes son las bacterias ácido lácticas, bacterias formadoras de endosporas, bacterias coliformes, hongos, levaduras y en ocasiones se encuentran bacterias ácido propiónicas (Lin *et al.*, 1992).

Así, mientras existe suficiente oxígeno, se desarrollan las bacterias aerobias estrictas, a continuación, se desarrollan las bacterias anaerobias (coliformes anaerobias facultativas). Transforman los azúcares en ácido acético y anhídrido carbónico, produciendo también pequeñas cantidades de ácido fórmico y ácido láctico comenzando así la acidificación del ensilado, pero con una baja eficacia. Degradan también los aminoácidos en amoníaco y ácidos grasos volátiles o en aminas, su acción es de corta duración, detenido su desarrollo en un pH menor a 4.5 (Ojeda *et al.*, 1991; Cañeque y Sancha, 1998).

Posteriormente se desarrollan bacterias anaerobias estrictas, que se multiplican muy rápidamente constituyendo en menos de ocho días casi la totalidad de la flora del ensilado. Para ello debe contar con ausencia total de oxígeno y presencia de azúcares en cantidad suficiente y que sean liberados rápidamente, por lo que el desarrollo óptimo de las bacterias lácticas tiene lugar en valores de pH comprendidos entre 4.5 y 5.5, deteniéndose su actividad a un pH entre 3.8 y 3.2. Estas transforman los azúcares en ácido láctico aunque con rendimiento diferente según sea homofermentativas o heterofermentativas (Cañeque y Sancha, 1998). En consecuencia la dinámica de producción de ácido láctico indica que el contenido en azúcares necesario para que se produzca la cantidad de ácido láctico suficiente y bajar el pH a 4 depende de la proporción en que se encuentren las bacterias lácticas, considerándose por lo general adecuado un contenido en azúcares entre 6 y 12% MS. Cuando se alcanza este pH, se inhibe la actividad y desarrollo de las bacterias, incluidas las lácticas; se llega entonces a una estabilidad que permite su conservación. Por el contrario, si el pH no desciende con rapidez o no llega a un valor bajo, se desarrollan las bacterias butíricas, microorganismos anaeróbicos del género *Clostridium* (Cañeque y Sancha, 1998).

2.1.4. Características del ensilado.

Para conocer si el material ensilado fue correctamente elaborado, existen determinaciones cualitativas y cuantitativas, las primeras son evaluadas por la observación de características físicas (textura, color, olor), son sencillas, rápidas, prácticas y ayudan a conocer características que dan idea sobre la aceptación por el ganado, pero no permiten determinar el valor nutritivo del producto, señala Jiménez (1988), las segundas tienen mayor precisión y se evalúan por la cuantificación de los compuestos químicos producidos durante el proceso de fermentación (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Evaluación de la calidad del ensilado en función de los productos de fermentación (Bjorge, 1996).

Parámetros	Calidad del ensilado		
	Buena	Intermedia	Mala
pH (MS > 35%)	< 4.8	< 5.2	> 5.2
pH (MS < 35%)	< 4.2	< 4.2	> 4.8
Ácido láctico %	3-14	Variable	Variable
Ácido butírico %	< 0.2	$0.2 \leq x \leq 0.5$	> 0.5
Proporción s/ácidos totales			
Láctico	> 60	40-60	< 40
Acético	< 25	25-40	> 40
Butírico	< 5	5-10	> 10
N- NH ₃ (% s/N total)	< 10	10-16	> 16
NFDA (% s/N total)	< 15	15-30	> 30

NFDA: Nitrógeno ligado a fibra ácido detergente.

Por tanto, la calidad del ensilado depende por una parte de su valor nutritivo, que está ligado directamente con su composición química (fibra, materias nitrogenadas, minerales, grasas e hidratos de carbono) y por otra de la calidad de conservación, que está definida por los productos finales de la fermentación que tienen lugar en el mismo (Cañequé y Sancha, 1998).

Al emplearlos, uno de los problemas de nutrición que se asocian con los ensilados como alimento es que la ingestión de materia seca en la forma de ensilado casi siempre es menor que cuando se suministra el mismo cultivo como heno. La ingestión de ensilados es generalmente mayor a medida que se incrementa el contenido de la materia seca (Church *et al.*, 2002).

2.1.5. Pérdidas durante el ensilaje.

Durante el proceso de ensilaje existen pérdidas por fermentación, por respiración, pudrición y apertura de silo.

Las pérdidas de materia seca por efluentes vienen determinadas principalmente por el contenido de materia seca del forraje ensilado y por la densidad del silo, pudiendo alcanzar en forraje muy húmedos valores próximos al 10% (Cañeque y Sancha, 1998).

Hay pérdidas por efluentes en cantidades muy importantes en ensilados con un gran contenido de humedad, en especial cuando el contenido de materia seca es menor de 30%. Arriba de este nivel las pérdidas son de moderadas a bajas. El efluente contiene muchos nutrientes solubles, por lo que se deben evitar tales pérdidas para que el ensilado como alimento sea muy eficiente (Church *et al.*, 2002). Además, estos efluentes afectan la calidad del agua y se deteriora el valor nutritivo del forraje (Fransen y Strubi, 1998; Meneses, 2002).

Otros factores con influencia sobre la tasa de producción de fluentes son la composición del forraje (relación de componentes estructurales y no estructurales) siendo para la mayoría de los cultivos, un contenido de materia seca cercano a 35% y un contenido de carbohidratos solubles de 6 a 8% (base seca) casi óptimos para la producción de ensilado (Church *et al.*, 2002), también, la longitud de las partículas y el grado de prensado, por su efecto en la densidad del ensilado son determinantes en la producción de efluentes (Cañeque y Sancha, 1998).

2.1.6. Manejo de los efluentes.

Los efluentes del ensilado pueden ser utilizados en la alimentación animal, sin embargo la alta estacionalidad en la producción y altos costos de almacenamiento, hacen que en la mayoría de los casos sean recogidos y aplicados al suelo rápidamente, de modo que se evite la contaminación de las aguas superficiales (Cañeque y Sancha, 1998).

El uso de absorbentes orgánicos durante el ensilaje ha sido sugerido como una alternativa para la retención de efluentes de ensilados con alta humedad (Fransen y Strubi, 1998); se puede agregar materia seca de fuentes como olores, paja o heno, para absorber parte de la humedad, y carbohidratos solubles en forma de granos o melazas; estos proporcionan cierta seguridad cuando se prepara ensilado de pasto y leguminosa (Church *et al.*, 2002).

Ejemplo de este tipo de ensilado es el bagazo de piña, donde su humedad se puede reducir mediante el secado al sol, o al ensilarlo agregar capas de un material seco como paja o rastrojo. La desventaja del método estriba en que los componentes así agregados, al tener un valor nutritivo inferior al bagazo, tienden a reducir la calidad del producto final (Shimada, 1992).

Las opciones de absorbentes no solo se limitan al uso de materiales que se utilizan en la alimentación animal, también involucra el uso de polímeros de almidón, bentonita e incluso papel periódico (Fransen y Strubi, 1998); sin embargo, estos pueden reducir la calidad nutritiva del ensilado.

2.2. Materiales ensilables.

Una amplia variedad de materiales herbáceos se han usado para hacer ensilados. El desperdicio de las enlatadoras que procesan cultivos alimentarios como maíz dulce, ejotes, chícharos y diversas raíces o residuos vegetales se utilizan con buen resultado. Los residuos de este tipo son difíciles de usar frescos porque el suministro diario es variable o porque están disponibles únicamente durante periodos breves. El ensilaje tiene la ventaja de dar como resultado un alimento más uniforme y un suministro conocido permite una planificación más eficaz.

Algunos forrajes de fibra de baja calidad, como las pajas de pasto, se pueden ensilar y si se agregan aditivos como melaza, urea y NaOH, se puede producir un producto razonablemente aceptable y digerible (Church *et al.*, 2002).

2.3. Uso de enzimas fibrolíticas para mejorar la utilización del alimento por los rumiantes.

Investigaciones recientes han demostrado que vacas lecheras y ganado de engorda suplementado con enzimas degradadoras de la fibra tienen un potencial importante para mejorar la utilización del alimento, y el comportamiento productivo animal. Los aditivos de enzimas para rumiantes principalmente contienen xilanasas y celulasas, concentradas en extractos, resultado de fermentaciones de bacterias u hongos que tienen actividad enzimática específica el mismo que se traduce principalmente al mejoramiento de la

digestión de la fibra en el rumen, dando como resultado un incremento en el consumo de energía digestible. Así, la respuesta animal es mayor cuando la digestión de la fibra es comprometida y cuando la energía es la limitante en la dieta; observando que la cantidad de productos enzimáticos y condiciones experimentales, en rumiantes ofrecen respuestas variables y vago efecto se encuentra en estudios.

Esta variación puede ser atribuida a las condiciones experimentales, en las cuales la energía no es un factor limitante, también a la actividad de la enzima suplementada, y a un inapropiado método de proveer el producto enzimático al animal. Hoy en día un número limitado de productos enzimáticos para rumiantes esta disponible. Sin embargo, adiciones al azar de enzimas para dietas sin considerar la situación específica o el sustrato a utilizar, desanima a los productores a adoptar esta tecnología enzimática. No obstante, el uso de promotores de crecimiento y antibióticos en la producción ganadera, van en pleno incremento y es reflejado en la respuesta animal obtenida usando enzimas alimenticias, lo que indica que estos productos jugaran un papel importante en el futuro (Beauchemin, *et al.* 2003).

Pinos (1999) por su parte, al aplicar un producto enzimático (Fibrozyme ®) sobre alfalfa y ballico, encontró que las enzimas de dicho producto, tuvieron capacidad para degradar celulosa, hemicelulosa y proteínas de los forrajes, por lo que podría mejorar las respuesta productiva en rumiantes. Menciona que el efecto de las enzimas depende del sustrato utilizado y de los factores ambientales que afectan la actividad enzimática.

En un estudio realizado por Ávila (2005), encontró que al inocular *Pleurotus ostreatus* en rastrojo de maíz, el contenido de proteína bruta aumentó de 3.14 a 4.01% de la materia seca a los ocho días de fermentación sólida, quien además, indica un aumento en el contenido de minerales (de 5.9 a 8.56%) como resultado de la degradación de los componentes de la pared celular por el hongo. En un trabajo similar, hecho por Luna (2007), señala que la fermentación sólida de paja de cebada con *P. ostreatus* después de 30 días, disminuye el contenido de lignina de 21.15 a 17.36% y aumenta la DIVMS de 39.64 a 42.36% lo que nos indica el potencial de uso de este hongo para mejoramiento de la calidad de los forrajes para la alimentación de rumiantes.

Chen *et al.* (1994) encontraron que el ensilado de maíz tratado con una mezcla de enzimas (*Alfazime*, que contenía celulasa, celobiasa, amilasa), no mejoró la preservación o composición del ensilado, ni la degradación de la materia seca, tampoco la utilización de la dieta por vacas en su primera lactancia. En contraste, un ensilado donde previamente se redujo la humedad, al inocularlo con la misma mezcla de enzimas mejoró la composición y preservación del ensilado y promovió la degradación ruminal de la materia seca del ensilado en las primeras 24 horas de fermentación ruminal. Ambos ensilados tratados redujeron su estabilidad con respecto a sus testigos.

2.4. Subproductos agroindustriales.

Los subproductos agrícolas y agroindustriales son materiales residuales de la actividad agrícola y agroindustrial que son consumidos por el ganado. Son una fuente importante de forraje y se caracterizan por su disponibilidad estacional, gran voluminosidad, calidad media a baja y bajo costo (Jiménez, 1989). Entre los subproducto más abundantes en México se encuentran el rastrojo de maíz, la médula o bagacillo de caña; siendo estos de baja digestibilidad (Viniegra, 2004) y aportan pocos nutrientes al animal para su normal desarrollo y producción (Gutiérrez *et al.*, 1985). Por lo que para utilizarlos eficientemente en dietas para animales domésticos es necesario aplicar algún tipo de procesamiento, ya sea físico, químico o biológico que permita aumentar su digestibilidad.

Castañeda y Monroy (1984), estimaron una disponibilidad de 42 millones de toneladas de materia seca de subproductos agrícolas para consumo animal, destacando el rastrojo y olote de maíz con una proporción de 55%, subproductos de caña de azúcar con 17%, pata de sorgo 11%, paja de trigo 11% y otros esquilmos 6%. Por otro lado, alrededor del 50% de la producción de esquilmos se concentra en cinco estados de la República: Jalisco (12%), Veracruz (10%), Estado de México (10%), Tamaulipas (9%), Chiapas (9%), Sinaloa (7%), Michoacán (5%), Guanajuato (6%) y Puebla (4%), correspondiendo el 28% restante a los otros estados.

El volumen de subproductos que se derivan de la industrialización de la caña (*Saccharum officinarum*) y algunos otros productos como la piña y elaboración de cerveza, son de importancia considerable tomando en cuenta que hay abundancia en la región tropical

durante 5 o 6 meses del año, siendo de bajo costo y buena aceptación por el ganado. Sin embargo, con todas estas ventajas, su utilización no ha sido la apropiada debido a la falta de técnicas para su almacenamiento en época de abundancia, y al desconocimiento de sus propiedades nutritivas, así como al incorrecto suministro o transformación de estos productos (Rendón, 1994).

2.4.1. Características de residuos de hortalizas.

Terminada la cosecha de hortalizas, quedan en el terreno rastrojos o restos que incluyen plantas completas, hojas, tallos, inflorescencias, frutos y tubérculos, en distintas proporciones, que muchas veces se queman o simplemente son considerados "basura" (Basaure, 2005).

La mayoría de estos subproductos son de producción estacional y perecederos, lo que obliga a someterlos a un proceso de conservación que también tendrá su efecto sobre la composición química y valor nutritivo del subproducto en cuestión (Gasa y Castillo, 1992); mientras que otros se pueden encontrar en grandes cantidades en los centros de procesamiento y distribución de estos productos.

En las centrales de Abastos cercanas a la ciudad de México, debido a los volúmenes de frutas y verduras que manejan, se producen cantidades considerables de residuos. En el mejor de los casos, solo una pequeña cantidad de los residuos es colectada para proporcionarla como alimento en corrales de traspatio, en su gran mayoría se mezclan con los residuos sólidos para convertirse en basura y formar parte del problema de contaminación ambiental. Existen dos procedimientos generales de utilización de estos subproductos para la alimentación animal (Gasa y Castillo, 1992), en el primero, el subproducto es sometido a un proceso tecnológico industrial (secado, molido, homogenizado, mezclado, etc.) y comercializado como tal o incorporado en piensos compuestos. Este método no suele entrañar riesgos que comprometan la producción ganadera ni provoca implicaciones de majo en la granja, pero deja poca capacidad de maniobra al ganadero, ya que la decisión final está determinada por el precio del producto.

El segundo, es la utilización directa en la granja, este método presenta problemas de obtención y recolección, transporte, conservación y administración a los animales; dado que hay que disponer de mano de obra y/o mecanización, teniendo el riesgo de no ser rentable para la explotación.

Un tercer método, es utilizar el residuo en la parcela, es decir, por medio del pastoreo, el inconveniente estriba en que su uso es limitado tanto por el tiempo como por la localización de la cosecha. Considerando que la cosecha se realiza cuando las plantas se encuentran tiernas, con altas concentraciones de nutrientes a nivel de hojas, tallos, frutos y flores, estos rastrojos poseen un alto contenido de proteína bruta, una gran digestibilidad, y alto contenido de carbohidratos, lo que los hace muy semejantes a un buen heno de alfalfa (en el caso de considerarlos para alimentación animal directa), si bien es cierto que tienen un bajo aporte de energía. El valor nutritivo de rastrojos de hortalizas es muy superior a los rastrojos de cereales (Basaure, 2005).

De acuerdo a la disponibilidad a través del año y de las cantidades de producción, uno de los materiales atractivos para su estudio, es el residuo de hojas de lechuga que quedan después de la venta directa al consumidor, además de que ofrece un alto contenido proteínico y capacidad para ser ensilado.

2.4.2. Origen y taxonomía de la lechuga.

El origen de la lechuga no está muy bien definido, aunque la mayoría de los autores coincide en que proviene de Europa y Asia, en donde se cultiva desde hace 2000 años. Casseres (1966), indica que el origen de la lechuga es ancestral ya que existen pinturas de formas de lechuga que datan de 4,500 años antes de Cristo.

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) pertenece a la familia de las compuestas. La más grande del reino vegetal; entre trece tribus se reparten las distintas especies de los vegetales de las compuestas, comprendiendo plantas alimenticias, medicinales y olorosas (Sintes, 1976).

2.4.3. La lechuga en el consumo animal.

Basauré, (2005) menciona que el valor nutritivo de los rastrojos de lechuga es alto, especialmente en la variedad Milanés, la cual tiene mayores concentraciones de nutrientes y más alta digestibilidad que en el caso de la variedad Costina. Es un rastrojo muy bien aceptado por los animales, se recomienda un premarchitamiento antes de ofrecerlo al animal, a objeto de reducir el alto contenido de agua. Las vacas lecheras, novillos y ovejas alimentadas durante cierto período con estos rastrojos, han dado un buen resultado en la mayor producción de leche y ganancia de peso corporal. El ensilaje de éste producto también es una buena alternativa, siempre que se realice un premarchitamiento del mismo.

2.4.4. Bagazo de caña de azúcar.

El bagazo de caña es uno de los residuos de la molienda de la caña de azúcar, el cual es una fibra leñosa que se obtiene de los molinos, unida al jugo residual y a la humedad dada por el agua embebida.

Alcántara y Pérez- Gil, (1983), señalan que el bagazo está constituido por 50% de agua y sólidos solubles, no obstante la proporción de estos componentes, varía según la calidad y variedad de la caña y los procesos utilizados en la molienda. Sin embargo, se ha calculado que la cantidad de bagazo que se produce, equivale a la cuarta parte de toda la caña que se procesa. Tradicionalmente, la mayoría del bagazo se quemaba en viejas calderas; sin embargo, actualmente se emplean calderas que usan combustible fósil, dejando libre una gran cantidad de bagazo. El manejo de dicho excedente, constituye un problema, debido al espacio que ocupa, pues se calcula, que cuando está amontonado, su peso por metro cúbico es de 200 kg. en tanto, que cuando está suelto, es de 112 kg. x m³.

El bagazo posee 2 fracciones: una porción exterior llamada corteza y una parte interior conocida como médula, bagacillo o parénquima. Dada la abundancia de estos subproductos fibrosos, su uso como materia prima en la industria de la transformación es amplio; además, de que actualmente se hacen esfuerzos encaminados para promover su uso en la alimentación animal.

2.4.5. Usos industriales del bagazo y medula de caña de azúcar.

El bagazo de caña es un subproducto agroindustrial que tiene entre varios usos: complemento de alimentación animal, generación de vapor, producción de papel, producción de tableros para coches y producción de etanol. Además se le han dado otros usos para la producción de alfa celulosa, plásticos derivados del bagazo, cama para ganado y mezclas fibrosas para la agricultura (Alcántara y Pérez-Gil, 1983).

En el cuadro 2 se presenta la información acerca de la cantidad de bagazo de caña de azúcar generado en México en el periodo 1999-2005.

Cuadro 2. Bagazo de caña de azúcar generado en México en el periodo 1999-2005.

	ZAFRA						
Cultivo y subproducto	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05
Superficie Industrializada (ha)	635,625	611,297	603,453	609,157	600,792	608,715	657,145
Bagazo obtenido (T)	13,037,435	12,478,668	13,181,555	12,564,925	12,677,171	13,049,396	14,710,217

Rodríguez *et al.* (1998), señalan que del bagazo de caña producido en México, el 10% es destinado a la producción de papel y prácticamente el 90 % se utiliza como combustible para la obtención de energía para la propia industria azucarera. Uno de los usos alternativos de este residuo lignocelulolítico es emplearlo como sustrato para el cultivo de hongos comestibles.

2.4.6. Empleo del bagazo y médula de caña en la alimentación de rumiantes.

En México, se desperdicia la mayor parte del bagazo y médula producidos, estos subproductos se acumulan alrededor de los ingenios constituyendo un problema ecológico (Alcántara y Pérez- Gil, 1983).

Estos desechos se caracterizan por ser ricos en fibra cruda, en especial celulosa y lignina (cuadro 3) y pobres en nitrógeno (cuadro 4) y por consiguiente su potencial para la producción animal es bajo (Alcántara, 1979).

Cuadro 3. Fracciones de fibra del bagazo y médula de la caña de azúcar.

Fracción (%)	Bagazo	Médula
Paredes celulares	76.34	76.86
Fibra ácido detergente	50.34	44.04
Lignina	7.89	7.67
Celulosa	36.16	33.26
Hemicelulosa	26.04	32.82
Sílice	1.72	2.8
Contenido celular	23.66	23.14

Cuadro 4. Composición química de bagazo y médula de caña de azúcar.

Componente (%)	Bagazo	Médula
Materia seca	42.60	44.20
Proteína cruda	0.84	1.18
Extracto etéreo	0.50	0.85
Fibra cruda	17.33	21.12
Extracto libre de nitrógeno	20.76	19.02
Cenizas	3.17	2.03

Sin embargo, desde el punto de vista nutricional, la celulosa y hemicelulosa son los polisacáridos más importantes de la pared celular de los vegetales, ya que representan una de las fuentes energéticas más abundantes que existen en la naturaleza. En nutrición animal, su empleo es bien conocido, siendo para los rumiantes una fuente de energía tan buena o mejor que la sacarosa. Por tanto, el bagazo de caña puede ser valioso en la época de escasez de forraje, si se utiliza como absorbente en silos de piña o cítricos (Shimada, 1992) o simplemente para agregar fibra a una dieta. Este tiene algunas desventajas nutricionales como su bajo contenido de compuestos nitrogenados (0.84 % de proteína cruda) su alto contenido de celulosa y lignina (36.16 y 7.89 respectivamente) y la poca digestibilidad de la materia seca (25 %) (Alcántara y Pérez- Gil, 1983).

2.5. Tratamientos para mejorar la digestibilidad de los esquilmos agrícolas.

Los altos contenidos de fibra y la baja digestibilidad de ésta, son generalmente aceptados como los factores responsables del bajo valor energético de los esquilmos agrícolas; los mayores constituyentes presentes en la fibra son la celulosa, hemicelulosa y lignina. La composición física y química así como la interrelación entre estos constituyentes determinan la disponibilidad de la celulosa y hemicelulosa como fuente de energía para los microorganismos ruminales que finalmente será utilizada por el animal (Castañeda y Monroy, 1984).

Schiere e Ibrahim (1989) mencionan que se pueden clasificar los métodos de tratamientos de la paja en físicos, químicos y biológicos (cuadro 5).

Cuadro 5. Métodos empleados en el tratamiento de esquilmos agrícolas.

MÉTODOS			
Físicos	Químicos	Físico-químicos	Biológicos
Remojado	Hidróxido de sodio	Molido/NaOH	Adición de enzimas
Molido	(NaOH)	NaOH/peletizado	Hongos de
Peletizado	Hidróxido de calcio	Urea /peletizado	producción blanca
Cocido	Hidróxido de potasio	Encalado/peletizado	
Cocido bajo presión	Hidróxido de amonio	Químicos/vapor	
Gama irritación	Urea		
	Carbonato de sodio		
	Hipoclorito de sodio		
	Cloro		
	Dióxido de azufre		
	Amoniacó anhidro		

Entre los tratamientos más utilizados para mejorar la digestibilidad de las pajas y rastrojos, se encuentran los físicos, químicos y su combinación; siendo seleccionados aquellos más económicos y eficientes.

En la actualidad se realizan investigaciones haciendo uso de la biotecnología (agentes biológicos) para aprovechar procesos naturales, y dirigirlos al mejoramiento de los sistemas de producción, en este caso, mejorar la calidad del alimento para consumo animal.

Coronel y Martínez (1995) utilizaron el proceso de fermentación sólida mediante la inoculación del hongo *Pleurotus* spp. sobre paja de cebada para la alimentación de rumiantes, encontrando resultados favorables en el consumo de materia seca y digestibilidad de algunas fracciones de la paja de cebada tratada con respecto a la que se le proporcionó sin tratar al animal.

2.5.1. Fermentación sólida (FS).

La fermentación es un proceso bioquímico que se lleva a cabo por medio de bacterias y hongos sobre materiales orgánicos diversos, degradándolos y en el cual las enzimas juegan un papel muy importante. Durante la FS el substrato fermentado sufre una transformación química y se libera gran cantidad de energía (calor). Los carbohidratos estructurales son los principales compuestos que se desdoblan (Guzmán *et al*, 2002).

Trabajos recientes (Leonowicz *et al.*, 1999; Madrigal y Arias, 2001; Ocampo y García, 2002; Orzua, 2003) han permitido demostrar que existe una amplia aplicación de la FS, que va desde la producción de hongos comestibles, mejoramiento de la calidad nutricional de los alimentos para animales, degradación de componentes contaminantes, utilización residuos industriales para evitar su acumulación y contaminación, producción de enzimas, etc.

Ortega *et al.* (1993) utilizaron un cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, para inocular y mejorar la digestibilidad de los componentes de la fibra del bagazo de caña, encontrando que la hemicelulosa y lignina fueron degradados más rápidamente que la celulosa a diferentes tiempos de fermentación sólida (cuadro 6).

Cuadro 6. Degradación de los componentes de la pared celular de bagazo de caña de azúcar, durante la fermentación sólida con el hongo *Pleurotus ostreatus*.

% Degradación de los componentes de la pared celular				
Días	Materia seca	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina
0	0	0	0	0
10	10	0.7	21	8
20	18	3	23	29
30	19	12	38	53
40	27	18	55	59
50	40	26	66	65
60	45	31	75	71

Coronel y Martínez, (1995) encontraron que el tratamiento de la paja de cebada con *Pleurotus* spp. provocó cambios estructurales en la fibra, que favorecen la digestibilidad de sus componentes por parte del rumiante; también, el nivel de consumo del material tratado con el hongo fue mayor que el que no fue tratado; además, la degradación *in situ* de los componentes de fibra detergente neutro en el material tratado fue mayor que la del material sin tratar; sin embargo, la fibra detergente ácido no mostró un mejoramiento en su aprovechamiento y la fracción de lignina de los materiales tratados fue mayor por la remoción de un mayor porcentaje de las fracciones aprovechables por el rumiante.

Las especies de hongos de *Pleurotus* toman de la degradación del complejo lignina-celulosa sus materiales nutritivos, por lo que crecen sobre madera o productos relacionados con los mismos. En los últimos años ha tomado gran importancia la utilización de productos tales como pajas de ajonjolí, arroz, cártamo, cebada, trigo y sorgo; también la pulpa de café y bagazo de caña de azúcar (Guzmán, 2002).

III. ESQUEMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se realizaron tres estudios: el Estudio I consistió en la caracterización química del material vegetativo utilizado, posteriormente (Estudio II) se ensilan las mezclas de estos componentes a distintas humedades (H) y se analizaron los parámetros fermentativos y en Estudio III los componentes químico-nutritivos.

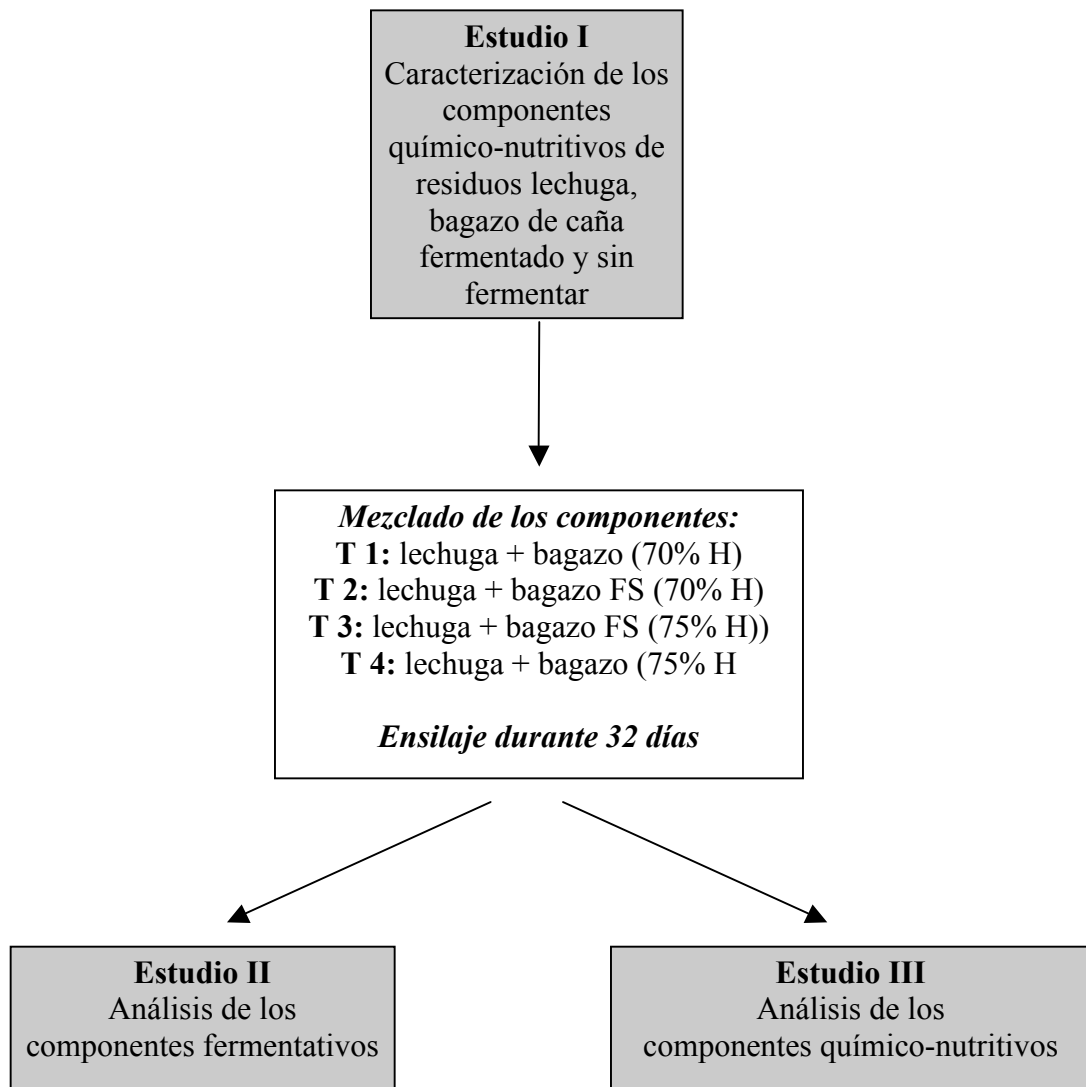


Figura 1. Esquema general

IV. JUSTIFICACIÓN

El empleo de subproductos agroindustriales por su disponibilidad y su precio, son productos atractivos en la alimentación de rumiantes, especialmente en lugares donde los insumos alimenticios son caros y poco disponibles. La utilización de subproductos agrícolas y agroindustriales, contribuye a una reducción de los costos de alimentación y disminuyen la contaminación ambiental generada por las grandes cantidades de subproducto obtenido. Es necesario buscar alternativas de producción en donde se aprovechen los procesos naturales como el crecimiento de hongos (FS), y el proceso de ensilaje para conservar forrajes por largos periodos de tiempo.

V. OBJETIVO

- Estudio de la fermentación sólida sobre bagazo de caña con el hongo *Pleurotus ostreatus*, en el mejoramiento y calidad nutritiva al incorporar este material a un ensilado con residuos de lechuga.
- **Objetivos específicos**
Evaluar mezclas de residuos de lechuga con bagazo después de una fermentación sólida (BFS) o sin fermentar, a diferente porcentaje de humedad
- Evaluar la calidad nutritiva y fermentativa de las mezclas antes, durante y después del proceso de ensilaje.
- Valorar el empleo de mezclas de bagazo de caña como ración en dietas para rumiantes mediante la prueba de digestión *in vitro*.

VI. HIPÓTESIS

La acción de enzimas del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre el bagazo de caña de azúcar, tendrá un efecto positivo en la digestibilidad de los componentes de la fibra; adicionalmente, la combinación de un fermento sólido de bagazo de caña con residuo de lechuga mejorará el valor nutricional del ensilado.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ESTUDIO I. CARACTERIZACIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE LOS SUBPRODUCTOS (BAGAZO DE CAÑA Y LECHUGA) Y FERMENTOS SÓLIDOS DE BAGAZO DE CAÑA CON LA CEPA IE8 DE *Pleurotus ostreatus*.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los sistemas de producción de rumiantes, existe una amplia variedad de productos susceptibles de ser utilizados como alimento, entre los que se encuentran los residuos de procesos industriales, como lo es el bagazo de caña después de la obtención del azúcar y los residuos de hortalizas como resultado de la selección y procesamiento para su venta al consumidor.

Cada uno de estos subproductos presenta limitantes para su uso en la alimentación animal. La principal característica del bagazo de caña es su alto contenido de fibra y baja concentración de proteína (Valiño, 1999). Los residuos hortaliza, por otro lado, presentan poca fibra y alto contenido de proteína como porcentaje de la materia seca, con el inconveniente de poseer un alto contenido de humedad, lo que dificulta su almacenamiento y conservación (Gasa y Castillo, 1992). Por lo anterior, resulta importante conocer el contenido nutricional de los productos, lo que nos permitirá tener un criterio para su selección, procesamiento y utilización como alimento para rumiantes.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1. Localización geográfica del estudio.

La propagación del hongo *Pleurotus ostreatus*, cepa IE8 y producción del inóculo se realizó en las instalaciones del laboratorio Biología Molecular de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. El proceso de fermentación sólida y análisis químicos se realizaron en el laboratorio de Nutrición de Rumiantes del Área de Ganadería en el Colegio de Postgraduados, localizado en el km 36.5 de la Carretera México- Texcoco, en Montecillo, Edo. de México.

2.2. Diagrama de flujo experimental.

El diagrama experimental se muestra en la figura 2.

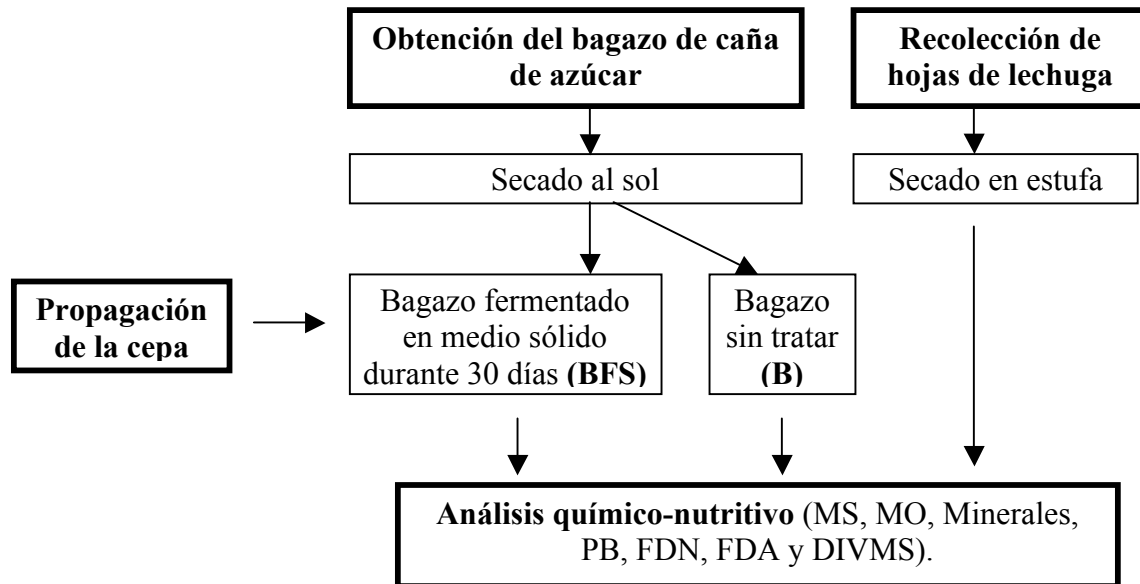


Figura 2. Esquema general del estudio I.

3. OBJETIVOS

- Determinar los componentes químico-nutritivos de bagazo de caña de azúcar, bagazo de caña después de 30 días de fermentación sólida y residuos de lechuga.
- Determinar si existe un cambio en la composición química-nutritiva en el bagazo de caña después de 30 días de fermentación sólida.
- Caracterizar a los materiales en estudio para determinar la proporción de su mezcla en el proceso de ensilaje.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Material biológico.

Se utilizó la cepa IE8 del hongo *P. ostreatus*, obtenida del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada CICATA Puebla, como inóculo para realizar la fermentación sólida sobre bagazo de caña de azúcar.

La propagación de la cepa y preparación del inóculo se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Guzmán *et al.* (2002).

4.1.1. Propagación de la cepa.

Se propagó en cajas Petri que contenían un medio de cultivo preparado con 15g de agar y 20g de rastrojo de maíz molido (pasado por criba del #1) por litro de agua. Después de ocho días, a temperatura ambiente, fue invadida en su totalidad la superficie del medio contenido en la caja Petri, se hizo una segunda inoculación; en ésta, con la ayuda de un bisturí se tomaron cuadritos del medio contenido en la caja mencionada, éstos de una dimensión aproximada de 1 x 1 cm aproximadamente, se colocaron dos cuadritos por cada nueva caja Petri que contenían el mismo medio de cultivo. Este procedimiento se realizó en una cámara de flujo laminar.

4.1.2. Preparación del inóculo.

El inóculo o “semilla” que es el desarrollo masivo del micelio del hongo sobre un sustrato, fue preparado con semillas de sorgo al cual se le dio el siguiente tratamiento:

- 1.- Se limpiaron las semillas y se eliminaron partículas ajenas, mediante enjuagues continuos con agua corriente abundante.
- 2.- El grano se hirvió durante quince minutos, hasta obtener consistencia blanda.
- 3.- Transcurrido el tiempo de hidratación, se escurrió el exceso de agua.

4.- Se colocaron los granos en frascos de vidrio con boca ancha y capacidad de un litro; los frascos se llenaron 2/3 partes de su capacidad con semilla hidratada.

5.- Se esterilizó en autoclave a 121°C y 15 libras de presión durante 40 minutos.

6.- Se sacaron los frascos y se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

7.- Una vez que se enfrió la semilla en los frascos, estos se agitaron vigorosamente con la finalidad de separar las semillas y favorecer la aireación e hidratación homogénea.

8.- Con ayuda de un bisturí, se cuadrículó el micelio contenido en la caja Petri donde se propagó la cepa, con el fin de obtener porciones de más o menos 1cm².

9.- Cuatro porciones de la caja Petri antes señaladas, se depositaron sobre la superficie de cada uno de los frascos con el grano hidratado y estéril, con la ayuda del bisturí. Enseguida se les colocó la tapa a los frascos sin cerrarla completamente para permitir el intercambio de oxígeno con el medio (el paso 8 y 9 también se realizó con auxilio de una cámara de flujo laminar, para mantener las condiciones de esterilidad).

10.- Una vez realizada la inoculación, los frascos se mantuvieron a temperatura ambiente. Cada día se observaron los frascos para detectar cualquier irregularidad, especialmente contaminación microbiana.

Los frascos inoculados de la manera descrita reciben el nombre de frascos primarios y fueron empleados como productores de más micelio para una siguiente generación de frascos denominados secundarios. La metodología para preparar los frascos secundarios fue la siguiente:

1.- Se preparó el grano de la misma manera que en la elaboración del frasco primario.

2.- Después de seleccionar el frasco primario que presentara crecimiento micelial más uniforme y denso, se separaron entre sí los granos mediante golpes suaves al frasco.

3.- Se vació una pequeña cantidad del contenido del frasco primario al secundario. Esta operación se realizó en la cámara de flujo laminar.

4.- Se mantuvieron los frascos en las mismas condiciones que los primeros.

Alrededor de los quince días después de la inoculación, el micelio había invadido completamente las semillas de sorgo (fotografía 1), y se procedió a conservar los frascos en refrigeración (4°C) para su aplicación posterior en el sustrato a emplear en la fermentación sólida.



Fotografía 1. Frasco con semilla secundaria.

4.2. Material vegetativo.

Se utilizó bagazo de caña de azúcar obtenido del ingenio azucarero Emiliano Zapata, localizado en el municipio de Zacatepec del Estado de Morelos, en la zafra 2005, material que se secó al sol para su posterior uso.

4.2.1 Proceso de fermentación sólida del bagazo de caña de azúcar.

a) Preparación del sustrato

La metodología de preparación del sustrato para la producción de hongos comestibles incluye la pasteurización, en donde se hace gasto de gas lo que significa un costo económico, y se requiere mayor manipulación del material lo que implica mano de obra.

Por lo anterior, se hizo una comparación de este método contra el simple remojo del sustrato, en donde no se detectaron diferencias en el tiempo de invasión ni problemas de contaminación. Esto con el fin de obtener un proceso fácil de realizar, de bajo costo y con miras de realizarlo a gran escala.

En contenedores de plástico de 19 litros de capacidad se colocó el bagazo para sumergirlo completamente en agua y dejarlo remojando 24 horas. Transcurrido este tiempo, se coloca el sustrato sobre una malla hasta que deje de escurrir el agua; una vez que deja de escurrir el agua el bagazo contiene alrededor de 80% de humedad.

b) Siembra

Una vez listo el sustrato, se mezcló con la semilla obtenida de los frascos secundarios, esto se realizó colocando 5kg de sustrato con 250g de semilla en bolsas de plástico transparente con dimensiones de 40 x 60 cm. Sin apretar el contenido dentro de las bolsas, éstas se amarraron haciendo un nudo en la parte superior. Posteriormente, con ayuda de una aguja se hacen orificios con una separación de aproximadamente de 10cm alrededor de la superficie de las bolsas, esto para permitir la aireación.

En este paso, se limpiaron con alcohol la mesa de trabajo, boca de los frascos secundarios, manos, aguja de punción y todos los materiales que estuvieron en contacto con el sustrato y la semilla (Figura 3).

c) Fermentación

Realizada la siembra, se colocaron las bolsas en un estante dentro de un cuarto oscuro. Haciendo supervisiones frecuentes, solo se detectó la contaminación de una sola bolsa de 25 que se prepararon, misma que se eliminó para evitar contaminación de las demás. En promedio, a los 30 días posteriores de la siembra el micelio invadió completamente el sustrato.

El detectar la invasión completa del sustrato por el micelio fue el parámetro para detener la fermentación. Esto mediante la abertura de las bolsas para extender su contenido en charolas de aluminio y dejar secar en un local con cubierta de plástico, en donde la alta temperatura permitió la rápida desecación .

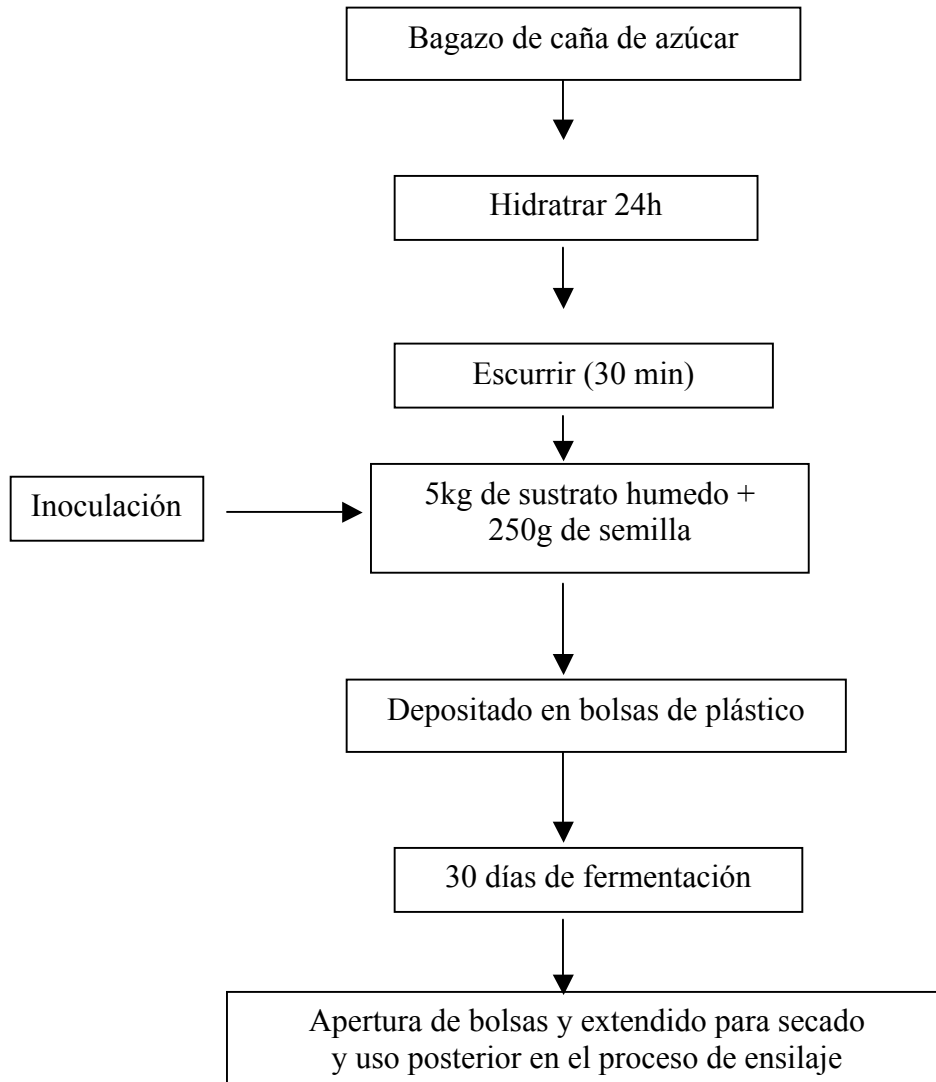


Figura 3. Diagrama de preparación del bagazo fermentado en medio sólido.

También, se emplearon hojas de lechuga; se utilizaron aquellas que quedan como residuo tras la venta de este producto al consumidor, mismas que se obtuvieron en la Central de Abastos de Ecatepec, Edo. de México.

4.3. Análisis químico proximal del bagazo de caña de azúcar fermentado y sin fermentar y del subproducto de lechuga.

Se realizaron análisis proximales a tiempo de los subproductos de bagazo de caña y hojas de lechuga y al subproducto de bagazo de caña fermentado con *P. ostreatus* (30d de FS): materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB) por el método de Kjeldhal y minerales (MIN) mediante las técnicas descritas por la A.O.A.C (1995); fibra detergente neutro y ácida (FDN y FDA) por la técnica de Van Soest, *et al* (1991) la prueba de digestibilidad *in Vitro* (DIVMS) a 72 horas, se realizó empleando la técnica de Tilley y Terry (1963).

5. ANALISIS ESTADISTICO

Con datos obtenidos del análisis químico proximal se realizó un análisis de varianza con diseño completamente al azar y una comparación de medias entre los diferentes subproductos empleando el método de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0,01$).

6. RESULTADOS

6.1. Análisis proximal de subproductos de lechuga, bagazo de caña fermentado y sin fermentar.

En el cuadro 7 quedan resumidos los resultados después de ser sometido el bagazo de caña 32 días de fermentación sólida (FS), se observó una disminución significativa ($p < 0.001$) en los componentes de la pared celular, de 83.46 a 76.93% de FDN y de 66.77 a 63.53% de FDA, debido a que el hongo *Pleurotus ostreatus* tiene afinidad por los carbohidratos estructurales, y toma de la degradación del complejo lignina-celulosa sus materiales nutritivos (Guzmán, 2002). Estos datos coinciden con los reportados por Peláez *et al* (2007) donde atribuyen dicha disminución a la actividad microbiana del hongo sobre el sustrato y a la asimilación de los carbohidratos solubles y compuestos de fácil digestión en caña de azúcar integral. Luna (2007) al realizar una FS de 30 días sobre rastrojo de cebada inoculada con la cepa IE8 de *P. ostreatus* encuentra que los contenidos de FDN y lignina disminuyen 2.41 y 3.76%, respectivamente, indicando que esta disminución es consecuencia de la actividad enzimática de xilanasas y celulasas presentes en el fermentado.

Por su parte, Membrillo, *et al* (2005) indica que la cepa IE8 de *P. ostreatus* es apropiada para usarse en procesos de producción de enzimas lignocelulósicas sobre bagazo de caña. Por otro lado, el contenido de PB no aumentó en forma significativa ($p>0.001$) solo pasando de 2.2 a 3.23% por el crecimiento del micelio sobre el sustrato, lo que favorece a este en proteína microbiana.

Cuadro 7. Composición (% MS) de residuos de lechuga, bagazo de caña sin fermentar y fermentado 30d con *Pleurotus ostreatus*.

RA	MS	FDN	FDA	PB	MIN	MO	pH
B	94.0±0.51 ^a	83.46±1.41 ^a	66.77±1.63 ^a	2.20±0.64 ^b	3.82±0.49 ^b	96.18±0.49 ^a	6.2±0.28 ^a
BFS	94.0±0.69 ^a	76.93±1.12 ^b	63.53±0.94 ^b	3.23±0.85 ^b	4.59±0.35 ^b	95.41±0.35 ^a	4.9±0.12 ^b
L	6.50±1.06 ^b	23.02±1.86 ^c	20.97±1.52 ^c	17.7±1.25 ^a	24.54±2.08 ^a	75.46±2.08 ^b	6.1±0.22 ^a
EEM	43.09	28.32	21.83	7.44	10.08	10.08	0.65
NF	***	***	***	***	***	***	***

Nota: NF: nivel de significancia: *** ($P < 0,001$); EEM = Error estándar; RA: Residuos agrícolas

El contenido de MS se mantiene igual en el bagazo de caña fermentada y sin fermentar. Comparando los bagazos con los residuos lechuga (hojas), los primeros tienen alto contenido de carbohidratos estructurales y bajo contenido de PB (cuadro 7). La lechuga se puede considerar como un subproducto proteínico no fibroso ya que tiene menor contenido de FDN y FDA y buen porcentaje de PB (17.7% de MS); esto debido principalmente a la diferencia en contenido de agua.

También se realizó una prueba de digestibilidad *in vitro* al bagazo de caña antes y después de la FS, a las 12, 24, 48 y 72 horas para estimar el beneficio del tratamiento fermentativo (cuadro 8). En donde se pudo encontrar que la digestibilidad del BFS las 12h es mayor ($p<0.001$) que B (16.75 y 13.80% respectivamente). Sin embargo, al término de las 72 horas de digestión no existió ninguna diferencia en la desaparición de la materia seca, encontrándose una fracción indigestible tanto por el hongo como por los microorganismos ruminales. Por otro lado, la lechuga presentó una alta digestibilidad desde las 12h de digestión (59.72%) lo que indica una alta disponibilidad de sus nutrimentos. Por su parte, Coronel y Martínez (1995), reportan valores de 48.22 y 63.68% de desaparición de la MS a las 12 y 72h respectivamente, para paja de cebada fermentada con *P. ostreatus*, en tanto que para paja sin tratar 32.41 y 59.18%.

Cuadro 8. Digestibilidad *in vitro* (% MS) de residuos de lechuga, bagazo de caña sin fermentar y fermentado 30d con *Pleurotus ostreatus*.

RA	Horas de digestión			
	12	24	48	72
B	13.80±0.17 ^c	20.20±0.49 ^c	30.06±0.51 ^b	31.66±0.80 ^b
BFS	16.75±0.15 ^b	23.88±1.13 ^b	31.31±0.17 ^b	30.60±1.02 ^b
L	59.72±0.16 ^a	67.81±0.45 ^a	71.55±0.19 ^a	77.25±0.10 ^a
EEM	22.99	23.70	24.05	20.83
NF	***	***	***	***

Nota: NF: nivel de significancia: *** (P < 0,001); EEM = Error estándar; RA: Residuos agrícolas

7. CONCLUSIONES

- El proceso de fermentación en estado sólido disminuye el porcentaje de los componentes celulares del bagazo de caña de azúcar, al existir una acción del hongo sobre el sustrato.
- El contenido de proteína bruta no aumentó significativamente en el bagazo de caña de azúcar al fermentado.
- El pH del bagazo de caña disminuye al degradarse el sustrato por el proceso de fermentación sólida y la producción de metabolitos.
- La diferencia en la composición químico-nutritiva entre el bagazo de caña fermentado y sin fermentar, con los residuos de lechuga, los hace factibles para mezclarlos para su ensilaje.

ESTUDIO II. VALORACION DE LOS COMPONENTES FERMENTATIVOS DEL ENSILADO DE MEZCLAS DE BAGAZO DE CAÑA Ó FERMENTOS SÓLIDOS DE BAGAZO DE CAÑA CON SUBPRODUCTO DE LECHUGA.

1. INTRODUCCIÓN

Los tratamientos biológicos a los forrajes con alto contenido de fibra, han sido objeto de estudio para aumentar la eficiencia en su utilización como alimento (Hill, *et al*, 2000; Yang, *et al*, 2001; Ávila, 2005; Luna, 2007). Con el proceso de fermentación sólida (FS) se han obtenido beneficios sobre la calidad nutricional de los forrajes, sin embargo (Yang, *et al*, 2001) indica que después del fermentado las características organolépticas del producto, no son aceptadas completamente por el animal, por lo que es recomendable procesarlos o mezclarlos con otros ingredientes para incluirlos dentro de la dieta animal.

El proceso de ensilaje es un de los métodos más conocidos para la conservación de los forrajes y puede ser aprovechado para la conservación de subproductos agrícolas y agroindustriales aprovechando de cada uno de ellos las características propias, para emplearlos solos ó mezclarlos con otros, o bien hacer uso de aditivos que nos permitan aumentar el rendimiento de los alimentos. Por lo que resulta importante conocer las características fermentativas del proceso para tener un control sobre la calidad del alimento conservado.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1. Localización geográfica del estudio.

La elaboración de los microsilos y análisis fermentativos se realizaron en el laboratorio de de Nutrición de Rumiantes del Área de Ganadería en el Colegio de Postgraduados, localizado en el km 36.5 de la Carretera México- Texcoco, en Montecillo, Edo. de México.

3. OBJETIVO

- Evaluar los parámetros fermentativos de las mezclas de residuos de lechuga con bagazo de caña fermentada y sin fermentar.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Material vegetativo

Se utilizó bagazo de caña de azúcar fermentado (BFS), bagazo de caña (B) sin fermentar y residuos de lechuga del Estudio I.

4.2. Preparación de los ensilados

Se realizaron cuatro mezclas de hojas de lechuga con bagazo tratado y sin tratar de la siguiente manera:

T 1: 2.93kg de lechuga + 1.08kg de B (70% H)

T 2: 2.93kg de lechuga + 1.08kg de BFS (70% H)

T 3: 3.16kg de lechuga + 0.84kg de BFS (75% H)

T 4: 3.16kg de lechuga + 0.84kg de B (75% H)

El mismo día que se colectaron las hojas de lechuga, se transportaron al Colegio de Postgraduados para ser ensiladas con el bagazo correspondiente.

Las hojas de lechuga se trocearon a un tamaño aproximado de 5cm para facilitar su mezclado; se pesaron las cantidades correspondientes de lechuga y bagazo de caña para obtener la humedad deseada en la mezcla (75 o 70%H); elaborada ésta, se colocó dentro de microsilos de PVC con capacidad de 6.78 litros, se extrajo el aire del interior mediante la compactación del material por capas de 10cm. Una vez lleno el microsilo se tapó por la parte superior con una cubierta de plástico oscuro y se selló con cinta canela (fotografía 2).

A los microsilos se les hizo un orificio en la parte mas baja para la colección de efluentes en caso de que los hubiera (fotografía 2)



Fotografía 2. Características de los microsilos.

Se llenaron 12 microsilos retirando 2 a los 2, 4, 8, 16, 24 y 32 días de ensilaje para cada una de las mezclas, y se evaluaron los estratos alto, medio y bajo de cada uno. Cada día de muestreo se midió la temperatura a cada microsilo en los tres estratos. La muestra a tiempo cero se tomo el día en que se prepararon los microsilos.

4.3. Diagrama de flujo experimental

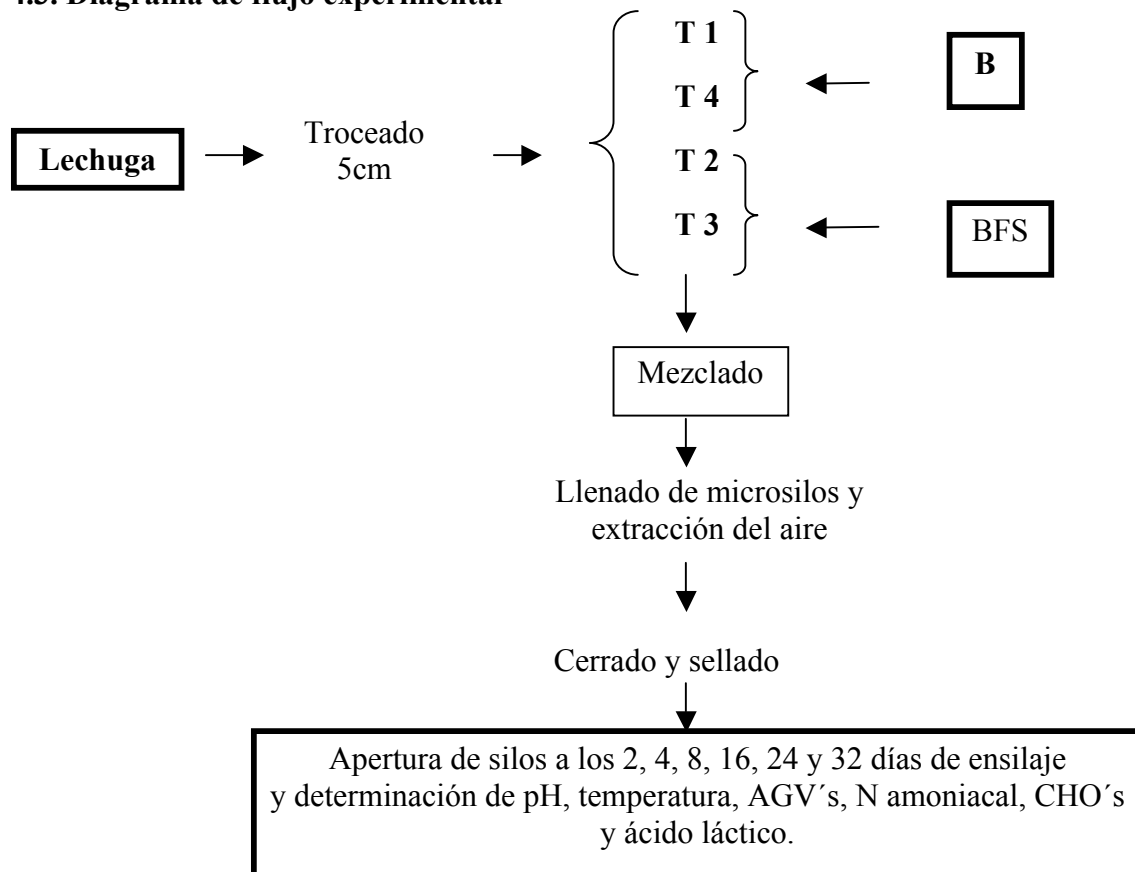


Figura 4. Diagrama de flujo para la preparación de los microsilos.

4.4. Análisis de los componentes fermentativos de las mezclas ensiladas.

Se realizaron análisis para evaluar los componentes fermentativos a diferentes tiempos de ensilaje (0, 2, 4, 8, 16, 24 y 32 días): pH y temperatura (A.O.A.C., 1995), ácido láctico (Tejada, 1992), carbohidratos solubles (Dubois *et al*, 1956) y nitrógeno amoniacal por (McCullough, 1967) en los tres último métodos se empleó un espectrofotómetro de luz ultravioleta visible (CARY 1-E VARIAN).

La determinación de ácidos grasos volátiles se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Tejada (1992). Se tomaron 20g de material fresco y se colocaron en un matraz, se adicionaron 20mL de ácido metafosfórico al 25% peso/volumen, y 80 mL de agua destilada, se agitó y se guardo en refrigeración a 4°C durante dos días haciendo agitaciones cada día.

El contenido se filtró y se tomo una alícuota para centrifugar durante 20 minutos a 4,000 rpm a una temperatura de 4°C. Se tomaron 80µL del sobrenadante y se colocaron en un vial para la lectura de AGVs por cromatografía de gases.

Para la cuantificación de ácidos grasos volátiles se utilizó un cromatógrafo de gases (Hewlett Packard HP6890 GCSystem). Una columna HPFFAPcon una película de 0.25 micras, 30m de longitud y 0.25mm de diámetro.

Condiciones cromatográficas

Se realizó una rampa de temperatura para la columna: incrementandose de 20 a 150°C a 1°Cmin⁻¹. El inyector se programó a 220°C. El detector de ionización opero a 250°C con flujo de aire (400 mL/min), flujo de H₂ (35mL/min) y como gas acarreador nitrógeno a 14mL/min.

Se preparó un estándar externo a concentraciones de 50 mM de ácido acético, 15 mM ácido propiónico y 10 mM ácido butírico. En la figura 5 se muestra el cromatograma de la solución estándar que contenía los tres ácidos grasos volátiles en cuestión.

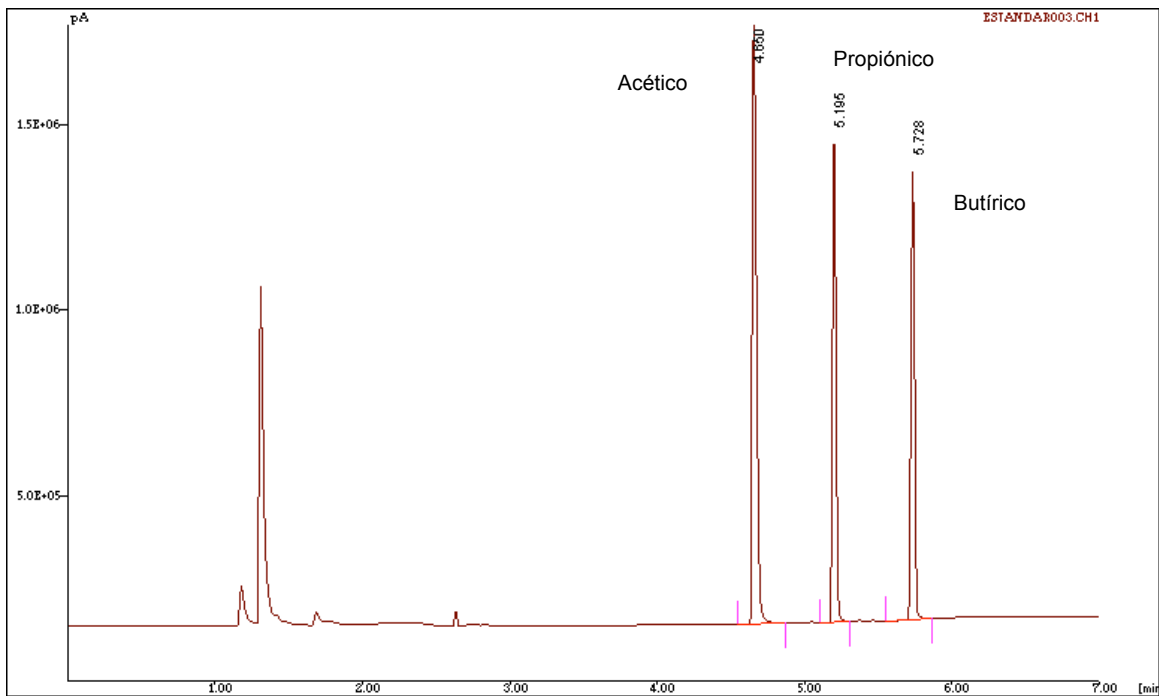


Figura 5. Cromatograma de la solución estándar interno de AGV's.

5. ANALISIS ESTADISTICO

Se realizó un análisis de varianza de una sola vía, para establecer diferencias entre las diferentes variables fermentativas de los tratamientos T1, T2, T3 y T4, así como establecer las diferencias entre los días de ensilaje de cada tratamiento empleando el método de rango múltiple de Tukey. Se utilizó el paquete estadístico SAS, (1999). En todos los casos se establecieron los siguientes niveles de significación: ***($P < 0,001$); **($P < 0,01$); *($P < 0,05$) y NS: No significativo. La aparición o desaparición de metabolitos se ha evaluado mediante el análisis de regresión con el programa Curve Expert 1.3 (Hyams, 2001).

6. RESULTADOS

6.1. Evolución de la temperatura (°C) interna y externa de los microsilos.

Se pueden observar diferencias significativas ($P < 0,001$) entre los tratamientos (cuadro 9), notándose que los tratamientos T1 y T2 al inicio del ensilaje son más altos, debido a que se realizaron a principios del mes de Julio, a diferencia de T3 y T4 que fueron medidos a mediados del mes de Agosto, donde se notó un descenso en la temperatura ambiental. No obstante, todos se encuentran en un rango aceptable de temperatura donde pueden proliferar bacterias ácido lácticas que favorecen el proceso fermentativo (Hiriart, 1998).

Cuadro 9. Evolución de la temperatura (°C).

DÍA DE ENSILAJE	T1	T2	T3	T4	EEM (B)	NF
2	24.57± 1.27 ^{a(4)}	22.63± 1.11 ^{b(3)}	17.76± 0.31 ^{c(1)}	18.28± 0.14 ^{c(2)}	3.04	***
4	22.43± 0.27 ^{a(3)}	19.28± 0.29 ^{b(2,1)}	19.15± 0.68 ^{b(2)}	18.73± 0.24 ^{b(3)}	1.55	***
8	26.48± 0.85 ^{a(5)}	18.73± 0.57 ^{d(1)}	20.21± 0.53 ^{c(3)}	22.25± 0.23 ^{b(4)}	3.02	***
16	16.60± 0.14 ^{d(1)}	19.36± 0.37 ^{b(2,1)}	17.23± 0.34 ^{c(1)}	22.48± 0.09 ^{a(4)}	2.36	***
24	19.42± 0.27 ^{b(2)}	19.78± 0.21 ^{a(4)}	19.43± 0.12 ^{b(2)}	18.30± 0.14 ^{c(2)}	0.59	***
32	22.97± 0.10 ^{b(3)}	23.85± 0.10 ^{a(2)}	22.98± 0.33 ^{b(4)}	17.81± 0.18 ^{c(1)}	2.44	***
EEM (A)	3.36	2.01	1.93	1.98		
NF	***	***	***	***		

Nota: NF: nivel de significancia: *** ($P < 0,001$); ** ($P < 0,01$); * ($P < 0,05$); NS= No significativo. **EEM (B)** = Error estándar entre tratamientos (letras); **EEM (A)** = Error estándar entre días de muestreo (números).

De acuerdo con Church, *et al.* (2002), la temperatura óptima para la proliferación de las bacterias lácticas se encuentra entre los 27 y 38°C, sin embargo Meneses, (2002) al ensilar brócoli crudo y brócoli cocido durante 50 días, las temperaturas del ensilado oscilaron entre los 16.5 y 20°C, rango de temperatura que permitió la conservación de los productos mencionados, lo que concuerda con Jiménez (1988) quien indica que la producción de ácido acético y láctico se puede dar por bacterias coliformes a estas temperaturas (10 y 24°C) (Pettersson, 1988; citado por Meneses, 2002).

El poco aumento en la temperatura interna de los diferentes tratamientos, se puede explicar por dos factores: primero por la baja carga bacteriana del bagazo de caña que al ser sometido al proceso de fermentación sólida ya que solo promueve el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, y segundo, la disminución considerable de la cantidad de oxígeno durante el proceso de ensilaje limita la producción de calor que se genera por procesos de respiración de la planta después de ser cortada (Henderson, 1993; McDonald, 1981), notando que este proceso solo se dio en la lechuga ensilada.

En la figura 6 se muestran las temperaturas ambientales correspondientes a los días de muestreo.

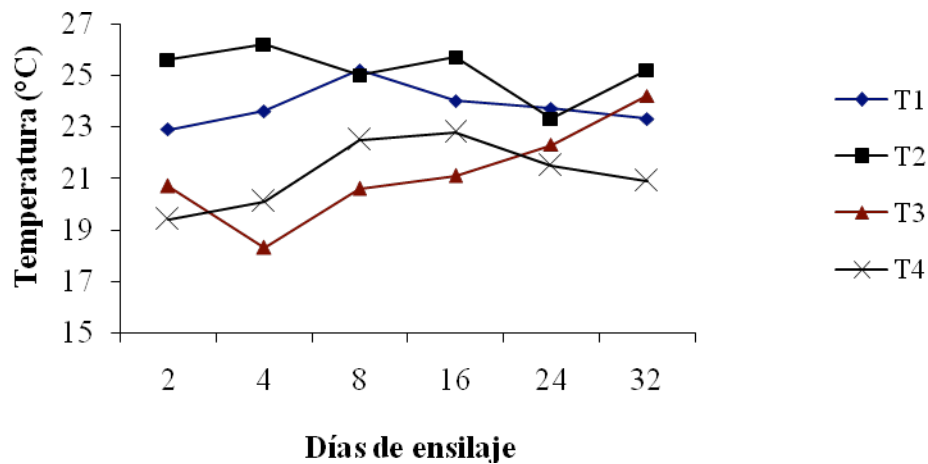


Figura 6. Evolución de la temperatura externa (ambiental) durante el proceso de ensilaje.

6.2. Evolución del pH.

En la evolución del pH en los ensilados (cuadro 10) puede observarse un descenso significativo ($P < 0.001$), encontrando el valor más bajo al inicio del ensilaje en los tratamientos T2 y T3, lo que indica que con materiales prefermentados la capacidad buffer se mantiene, a diferencia de materiales que no sufren un proceso de fermentación previa; al respecto Guzmán *et al*, 2002 indican que el cambio de alcalino a ácido que se presenta es cuando el hongo degrada mayor cantidad sustrato. Por su parte Karma y Svivastava (1991) indican que esta caída favorece la proliferación de bacterias lácticas y producción ácido láctico.

Cuadro 10. Evolución del valor de pH

DÍA DE ENSILAJE	T1	T2	T3	T4	EEM (B)	NF
0	6.30± 0.10 ^{a(4)}	5.89± 0.03 ^{b(5)}	5.83± 0.11 ^{b(4)}	6.11± 0.85 ^{a(4)}	0.21	*
2	4.96± 0.05 ^{b(3)}	4.37 ± 0.03 ^{d(4,3)}	4.88± 0.03 ^{c(3)}	5.32± 0.04 ^{a(3)}	0.34	***
4	4.85± 0.13 ^{a(3,2)}	4.39± 0.01 ^{b(4)}	4.27± 0.26 ^{b(1)}	5.00± 0.45 ^{a(2,1)}	0.40	*
8	4.8± 0.09 ^{b(3,2,1)}	3.91± 0.03 ^{d(1)}	4.63±0.08 ^{c(2)}	5.05± 0.09 ^{a(2,1)}	0.43	***
16	4.66± 0.15 ^{b(1)}	4.12± 0.09 ^{c(2)}	4.71± 0.05 ^{b(2,1)}	4.93± 0.04 ^{a(1)}	0.31	***
24	4.81± 0.07 ^{ab(3,2,1)}	4.21± 0.21 ^{c(3,2)}	4.64± 0.09 ^{b(2)}	4.99± 0.06 ^{a(2,1)}	0.32	***
32	4.71 ± 0.04 ^{b(2,1)}	4.05± 0.08 ^{c(2,1)}	4.74± 0.03 ^{b(3,2)}	5.18± 0.17 ^{a(2,1)}	0.42	***
EEM (A)	0.13	0.20	0.22	0.23		
NF	***	***	***	***		

Nota: NF: nivel de significancia: *** (P < 0,001); ** (P<0,01); *(P < 0,05); NS= No significativo. **EEM (B)** = Error estándar entre tratamientos (letras); **EEM (A)** = Error estándar entre días de muestreo (números).

En la figura 7 se puede observar que dentro de los dos primeros días, se da el cambio más drástico en el descenso del pH, encontrándose los valores más bajos en el tratamiento T2.

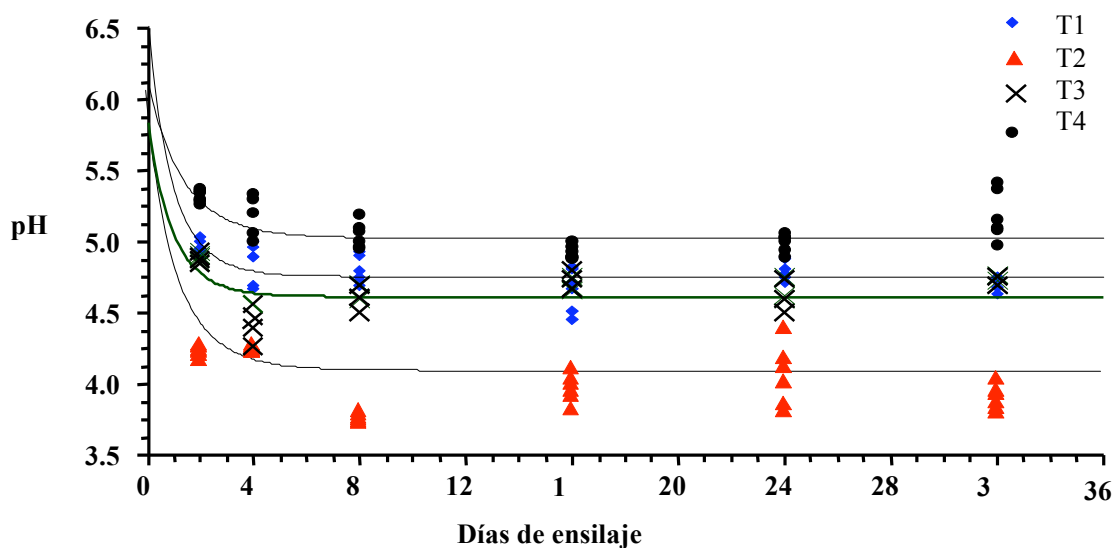


Figura 7. Evolución del pH.

Las curvas de evolución del pH durante los 32 días de ensilaje se ajustaron a un modelo logístico, $Y = a / (1 + be^{-cx})$ donde el valor más alto de r^2 fue para los tratamientos T1 y T2 ($r^2 = 0.98$), seguidos de T3 y T4 ($r^2 = 0.95$ y $r^2 = 0.91$ respectivamente) (ver figura 7).

6.3. Evolución del contenido de ácido láctico.

Desde el inicio del proceso de ensilaje se observa una producción mínima pero consistente de ácido láctico, dado a la poca disponibilidad de azúcares solubles en el bagazo de caña de azúcar. Entre los que mayormente se encuentran la sacarosa, que se puede encontrar hasta en un 13.26% (Álvarez, 2004) azúcar que es fermentado por las bacterias ácido lácticas, además de glucosa y fructosa que también se encuentran presentes en los sustratos (Mc Donald *et al*, 1995). Lo anterior concuerda con el contenido de carbohidratos solubles (cuadro 13), que al ir disminuyendo su concentración indica que se están consumiendo.

En el estudio realizado no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.001$) entre los distintos tratamientos (cuadro 11), pero si hubo diferencias entre los días de muestreo, destacando una clara diferencia entre el día 0 y el día 2 de muestreo para todos los tratamientos, aumentando lentamente conforme transcurría el tiempo de fermentación, debido a que los carbohidratos solubles fueron utilizados rápidamente al inicio del proceso fermentativo (ver figura 8).

Cuadro 11. Evolución en el contenido de ácido láctico (% MS).

DÍA DE ENSILAJE	T1	T2	T3	T4	EEM (B)	NF
0	0.77 ± 0.29 ⁽¹⁾	0.57 ± 0.21 ⁽¹⁾	0.97 ± 0.36 ⁽¹⁾	0.86 ± 0.26 ⁽¹⁾	0.31	NS
2	2.61 ± 0.32 ⁽²⁾	2.49 ± 0.45 ⁽²⁾	2.89 ± 0.29 ⁽²⁾	2.50 ± 0.29 ⁽²⁾	0.36	NS
4	3.32 ± 0.31 ⁽³⁾	2.91 ± 0.59 ^(2,3)	3.56 ± 0.57 ^(2,3)	3.17 ± 0.44 ^(2,3)	0.52	NS
8	3.50 ± 0.28 ⁽³⁾	3.32 ± 0.32 ^(2,3,4)	3.60 ± 0.33 ^(2,3)	3.24 ± 0.86 ^(2,3)	0.41	NS
16	3.65 ± 0.22 ⁽³⁾	3.62 ± 0.31 ^(3,4)	3.74 ± 0.34 ^(2,3)	3.63 ± 0.31 ⁽³⁾	0.27	NS
24	3.29 ± 0.34 ^(2,3)	3.53 ± 0.25 ^(3,4)	3.84 ± 0.41 ⁽³⁾	3.63 ± 0.24 ⁽³⁾	0.35	NS
32	3.68 ± 0.32 ⁽³⁾	3.80 ± 0.20 ⁽⁴⁾	3.64 ± 0.47 ^(2,3)	3.53 ± 0.42 ^(2,3)	0.34	NS
EEM (A)	1.01	1.10	1.03	1.02		
NF	***	***	***	***		

Nota: NF: nivel de significancia: *** ($P < 0,001$); ** ($P < 0,01$); * ($P < 0,05$); NS= No significativo. EEM (B) = Error estándar entre tratamientos (letras); EEM (A) = Error estándar entre días de muestreo (números).

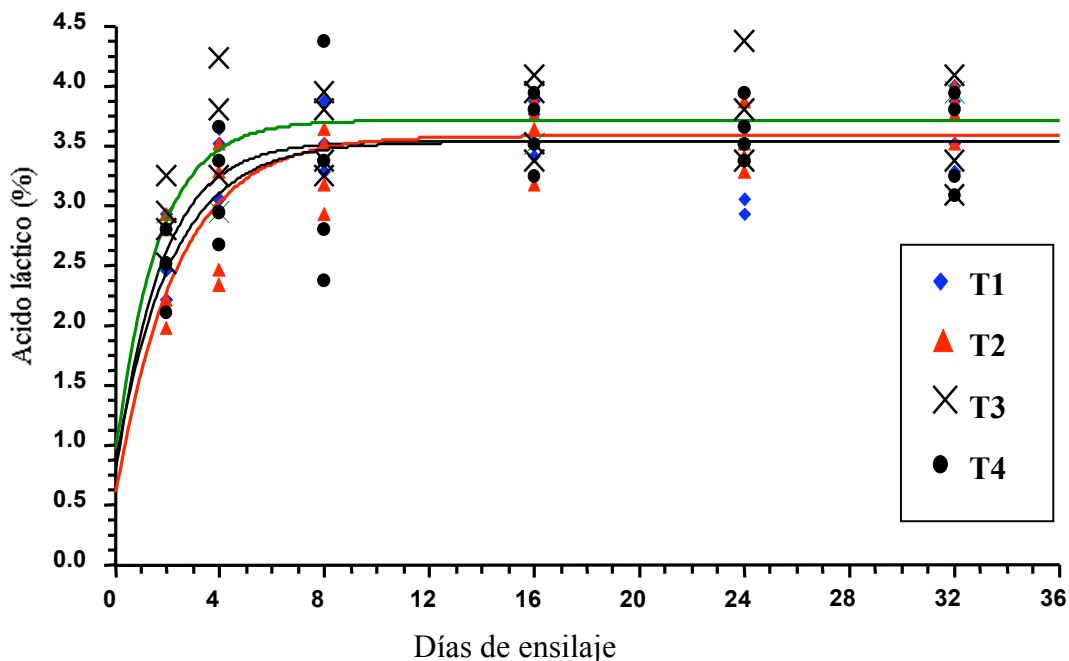


Figura 8. Producción de ácido láctico.

Al graficar el contenido de ácido láctico a través del tiempo (figura 8), las curvas se ajustan a un modelo exponencial: $Y = a(b - e^{-cx})$ donde el valor más alto de r^2 se encontró en el T1 ($r^2 = 0.95$), seguido de T2 ($r^2 = 0.94$), T3 ($r^2 = 0.93$) y T4 ($r^2 = 0.91$).

6.4. Evolución del contenido de ácido acético.

Los principales ácidos grasos volátiles para la valoración de un ensilado son: ác. acético, propiónico y butírico, de los cuales el propiónico y el butírico no se detectaron en el presente estudio, únicamente se registró una producción de acético (ver cuadro 12), que indica una fermentación de buena calidad durante el proceso de ensilado. Bjorge, (1996) indica que concentraciones menores a 25 y 5% de ácido acético y ácido butírico respectivamente, son indicadores de una fermentación adecuada dentro de un silo. Corroborando así la existencia de un olor agradable al abrir los microsilos en el estudio.

En el cuadro 12 se observa que el valor más alto para el contenido de ácido acético al inicio de del ensilaje corresponde al T1 (6.98%) y el valor más alto al término de 30d es para el T4 (16.84%). McDonald (1995) indica que una baja concentración de carbohidratos solubles o la ausencia de estos y un valor de pH cercano a 5, favorece una fermentación de tipo acética. Por otro lado, el T2 mantuvo durante el proceso de fermentación los valores más bajos en el contenido de ácido acético (3.29 al inicio y 7.97% al final) dado que mostró la caída más drástica de pH y mayor contenido de carbohidratos solubles.

Cuadro 12. Evolución del contenido de Ac. Acético (%).

DÍA DE ENSILAJE	T1	T2	T3	T4	EEM (B)	NF
2	6.98± 0.94 ^{a(1)}	3.29± 0.59 ^{b(1)}	4.05± 0.38 ^{b(1)}	4.06± 0.24 ^{b(1)}	1.54	***
4	10.21± 1.18 ^{a(2)}	3.71± 0.16 ^{d(1)}	5.61± 0.27 ^{c(1)}	8.47± 1.47 ^{b(2)}	2.71	***
8	13.37± 0.83 ^{a(3)}	6.34± 0.80 ^{b(2)}	7.20± 0.51 ^{b(1)}	12.29± 3.04 ^{a(3)}	3.49	***
16	13.86± 0.56 ^{b(3)}	7.33± 1.45 ^{d(2)}	11.87± 0.55 ^{c(2)}	16.60± 1.58 ^{a(4)}	3.61	***
24	11.03± 1.97 ^{b(2)}	11.21± 0.99 ^{b(3)}	13.62± 3.36 ^{b(2)}	17.87 ± 2.46 ^{a(4)}	3.57	***
32	13.87± 1.53 ^{ab(3)}	7.97± 1.30 ^{c(2)}	12.73± 3.08 ^{b(2)}	16.84 ± 1.95 ^{a(4)}	3.79	***
EEM (A)	2.77	2.86	4.16	5.42		
NF	***	***	***	***		

Nota: NF: nivel de significancia: *** (P < 0,001); ** (P<0,01); *(P < 0,05); NS= No significativo. EEM (B) = Error estándar entre tratamientos (letras); EEM (A) = Error estándar entre días de muestreo (números).

6.5. Evolución del contenido de carbohidratos solubles.

En el cuadro 13 se observan los valores de carbohidratos solubles a través de los días de muestreo, donde destacan T2 y T3 con un mayor contenido. Se encontraron cambios significativos (P<0.001) entre los tratamientos y días de muestreo, coincidiendo con la producción de ácido láctico y ácido acético; propio de los procesos fermentativos del ensilaje y en donde los carbohidratos más disponibles son utilizados como sustrato para la producción de ácidos orgánicos (Mc Donald *et al*, 1995; Jiménez, 1988; McDonald, 1981; Church *et al*, 2002).

Aunque el contenido ideal de carbohidratos solubles se estima entre el 6 y 8% (Church *et al*, 2002), los ensilados estudiados presentaron buenas características de olor y color, así como valores aceptables de pH y producción de ácidos orgánicos.

Cuadro 13. Evolución del contenido de carbohidratos solubles (% MS).

DÍA DE ENSILAJE	T1	T2	T3	T4	EEM (B)	NF
0	3.42 ± 0.12 ^{c(5)}	4.63 ± 0.05 ^{a(5)}	4.85 ± 0.11 ^{a(5)}	4.12 ± 0.11 ^{b(5)}	0.58	***
2	1.91 ± 0.11 ^{c(4)}	3.47 ± 0.06 ^{a(4)}	2.46 ± 0.17 ^{b(4)}	2.11 ± 0.15 ^{c(4)}	0.63	***
4	1.47 ± 0.13 ^{d(3)}	2.71 ± 0.09 ^{a(3)}	2.06 ± 0.07 ^{b(3)}	1.70 ± 0.20 ^{c(3)}	0.49	***
8	1.31 ± 0.06 ^{c(2,3)}	2.46 ± 0.10 ^{a(2)}	1.84 ± 0.07 ^{b(3)}	1.46 ± 0.14 ^{c(2,3)}	0.46	***
16	1.27 ± 0.13 ^{c(1,2)}	2.02 ± 0.12 ^{a(1)}	1.60 ± 0.11 ^{b(1)}	1.27 ± 0.07 ^{c(1,2)}	0.33	***
24	1.21 ± 0.06 ^{d(1,2)}	2.00 ± 0.05 ^{a(1)}	1.67 ± 0.11 ^{b(1,2)}	1.41 ± 0.14 ^{c(2)}	0.31	***
32	1.12 ± 0.08 ^{c(1)}	2.01 ± 0.20 ^{a(1)}	1.64 ± 0.15 ^{b(1,2)}	1.11 ± 0.09 ^{c(1)}	0.41	***
EEM (A)	0.61	0.74	0.86	0.78		
NF	***	***	***	***		

Nota: NF: nivel de significancia: *** (P < 0,001); ** (P < 0,01); * (P < 0,05); NS= No significativo. **EEM (B)** = Error estándar entre tratamientos (letras); **EEM (A)** = Error estándar entre días de muestreo (números).

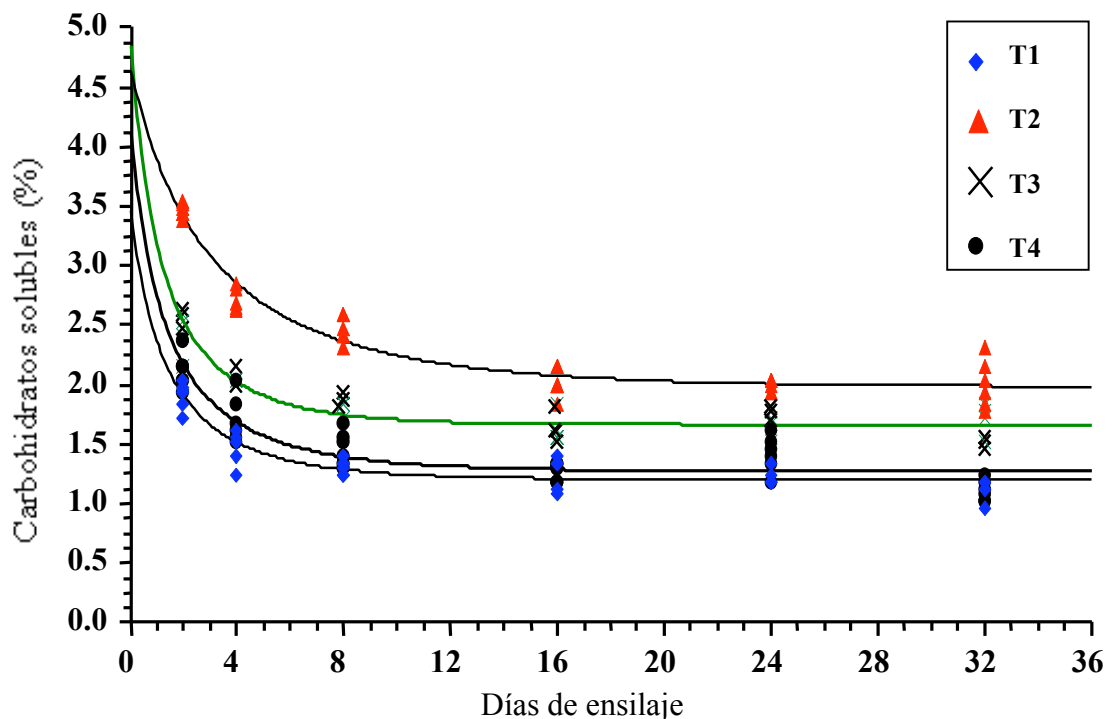


Figura 9. Evolución del contenido de carbohidratos solubles.

La concentración de carbohidratos solubles para los diferentes tratamientos durante los 32 días de ensilaje (figura 9), se ajustó a un modelo logístico: $Y = a / (1 + be^{-cx})$ donde todos los tratamientos tuvieron un alto valor de r^2 (T1: $r^2 = 0.99$, T2: $r^2 = 0.99$, T3: $r^2 = 0.99$ y T4: $r^2 = 0.98$).

6.6. Evolución del contenido de nitrógeno amoniacal.

Uno de los principales indicadores de la calidad de un ensilado es el contenido de nitrógeno amoniacal, dado que la descomposición de compuestos nitrogenados, en compuestos indeseables provoca mal olor, mal sabor y/o toxicidad para el consumo de los animales (Church *et al*,2002). Bjorge (1996) indica que una cantidad menor al 10% del nitrógeno total es aceptable para un buen ensilado. En el cuadro 14 se presenta el contenido de nitrógeno amoniacal de los tratamientos, se aprecian diferencias significativas ($P < 0.001$) entre tratamientos y días de muestreo alcanzando el T2 al final de 32 ensilaje el menor contenido (3,03 mg/dL), seguido del T3 con 5.14 mg/dL, tratamiento que contenían prefermetantado de bagazo de caña, reduciendo el riesgo de presentarse fermentaciones indeseables .

Cuadro 14. Evolución de contenido de nitrógeno amoniacal (mg/dL).

DÍA DE ENSILAJE	T1	T2	T3	T4	EEM (B)	NF
2	4.79± 0.26 ^{a(1)}	2.01± 0.34 ^{c(1)}	2.94± 0.09 ^{b(1)}	2.07± 0.11 ^{c(1)}	1.16	***
4	4.88± 0.19 ^{a(1)}	3.28± 0.13 ^{bc(3)}	3.51± 0.35 ^{b(2)}	3.1± 0.27 ^{c(2)}	0.75	***
8	5.13± 0.16 ^{a(1)}	2.65± 0.22 ^{b(2)}	4.75± 0.31 ^{a(4)}	5.06± 0.35 ^{a(4)}	1.07	***
16	7.05± 0.12 ^{a(3)}	2.54± 0.12 ^{c(2)}	4.01± 0.16 ^{b(3)}	4.27± 0.50 ^{b(3)}	1.68	***
24	5.32± 0.41 ^{a(1)}	4.52± 0.20 ^{b(4)}	5.18± 0.31 ^{a(4)}	4.85± 0.38 ^{ab(4,3)}	0.44	***
32	6.29± 0.60 ^{a(2)}	3.03± 0.16 ^{c(3)}	5.14± 0.24 ^{b(4)}	5.91± 0.56 ^{a(5)}	1.34	***
EEM (A)	0.89	0.82	0.89	1.34		
NF	***	***	***	***		

Nota: NF: nivel de significancia: *** ($P < 0,001$); ** ($P < 0,01$); * ($P < 0,05$); NS= No significativo. EEM (B) = Error estándar entre tratamientos (letras); EEM (A) = Error estándar entre días de muestreo (números).

7. CONCLUSIONES

- El proceso de fermentación sólida en el bagazo de caña, favoreció la caída del pH durante su ensilaje con residuos de lechuga.
- Los tratamientos con bagazo de caña sin fermentar promueven una fermentación acética.
- Los tratamientos que contenían bagazo de caña fermentado favorecieron el aumento en el contenido de carbohidratos solubles y la producción de ácido láctico.
- La mezcla de bagazo de caña fermentado con residuos de lechuga es factible por sus parámetros fermentativos.

ESTUDIO III. VALORACION DE LOS COMPONENTES NUTRITIVOS Y DIGESTIBILIDAD DEL ENSILADO DE MEZCLAS DE BAGAZO DE CAÑA Ó FERMENTOS SÓLIDOS DE BAGAZO DE CAÑA CON SUBPRODUCTO DE LECHUGA.

1. INTRODUCCIÓN

La alimentación del ganado es uno de los aspectos más importantes en la rentabilidad de las explotaciones ganaderas. Por ello es necesario conocer el valor nutritivo de los alimentos que se incorporen en la ración (Meneses, 2002), los procesos y tratamientos para su inclusión como alimentos para rumiantes.

El objetivo de todo ensilado, es la conservación del alimento con la finalidad de que el material fermentado no pierda sus características nutricionales y que no ocurran cambios que afecten su consumo al proporcionarlo como alimento a los rumiantes.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1. Localización geográfica del estudio.

La elaboración de los microsilos y análisis químico-nutritivos se realizaron en el laboratorio de de Nutrición de Rumiantes del Área de Ganadería en el Colegio de Postgraduados, localizado en el km 36.5 de la Carretera México- Texcoco, en Montecillo, Edo. de México.

2.2. Diagrama de flujo experimental.

Se utilizó el mismo procedimiento descrito en el estudio II (ver figura 4), con los mismos tratamientos utilizados en éste.

3. OBJETIVOS

- Evaluar los parámetros químico-nutritivos de ensilados de residuos de lechuga con bagazo de caña o bagazo de caña fermentado en medio sólido.
- Evaluar la digestibilidad de ensilados de residuos de lechuga con bagazo de caña o bagazo de caña fermentado en medio sólido.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Material vegetativo.

Se utilizó bagazo de caña de azúcar fermentado del Estudio I, y bagazo de caña sin fermentar. Las hojas de lechuga empleadas en este estudio se trocearon a un tamaño aproximado de 5cm para facilitar su mezclado y compactación en el microsilo.

4.2. Análisis de los componentes nutritivos de las mezclas ensiladas.

Se analizaron y evaluaron los componentes nutritivos a diferentes tiempos de ensilaje (0, 2, 4, 8, 16, 24 y 32 días): materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB) por el método de Kjeldhal y minerales (MIN) mediante las técnicas descritas por la A.O.A.C (1995); fibra detergente neutro y ácida (FDN y FDA) por la técnica de Van Soest *et al.* (1991).

4.3. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)

Se realizaron pruebas de DIVMS a 0, 12, 24 y 72h de fermentación a las muestras ensiladas obtenidas de los días 0, 2, 4, 8, 16, 24 y 32, se realizaron tres repeticiones y se empleo la técnica de Tilley y Terry (1963).

5. ANALISIS ESTADISTICO

Se realizó un análisis de varianza de una sola vía, para establecer diferencias entre las diferentes variables nutritivas de los tratamientos T1, T2, T3 y T4, así como establecer las diferencias entre los días de ensilaje de cada tratamiento empleando el método de rango múltiple de Tukey. Se utilizó el paquete estadístico SAS, (1999). En todos los casos se establecieron los siguientes niveles de significación: ***($P < 0,001$); **($P < 0,01$); *($P < 0,05$) y NS: No significativo.

6. RESULTADOS

6.1. Evolución del contenido de materia seca (MS).

La mayoría de los autores coincide que el contenido de materia seca de un ensilado se encuentra entre 25 y 30% (Church *et al*, 2002; Pizarro, 1980, citado por Jiménez, 1988; McDonald, 1981). Dado que uno de los fines de utilizar bagazo de caña y bagazo de caña después de una fermentación sólida era aprovecharlo como absorbente, se buscó la mezcla adecuada para alcanzar estos dos valores en el contenido de materia seca.

En el cuadro 15, se aprecia que no existieron diferencias significativas a través del tiempo de ensilaje, lo que indica que la proporción de lechuga y bagazo fue adecuada al no presentarse efluente en ningún caso, lo que hace al bagazo de caña un buen absorbente. Aunque, McDonald (1981) indica la producción de efluentes además del contenido de materia seca, también está relacionada con la presión ejercida sobre el silo; en el presente trabajo la extracción del aire fue suficiente para llevar a cabo la conservación del material vegetativo. Sin embargo, las diferencias ($P < 0.001$) encontradas entre T1 y T2 con respecto a T3 y T4 están dadas por la proporción de los componentes dentro del microsilo.

Cuadro 15. Contenido de materia seca (%).

DÍA DE ENSILAJE	T1	T2	T3	T4	EEM (B)	NF
0	29.96± 0.37 ^a	30.14± 0.86 ^a	24.67± 1.64 ^b	25.65± 1.23 ^b	2.75	*
2	31.08± 1.15 ^a	30.56± 1.10 ^a	24.23± 0.94 ^b	25.87± 1.29 ^b	3.19	***
4	29.77± 1.78 ^a	30.79± 1.46 ^a	24.36± 1.07 ^b	25.38± 0.89 ^b	3.08	***
8	29.87± 1.78 ^a	30.03± 1.88 ^a	24.76± 1.76 ^b	26.28± 1.13 ^b	2.79	***
16	31.78± 2.56 ^a	29.87± 1.83 ^a	24.19± 1.43 ^b	24.88± 1.06 ^b	3.70	***
24	29.99± 2.79 ^a	30.09± 1.68 ^a	25.68± 1.92 ^b	25.11± 1.25 ^b	3.02	*
32	30.75± 2.19 ^a	31.32± 1.42 ^a	25.51± 2.41 ^b	25.47± 0.96 ^b	3.30	***
EEM (B)	2.01	1.49	1.64	1.11		
NF	NS	NS	NS	NS		

Nota: NF: nivel de significancia: *** ($P < 0,001$); ** ($P < 0,01$); * ($P < 0,05$); NS= No significativo. **EEM (B)** = Error estándar entre tratamientos (letras); **EEM (A)** = Error estándar entre días de muestreo (números).

6.2. Evolución del contenido de materia orgánica (MO).

El contenido de materia orgánica se muestra en el cuadro 16, donde se puede observar que no hay diferencias significativas en los tratamientos T1 y T2 (tratamientos con 70% de humedad) con respecto al tiempo, pero si existen diferencias significativas entre el día 0 y día 32 en los T3 y T4, esto dado por el consumo de componentes orgánicos al existir mayor actividad microbiana en un ambiente más húmedo y tener mayor contenido de lechuga (Jackson y Forbes, 1981).

Cuadro 16. Evolución del contenido de materia orgánica (% MS).

DÍA DE ENSILAJE	T1	T2	T3	T4	EEM (B)	NF
0	90.47± 0.18 ^b	93.04± 0.14 ^a	90.41± 0.09 ^{b(2)}	89.80± 0.61 ^{b(2)}	1.64	***
2	88.81± 0.18 ^c	93.27± 0.69 ^a	90.16± 0.19 ^{b(2,1)}	89.81± 0.75 ^{b(2)}	1.75	***
4	88.76± 0.19 ^c	93.03± 0.31 ^a	89.98± 0.19 ^{b(2,1)}	87.60± 1.14 ^{d(1)}	2.14	*
8	88.33± 0.16 ^c	93.39± 0.18 ^a	90.22± 0.26 ^{b(2)}	87.85± 0.44 ^{d(1)}	2.23	*
16	88.52± 0.13 ^c	93.10± 0.17 ^a	89.48± 0.47 ^{b(2,1)}	88.66± 0.26 ^{c(2,1)}	1.92	***
24	88.50± 0.25 ^c	93.45± 0.20 ^a	89.99± 1.31 ^{b(2,1)}	89.12± 0.69 ^{bc(2)}	2.07	***
32	88.05± 0.30 ^c	93.22± 0.39 ^a	89.15± 0.41 ^{b(1)}	87.64± 0.18 ^{c(1)}	2.27	***
EEM (A)	1.75	0.38	0.69	1.04		
NF	NS	NS	*	***		

Nota: NF: nivel de significancia: *** (P < 0,001); ** (P<0,01); *(P < 0,05); NS= No significativo. **EEM (B)** = Error estándar entre tratamientos (letras); **EEM (A)** = Error estándar entre días de muestreo (números).

6.3. Evolución del contenido de minerales (MIN).

El análisis del contenido de minerales, es una referencia de la evolución del contenido de materia orgánica a través del tiempo en el ensilado. En el cuadro 17 se muestra el contenido de minerales, donde se puede observar un aumento de 1.26% en el T3 y de 2.15% en el T4. Sin embargo en los T1 y T2 no se observan diferencias significativas en cuanto a la concentración de minerales, dado que tienen una ambiente más estable al contener menor cantidad de humedad. El T2 mostró durante todo el proceso de ensilaje el valor más bajo en el contenido de minerales (6.96% al inicio y 6.77% al final). Datos similares fueron determinados por Meneses (2002), quien encontró al final de 50 días de ensilaje una concentración de 11.16% en brócoli crudo, 6.46% en brócoli cocido y 4.85% en alcachofa cruda.

Cuadro 17. Evolución del contenido de minerales (% MS).

DÍA DE ENSILAJE	T1	T2	T3	T4	EEM (B)	NF
0	9.53 ± 0.18 ^a	6.96 ± 0.14 ^b	9.59 ± 0.09 ^{a(1)}	10.20 ± 0.61 ^{a(1)}	1.64	***
2	11.19 ± 0.18 ^a	6.77 ± 0.69 ^c	9.84 ± 0.19 ^{b(2,1)}	10.19 ± 0.75 ^{b(1)}	1.75	***
4	9.57 ± 0.19 ^{ab}	6.97 ± 0.31 ^b	10.02 ± 0.19 ^{ab(2,1)}	12.40 ± 1.14 ^{a(2)}	2.14	*
8	11.66 ± 0.16 ^b	6.60 ± 0.18 ^d	9.77 ± 0.26 ^{c(1)}	12.14 ± 0.44 ^{a(2)}	2.23	*
16	11.47 ± 0.13 ^a	6.89 ± 0.17 ^c	10.52 ± 0.47 ^{b(2,1)}	11.34 ± 0.26 ^{a(2,1)}	1.92	***
24	11.49 ± 0.25 ^a	6.55 ± 0.20 ^c	10.01 ± 1.31 ^{b(2,1)}	10.87 ± 0.69 ^{ab(1)}	2.07	***
32	11.95 ± 0.30 ^a	6.77 ± 0.39 ^c	10.85 ± 0.41 ^{b(2)}	12.35 ± 0.18 ^{a(2)}	2.27	***
EEM (A)	1.75	0.38	0.69	1.04		
NF	NS	NS	*	***		

Nota: NF: nivel de significancia: *** (P < 0,001); ** (P < 0,01); * (P < 0,05); NS= No significativo. **EEM (B)** = Error estándar entre tratamientos (letras); **EEM (A)** = Error estándar entre días de muestreo (números).

6.4. Evolución del contenido de proteína bruta (PB).

La evolución en el contenido de proteína bruta se muestra en el cuadro 18 en donde se puede observar diferencias mínimas (P<0.05) entre los días en los T1 y T2 con respecto a los T3 y T4; sin embargo Jackson y Forbes (1981), indican que no existe relación entre el contenido de humedad y el proceso proteolisis con la concentración de humedad en el ensilado; por lo que esta diferencia es atribuida principalmente a la mayor proporción de lechuga en los T3 y T4 ya que aportan mayor cantidad de proteína como porcentaje de la materia seca. También existe diferencia significativa (P>0.001) el día 32 del ensilaje entre los tratamientos probados, siendo el más alto el T3 y T4, que coincide con los tratamientos con mayor contenido de lechuga que tiene (17.7%).

Cuadro 18. Evolución del contenido de proteína bruta (% MS).

DÍA DE ENSILAJE	T1	T2	T3	T4	EEM (B)	NF
0	4.48 ± 0.13 ^{b(1)}	4.56 ± 0.03 ^{b(1)}	5.58 ± 0.38 ^{a(2,1)}	5.58 ± 0.22 ^{a(2,1)}	0.57	***
2	4.56 ± 0.23 ^{b(1)}	4.42 ± 0.37 ^{b(1)}	5.56 ± 0.73 ^{a(2,1)}	5.02 ± 0.65 ^{ab(1)}	0.67	*
4	4.49 ± 0.35 ^{c(1)}	5.07 ± 0.26 ^{bc(2,1)}	6.24 ± 0.83 ^{a(2)}	5.93 ± 0.51 ^{ab(2)}	0.86	***
8	4.49 ± 0.29 ^{b(1)}	5.71 ± 1.09 ^{a(2)}	5.47 ± 0.46 ^{ab(2,1)}	5.69 ± 0.32 ^{a(2,1)}	0.77	*
16	4.57 ± 0.40 ^{c(1)}	4.97 ± 0.43 ^{bc(2,1)}	5.18 ± 1.24 ^{ab(1)}	5.68 ± 0.15 ^{a(2,1)}	0.78	*
24	5.15 ± 0.38 ^{c(2)}	4.96 ± 0.22 ^{c(2,1)}	5.62 ± 0.30 ^{ab(2,1)}	5.88 ± 0.34 ^{a(2)}	0.47	*
32	4.47 ± 0.25 ^{b(1)}	4.36 ± 0.28 ^{b(1)}	5.61 ± 0.35 ^{a(2,1)}	5.79 ± 0.14 ^{a(2)}	0.70	***
EEM (A)	0.38	0.65	0.79	0.46		
NF	*	*	*	*		

Nota: NF: nivel de significancia: *** (P < 0,001); ** (P < 0,01); * (P < 0,05); NS= No significativo. **EEM (B)** = Error estándar entre tratamientos (letras); **EEM (A)** = Error estándar entre días de muestreo (números).

6.5. Evolución del contenido de fibra detergente neutro (FDN).

Existen diferencias significativas ($P < 0.001$) entre T1 y T2 con respecto a T3 y T4, misma que estriba en que los primeros contienen mayor cantidad de bagazo, lo que contribuye al aumento en contenido de FDN al aportar componentes de la pared celular. En los T1 y T4 se observa un aumento de 75.67 a 83.27% y de 74.21 a 78.07% respectivamente, en el contenido de FDN al final del ensilaje (ver cuadro 19). Un comportamiento similar fue reportado por Hill, *et al* (2000), quienes reportan un aumento de 1.1% en FDN a los 5 días de ensilaje de ryegrass. Los mismos autores, indican una disminución de 6.9% en el contenido de FDN al los 10 días de ensilaje de ryegrass preinoculado con *Streptomyces achromogenes*, lo que concuerda con la disminución de 72.76 a 69.67% de FDN en el T3 para los 8d de ensilaje; posteriormente aumenta la concentración a razón del consumo de componentes no estructurales para la formación de ácidos orgánicos.

Cuadro 19. Evolución del contenido de FDN (% MS).

DÍA DE ENSILAJE	T1	T2	T3	T4	EEM (B)	NF
0	75.67± 0.49 ^{a(1)}	75.36± 0.44 ^{ab(1)}	72.76± 0.73 ^{c(4,3)}	74.21± 0.38 ^{b(1)}	1.27	*
2	78.77± 1.06 ^{b(2)}	83.09± 1.25 ^{a(2)}	71.87± 0.66 ^{d(3,2)}	76.20± 1.03 ^{c(2,1)}	2.92	***
4	79.02± 0.79 ^{b(2,3)}	82.07± 0.61 ^{a(2)}	70.67± 0.58 ^{d(2,1)}	76.26± 2.11 ^{c(2,1)}	4.43	***
8	79.22± 0.51 ^{b(2,3)}	82.27± 2.08 ^{a(2)}	69.67± 0.87 ^{c(1)}	77.59± 0.70 ^{b(2)}	4.88	***
16	80.26± 0.82 ^{b(3,4)}	82.01± 1.30 ^{a(2)}	71.05± 0.99 ^{d(2,1)}	77.81± 0.90 ^{c(2)}	4.36	***
24	81.28± 0.47 ^{a(4)}	81.88± 1.34 ^{a(2)}	72.75± 1.41 ^{c(4,3)}	78.16± 1.34 ^{b(2)}	3.86	***
32	83.27± 0.72 ^{a(5)}	81.83± 1.30 ^{a(2)}	74.08± 0.44 ^{c(4)}	78.07± 1.81 ^{b(2)}	2.90	***
EEM (A)	2.31	2.58	1.61	1.81		
NF	***	***	***	***		

Nota: NF: nivel de significancia: *** ($P < 0,001$); ** ($P < 0,01$); * ($P < 0,05$); NS= No significativo. **EEM (B)** = Error estándar entre tratamientos (letras); **EEM (A)** = Error estándar entre días de muestreo (números).

6.6. Evolución del contenido de fibra detergente ácido (FDA).

El contenido de FDA en los tratamientos T1, T3 y T4 no muestra cambios significativos (0.10, 0.83 y 0.93%, respectivamente) al final de 32d con respecto del tiempo 0; sin embargo, el T2 muestra un aumento significativo ($p < 0.001$) de 60.92 a 64.22% al final del ensilaje (cuadro 20).

Cuadro 20. Evolución del contenido de FDA (% MS).

DÍA DE ENSILAJE	T1	T2	T3	T4	EEM (B)	NF
0	63.59± 0.26 ^{a(2)}	60.92± 1.59 ^{b(1)}	60.54± 0.71 ^{b(3)}	62.88± 0.65 ^{ab(3,2)}	1.56	*
2	61.88± 1.43 ^{b(2,1)}	64.11± 1.08 ^{a(3)}	58.06± 0.48 ^{c(2,1)}	58.61± 1.81 ^{c(1)}	2.79	***
4	61.69± 0.45 ^{a(1)}	62.12± 0.63 ^{a(2,1)}	56.18± 1.22 ^{b(1)}	61.30± 1.28 ^{a(2)}	2.57	***
8	61.60± 1.05 ^{b(1)}	63.2± 0.95 ^{a(3,2)}	56.40± 6.24 ^{c(1)}	61.46± 0.47 ^{b(3,2)}	3.42	***
16	62.41± 1.56 ^{a(2,1)}	63.01± 0.78 ^{a(3,2)}	59.94± 1.13 ^{b(3,2)}	62.46± 1.39 ^{a(3,2)}	1.68	*
24	63.42± 0.42 ^{a(2)}	63.75± 0.45 ^{a(3)}	59.7± 1.91 ^{b(3,2)}	63.74± 1.95 ^{a(3)}	2.15	***
32	63.49± 0.90 ^{a(2)}	64.22± 0.55 ^{a(3)}	59.71± 0.83 ^{b(3,2)}	63.81± 0.74 ^{a(3)}	1.74	***
EEM (A)	1.30	1.25	2.87	2.15		
NF	*	***	***	***		

Nota: NF: nivel de significancia: *** (P < 0,001); ** (P < 0,01); * (P < 0,05); NS= No significativo. **EEM (B)** = Error estándar entre tratamientos (letras); **EEM (A)** = Error estándar entre días de muestreo (números).

6.7. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

La digestibilidad de la materia seca en las muestras de 32 días de ensilaje (figura 10), para los distintos tratamientos, evaluado durante las 12, 24, 48 y 72 horas de digestión *in vitro*, se encontró que los tratamientos T3 y T4 tuvieron una mayor digestibilidad con respecto a los T1 y T2 (18.06, 18.16 y 13.06, 13.90% respectivamente). Esta diferencia puede explicarse ya que los T3 y T4 contienen mayor cantidad de residuos de lechuga, los cuales son más digestibles. Sin embargo, al final de 72 h de digestión, los valores de desaparición de la MS tienden a ser similares, Por otro lado no se observan diferencias marcadas por el efecto del pretratamiento del bagazo de caña, donde se esperaba un aumento en la digestibilidad.

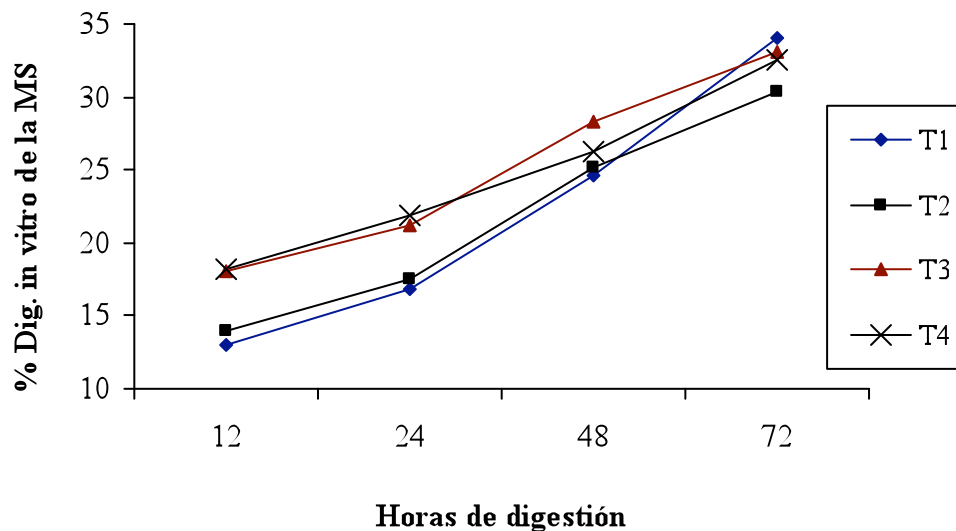


Figura 10. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

7. CONCLUSIONES

- Los tratamientos que incluyen fermentación sólida, no mejoran la calidad nutritiva del ensilado, por lo que se sugiere el uso de algún aditivo o fuente adicional de nutrientes.
- La mezcla de bagazo de caña fermentado y residuos de lechuga conserva sus características químico-nutritivas.
- La mezcla de bagazo de caña con residuos de lechuga, es factible al no degradarse sus componentes en metabolitos indeseables.
- La inclusión de residuos de lechuga favorece la digestibilidad del ensilado (al 75% de humedad).

VIII. CONCLUSIONES GENERALES

- El tratamiento de bagazo de caña mediante fermentación sólida con el hongo *Pleurotus ostreatus*, disminuye la concentración de los componentes de la pared celular, sin embargo, no se refleja esta mejora al ensilarlo con residuos de lechuga.
- El tratamiento de bagazo de caña mediante fermentación sólida con el hongo *Pleurotus ostreatus*, disminuye valor de pH del ensilado con residuos de lechuga al inicio de la fermentación.
- El ensilado de la mezcla de bagazo de caña prefermentado en medio sólido, con residuos de lechuga, mantiene estables las características fermentativas y químico-nutritivas, haciéndolo factible como alimento para rumiantes.
- La mezcla de bagazo de caña fermentado y residuos de lechuga promueve un mayor contenido de carbohidratos solubles al inicio de su ensilaje y una fermentación acética.

IX. LITERATURA CITADA

- Alcántara, E. y Pérez-Gil, F. 1983. Subproductos fibrosos de la molienda de caña de azúcar para la alimentación de rumiantes. Instituto Nacional de la Nutrición “Salvador Zubirán”. México D.F. 20 p.
- Álvarez, A. L. I. 2004. Elaboración y conservación de un alimento basado en subproductos de la caña y su respuesta en vaquillas. Tesis. Maestría en ciencias de la producción y de la salud animal. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 105p.
- A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 12th Edition. Published by the Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
- Ávila, M. H. 2005. Enzimas fibrolíticas de *Pleurotus ostreatus* y su actividad en rastrojo de maíz. Tesis de maestría. Especialidad en Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Basaure, P. 2005. Valor nutritivo de rastrojos de hortalizas. <http://www.manualde lombricultura.com/wwwboard/messages2/7731.html>. 20 de mayo 2005.
- Beauchemin, K. A., Colombatto, D., Morgvi, D. P. y Yang, W. Z. 2003. Use of exogenous fibrolitic enzymes to improve feed utilization by rumiants. J. Anim. Sci. 81 (E. Suppl. 2): E37-E47.
- Bjorge, M. 1996. Evaluating silage quality. <Http: wwwagric.gov.ab.ca/crops/forage /silage/silag2.html>. 20 de mayo de 2005.
- Cañeque, M. V. y Sancha, S. J. L. 1998. Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 259 p.

Casseres, E. 1966. Producción de hortalizas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (I.I.C.A) Lima. 126p.

Castañeda, F. E. A. y Monroy, A. V. J. 1984. Métodos de procesamiento de subproductos agrícolas para evaluar su valor nutricional. En: Memoria del seminario: Utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación de rumiantes. Centro de ganadería, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p. 25-59.

Chen, J., Stokes, M. R. y Wallace, C. R. 1994. Effects of enzyme-inoculant systems on preservation and nutritive value of haycrop and corn silages. J. Dairy Sci. 77: 501-512

Church, D. C., Pond, W. G. y Pond, K. R. 2002. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa. Segunda Edición. México D.F. 635 p.

Coronel, R. U y Martínez, S. J. 1995. Efecto de la inoculación del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre el valor nutricional de la paja de cebada usada en la alimentación de rumiantes. Tesis del Depto. de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. 111p.

Dubois MK, Gilles, A. Hamilton JK. Rebers PA and Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem, 28:350.

Fransen, S. C. and F. J. Strubi. 1998. Relationships among absorbents on the reduction of grass silage effluent and silage quality. J. Dairy Sci. 81: 2633-2644.

Gasa, J. y Castrillo, C. 1992. Criterios de utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación de rumiantes. Folleto Num: 13/91 HD. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Zaragoza, España.

Gutiérrez, O. E., Riquelme, V. E. y González, M. S. 1985. Efectos del tratamiento químico y de la suplementación nitrogenada y energética sobre la digestibilidad *in vitro*

del rastrojo de maíz y de la médula de caña. 1 Niveles de hidróxido de sodio y de nitrógeno. Memoria: Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Vol 20. p 151-159.

Guzmán, G., Mata, G., Salmones, D., Soto, V. C. y D. L. Guzmán. 2002. El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales. Instituto Politécnico Nacional, México. 245p

Henderson, N. 1993. Silage additives. Anim. Feed Sci. Technol. 45: 35-56.

Hill, J., Xiao, G, Q, and Ball, A, S, 2000, Efecto of inoculation of herbage prior to ensiling with *Streptomyces achromogenes* ISP 5028 on chemical composition of silage, Animal Feed Science and Technology, 89: 83-96,

Hiriart, L. M. 1998. Ensilados: procesamiento y calidad. Editorial Trillas. México, D. F. 98 p.

Hyams, D. (2001). Curve expert 1.37 [Computer program]. Version 32-bit 1.37 for Windows 9 x or NT. Starkville (USA): Danel Hyams. 2001. Available from Internet [<http://www.ebicom.net/rdhyams/curpt.htm>]. 23 de noviembre de 2005.

Jackson, N. and Forbes, T. J. 1981. Influence of water on silage. In: The biochemistry of silage. John Wiley & Sons. Bath, England. pp115-128.

Jiménez, M. A. 1988. Conservación de Forraje. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 94 p.

Jiménez, M. A. 1989. La producción de forrajes en México. División de Divulgación y Publicaciones FIRA. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 100p.

- Karma, D, N, and Svivastava, S, K, 1991, Effect of organic acid and ensiling of cattle dung on the growth of *Clostridium perfringens*, *Bioresource Technol.* 37: 115-119,
- Leonowicz, A., Matuszewska, A., Luterek, J., Ziegenhagen, D., Wojtas, W. M., Cho, M. S., Hofrichter, M. y Rogalski, J. 1999. Biodegradation of lignin by white rot fungi. *Fungal Genetics and Biology* 27: 175-185.
- Lin, C., Bolsen, K., Brent, B. and D. Fung. 1992. Epiphytic lactic acid bacteria succession during the pre-ensiling and ensiling periods of alfalfa and maize. *J. Appl. Bact.* 73: 375-387.
- Luna, R. L. 2007, Estudio de la actividad lignocelulósica del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre el rastrojo de cebada, Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Pp 1-67,
- Madrigal, P. J. y Arias, G. J. A. 2001. Cultivo de hongos comestibles sobre vinazas tequileras en estado sólido. IX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Veracruz, México.
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clin. Chem.* 17:297-304.
- McDonald, P., 1981. *The biochemistry of silage.* John Wiley & Sons. Bath, England 203 p.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D. y C. A. Morgan. 1995. *Nutrición animal.* 5ª Ed. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. Pp 425-437.
- Membrillo, V. I., Sánchez, H. C., Favela, T. E., Meneses, M. M., O. Loera C. 2005, Efecto de la geometría del bagazo de caña sobre las enzimas lignocelulolíticas de *Pleurotus ostreatus*, En: *Avances de biotecnología agropecuaria y forestal en México.* Editorial ANABAF. Pp 132-138.

- Meneses, M. M. 2002. Evaluación nutritiva y fermentativa del ensilado de dos subproductos agroindustriales, Brócoli (*Brassica oleracea*, L. var. *Itálica*) y alcachofa (*Cynara scolymus*, L) para su empleo en la alimentación animal. Tesis Doctoral. Departamento de Producción Animal. Universidad de Murcia. Murcia, España. 377 p.
- Ocampo, J. A. y García-Romera, I. 2002. Production of xiloglucanolytic enzymes by *Trichoderma viride*, *Paeilomyces farinosus*, *Wardomices inflatus*, and *Pleurotus ostreatus*. Mycologia 94 Vol 3: 404-410.
- Ojeda, G. F., Cáceres, G. O. y Esperance, M. M. 1991. Conservación de forrajes. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p 6-67.
- Ortega, G. M., Martínez, E. O., González, P. C., Betancourt, D. y M. A. Otero. 1993. Enzyme activities and substrate degradation during white rot fungi growth on sugar-cane straw in a solid state fermentation. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 9: 210-212.
- Orzua, G. M de C. 2003. Aprovechamiento de residuos agroindustriales como soporte de crecimiento fúngico para la fermentación en medio sólido. Tesis Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Coahuila, México.
- Peláez-Acero, A.; Meneses-Mayo, M.; Miranda-Romero, L.A.; Megías-Rivas, M,D.; Barcena-Gama, R y Loera, O. Aceptado 2007. (**En prensa**), Efecto de las mezclas de caña de azúcar fermentada por *Pleurotus sapidus* en la calidad y digestibilidad del ensilado. *Archivos de zootécnia*.
- Pinos, R. J. M. 1999. Caracterización de enzimas fibrolíticas exógenas en la fermentación ruminal y digestibilidad de alfalfa y ballico. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Rendón, M. R. 1994. Evaluación de nueve ensilados tropicales elaborados con subproductos agroindustriales. Tesis, Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 45 p.

- Rodríguez, Z. Elías, A. y Riveri, Z. 1998. Estudios de la utilización de Boniato (*Ipomea batatas* L) en la fermentación en estado sólido de la caña de azúcar. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 32: 307.
- SAS. 1999. Institute Inc. AS/Stat User's Guide version 6.0 Fourth edition, Vol 1 Cary, North Caroline, USA. Institute Inc. 943 pp.
- Schiere, J. B. and Ibrahim, M. N. M. 1989. Feeding of urea-ammonia treated rice straw. Pudoc, Centre of Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen Netherlands.
- Shimada, S. A. 1992. Utilización de alimentos no convencionales en bovinos. Memorias del seminario internacional sobre el aprovechamiento de recursos potenciales para la alimentación animal. Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán. México, D. F. pp 6-7.
- Sintes, P. J. 1976. Virtudes curativas de la lechuga escarola y otras ensaladas. E Sintés, S. A. La fonts. De Terrasa. Barcelona. 15-26pp.
- Tejada, De H. I. 1992. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A. C. México D. F. 397p.
- Tilley, J. M. y R. A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Britis Gassl. Soc.* 28 pp. 104-111.
- Valiño, C. E. 1999. Fermentación en estado sólido del bagazo de caña por especies de hongos conidiales productores de celulasas. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. Universidad Agraria de la Habana. La Habana, Cuba. 108 p.

- Van Soest, P.J., J.B, Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J., Dairy Science.* 74:3583.
- Viniegra, G. G. 2004. Biotecnología en el aprovechamiento ganadero de materiales de origen animal. Memoria: XXV Aniversario del Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. p 12-23.
- Yang, X., Chen, H. Gao, H. and Li Z. 2001. Bioconversion of corn Straw by coupling ensiling and solid-state fermentation. *Bioresource Technology.* 78: 277-280.

ABREVIACIONES UTILIZADAS

AC = Amamantamiento continuo.
am = Antes meridiano
APO = Área preóptica.
AR = Amamantamiento restringido.
CAC = Corderos con amamantamiento continuo.
CAR = Corderos con amamantamiento restringido.
CDT = Corderos con destete temprano.
CGP = Centro generador de pulsos.
CL = Cuerpo lúteo.
DT = Destete temprano.
eCG = Gonadotropina coriónica equina.
et al., = *et allí*, y otros, y colegas
FGA = Acetato de flourogestona.
FSH = Hormona folículo estimulante.
g = Gramos.
GnRH = Hormona liberadora de gonadotropinas.
h = Hora.
HA = Hipotálamo anterior.
IA = Inseminación artificial.
kg = Kilogramos.
LH = Hormona luteinizante.
m = Metros.
mg = Miligramos.
min = Minutos.
mL = Mililitro.
mm = Milímetros.
msnm = Metros sobre el nivel del mar.
PC = Proteína cruda.
PGF2 α = Prostaglandina F2 α .
pm = Pasado meridiano
RNAm = Mensajero de ácido ribonucléico.
SA = Sin amamantamiento.
TE = Transferencia de embriones.
TH = Tiroxina hidroxilaza.
TRH = Hormona liberadora de tiotropina.
UI = Unidades internacionales.
VHM = Hipotálamo ventromedial.

INDICE DE CUADROS

<i>Número de Cuadro</i>	<i>Pág.</i>
Cuadro 1. Porcentaje de estros en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo y sin amamantamiento sincronizadas con diferentes métodos hormonales.....	28
Cuadro 2. Intervalo al estro en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo y sin amamantamiento, sincronizadas con diferentes métodos hormonales.....	31
Cuadro 3. Tasa de gestación en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo y destetadas sincronizadas con diferentes métodos hormonales.....	33
Cuadro 4. Prolificidad en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo y sin amamantamiento sincronizadas con diferentes métodos hormonales.....	35
Cuadro 5. Porcentaje de estros en ovejas Pelibuey sincronizadas con hormonas exógenas y con diferente tipo de amamantamiento.....	43
Cuadro 6. Intervalo al estro en ovejas Pelibuey sincronizadas con hormonas exógenas y con diferente tipo de amamantamiento.....	45
Cuadro 7. Tasa de gestación en ovejas Pelibuey sincronizadas con hormonas exógenas y con diferente tipo de amamantamiento.....	46
Cuadro 8. Prolificidad en ovejas Pelibuey sincronizadas con hormonas exógenas y con diferente tipo de amamantamiento.....	47
Cuadro 9. Cambios de peso (kg) de ovejas Pelibuey con diferentes métodos de amamantamiento.....	50
Cuadro 10. Cambios de peso (kg) de corderos Pelibuey con diferentes métodos de amamantamiento.....	53
Cuadro 11. Mortalidad predestete de corderos Pelibuey con diferente tipo de amamantamiento.....	54

INDICE DE FIGURAS

<i>Número de Figura.</i>	<i>Pág.</i>
Figura 1. Modelo descriptivo del comportamiento materno, amamantamiento y interacciones madre-cría en la regulación neuroendócrina del generador de pulsos hipotalámico durante el período posparto de la vaca y oveja.....	10
Figura 2. Esquema simplificado de las interacciones entre amamantamiento y algunos neurotransmisores en el control de la secreción de LH.....	12
Figura 3. Representación esquemática del hipotálamo en la vaca. Posibles vías neuronales por las cuales el amamantamiento ejerce su efecto inhibitorio durante el anestro lactacional.....	13
Figura 4. Representación esquemática de los tratamientos (Experimento 1).....	25
Figura 5. Representación esquemática de los tratamientos (Experimento 2).....	40
Figura 6. Producción diaria de leche (kg) en ovejas Pelibuey durante ocho semanas de lactancia.....	49
Figura 7. Cambios de peso (kg) de ovejas Pelibuey con diferentes métodos de amamantamiento.....	50
Figura 8. Cambios de peso semanal (kg) de corderos Pelibuey con diferentes métodos de amamantamiento.....	53

RESUMEN GENERAL

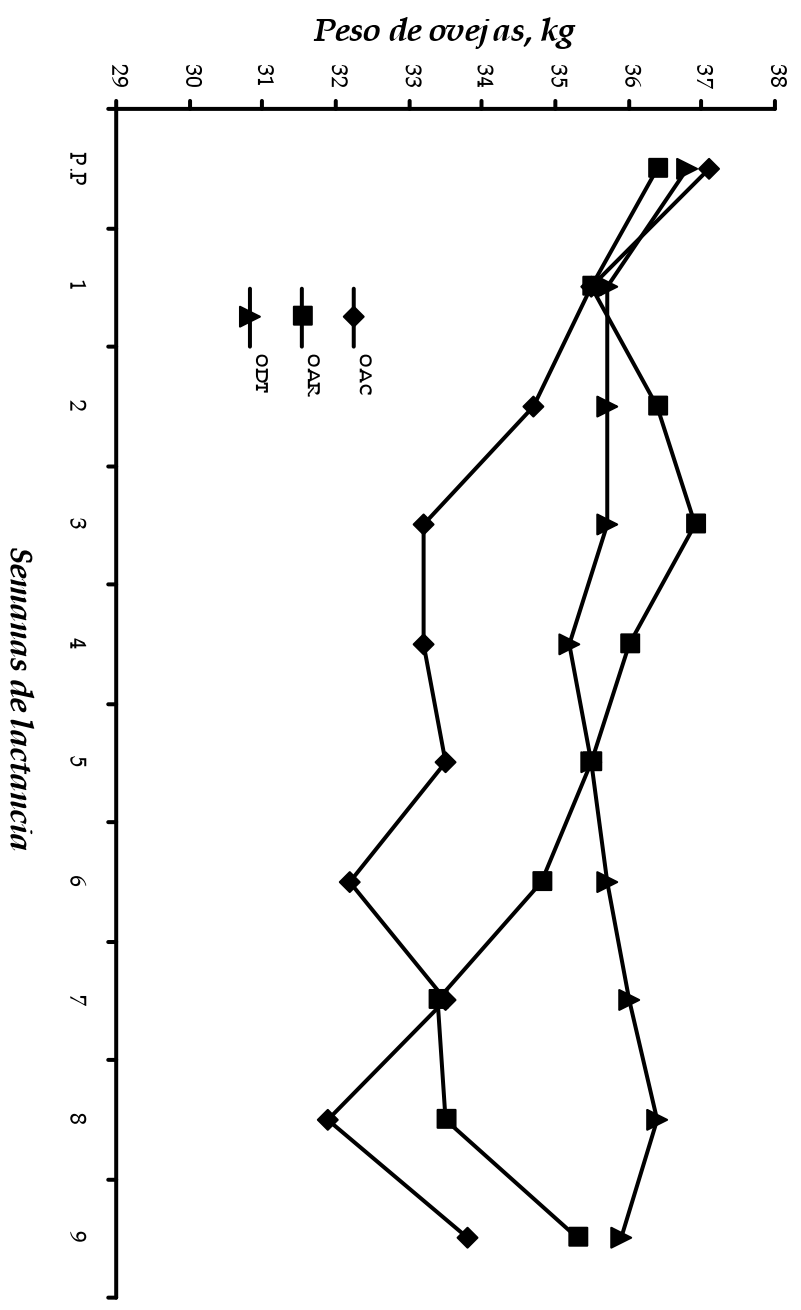
Con la finalidad de determinar el efecto del amamantamiento en la eficiencia reproductiva postparto (pp) de ovejas Pelibuey, se realizaron dos experimentos. En el experimento 1, 112 ovejas fueron divididas en dos grupos: Amamantamiento continuo (AC; 24 h d⁻¹ durante 60 d) y sin amamantamiento (SA; destete a los 40 d postparto). En el día 30 pp recibieron uno de cuatro tratamientos (n = 14 , que consistieron en: T1, acetato de fluorogestona (FGA) por 12 d y (eCG) 2 d antes de retirar el FGA. T2, FGA por 12 d. T3, PGF2 y eCG. T4, PGF2 . En el experimento 2 se utilizaron 75 ovejas a las cuales se les aplicó al azar tres tratamientos (n = 25). T1, AC; T2, amamantamiento restringido (AR; 30 min d⁻¹) y T3, destete temprano (DT; a los siete días pp). Todas las ovejas recibieron el día 30 pp las siguientes hormonas: FGA durante 12 d más PGF2 y eCG 2 d antes de retirar FGA. Se evaluaron las principales características productivas y reproductivas. En el experimento 1, los mayores porcentajes de estro se observaron en los tratamientos que incluyeron FGA (T1 y T2) de AC y SA. El intervalo al estro fue menor (P≤0.05) en ambos grupos con el uso de FGA y eCG (T1). La tasa de preñez, en general fue mejor en SA (P≤0.05). La prolificidad fue mayor (P≤0.05) en ovejas que recibieron eCG en ambos grupos de ovejas (T1 y T3). Se concluye que, el amamantamiento disminuye la eficiencia reproductiva postparto en ovejas y que en éstas, el uso de FGA y eCG genera mejor respuesta reproductiva en comparación con otros métodos de inducción y sincronización del estro. En el experimento 2, el porcentaje de estros después de retirar el progestágeno mostró diferencia (P≤0.05) siendo el menor el de ovejas AC con 52% mientras que las AR y DT no mostraron diferencia con 96 y 92 % de estros. El intervalo al estro fue menor en AR y DT con 15.7 y 15.2 h respectivamente (P>0.05), comparado con AC (20.4 h; P≤0.05). La tasa de preñez en AC fue 28 % (P≤0.05), con respecto a AR y DT con valores de 72 y 76 % (P>0.05) entre los dos últimos. La prolificidad fue menor en ovejas AC con 1.4 crías (P≤0.05) con respecto a AR y DT, en éstas fue de 1.9. La producción de leche en promedio durante ocho semanas fue de 0.95 kg d⁻¹. Las ovejas en AC mostraron mayor pérdida de peso (P≤0.05) durante el experimento con respecto a AR y DT. El peso promedio al terminar la lactancia fue de 33.8, 35.3 y 35.9 (± 0.8 kg), para AC, AR y DT respectivamente, sin observar diferencia entre AR y DT. El peso medio de los corderos a los 56 d de edad, en corderos con AC y AR no fue diferente con 8.9 y 9.3 (± 0.07 kg), así como AC y DP con 8.9 y 8.6 kg. El peso de corderos AR fue mayor a DT (P≤0.05). La mortalidad en corderos no fue diferente con 12 % para DT, 8% para AC y AR. Se concluye que la restricción del amamantamiento a 30 min d⁻¹, y el DT, mejora significativamente el desempeño reproductivo postparto de ovejas Pelibuey sin afectar negativamente el peso al destete y la mortalidad de los corderos.

Palabras clave: Sincronización, amamantamiento, destete, restricción, ovejas Pelibuey.

ABSTRACT

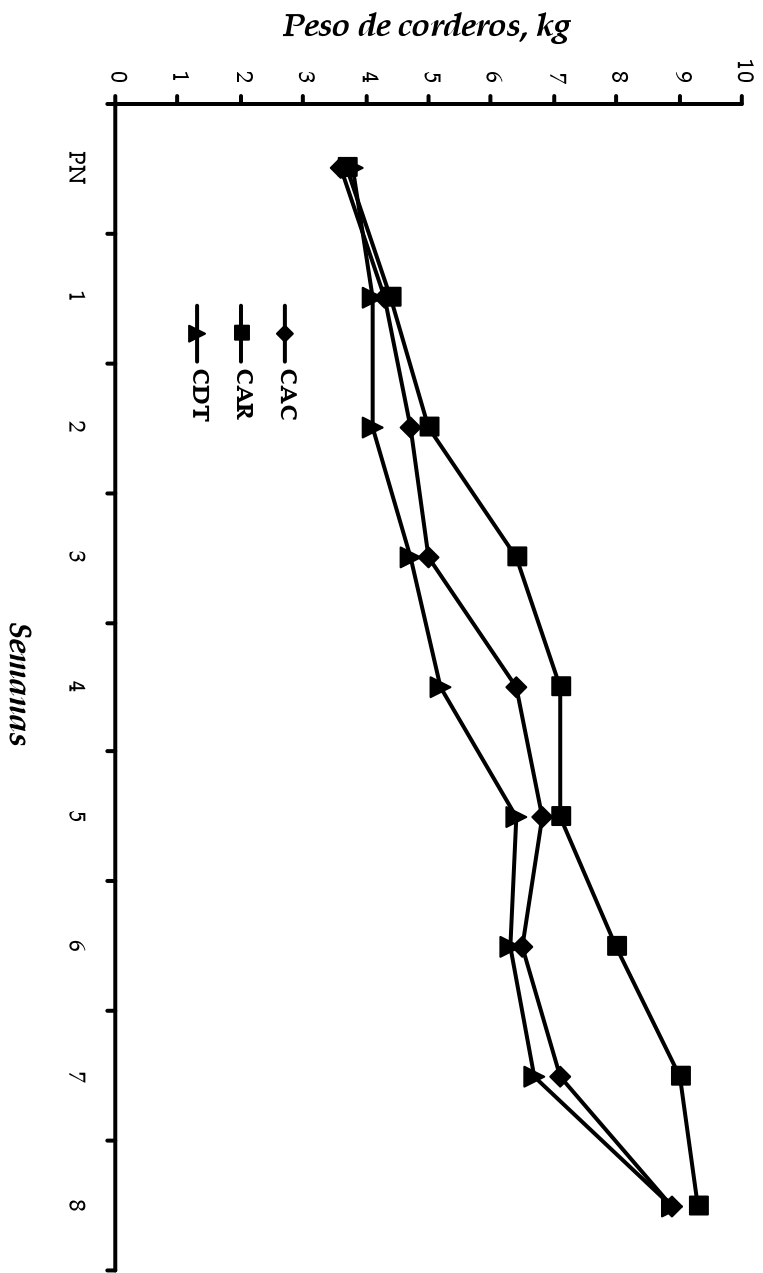
In order to determine the effect of suckling in postpartum (pp) reproductive efficiency of Pelibuey ewes, two experiments were done. In the first experiment, 112 ewes were divided into two groups: continuous suckling (CS; 24 h d⁻¹ for 60 d) and without suckling (W; weaned at 40 d postpartum). On day 30 pp, they received one of four treatments (n=14), which consisted of: T1, fluorogestone acetate (FGA) for 12 d and (eCG) 2 d before withdrawing FGA. T2, FGA for 12 d. T3, PGF2 and eCG. T4, PGF2 . In the second experiment, 75 ewes were used. They received three treatments at random (n = 25). T1, CS. T2, restricted suckling (RS; 30 min d⁻¹). T3, early weaning (EW; seven days pp). All the ewes received the following hormones on day 30 pp: FGA for 12 d plus PGF2 and eCG 2 d before withdrawing FGA. The main productive and reproductive characteristics were analysed. In the first experiment, the highest percentages of oestrus were observed in the treatments which included FGA (T1 and T2) for CS and W. The interval to oestrus was lower (P≤0.05) in both groups with the use of FGA and eCG (T1). The pregnancy rate was generally greater in W (P≤0.05). Prolificacy was greater (P≤0.05) in ewes that received eCG in both groups (T1 and T3). It is concluded that suckling reduces postpartum reproductive efficiency in ewes, and that the use of FGA and eCG generates a better reproductive response in ewes as compared to other methods of oestrus induction and synchronization. In the second experiment, the percentages of oestrus after withdrawing the progestagen showed differences (P≤0.05), the lowest being that of ewes with CS at 52% while those with RS and EW showed no difference at 96 and 92% oestrus. The interval to oestrus was lower in RS and EW at 15.7 and 15.2 h respectively (P>0.05), against CS (20.4 h; P≤0.05). The pregnancy rate in CS was 28% (P≤0.05), while RS and EW had values of 72 and 76% (P>0.05) in the last two. Prolificacy was lower in CS ewes with 1.4 births (P≤0.05), while in RS and EW ewes it was 1.9. The average milk production for eight weeks was 0.95 kg d⁻¹. Ewes with CS showed a greater weight loss (P≤0.05) during the experiment when compared with RS and EW. The average weight at the end of suckling was 33.8, 35.3, and 35.9 (± 0.8 kg), for CS, RS, and EW, respectively, there being no difference between RS and EW. The average weight of the lambs at 56 d of age was not different in lambs with CS and RS at 8.9 and 9.3 (± 0.07 kg), likewise in lambs with CS and EW at 8.9 and 8.6 kg. The weight of labs with RS was greater than that of those with EW (P≤0.05). Lamb mortality showed no differences with 12% for EW, and 8% for CS and RS. It is concluded that the restriction of suckling to 30 min d⁻¹ and EW significantly improves postpartum reproductive performance in Pelibuey ewes, without negatively affecting weight at weaning nor mortality of lambs.

Key words: *Synchronization, suckling, weaning, restriction, Pelibuey ewes.*



AR = Amamantamiento restringido.
 DT = Destete temprano.

Figura 7. Cambios de peso (kg) de ovejas Pelibuey con diferentes métodos de amamantamiento.



PN = Peso al nacer.
 CAC = Corderos con amamantamiento continuo.
 CAR = Corderos con amamantamiento restringido.
 CDT = Corderos con destete temprano.

Figura 8. Cambios de peso semanal (kg) de corderos Pelibuey con diferentes métodos de amamantamiento.

El anestro postparto en rumiantes, es una causa importante de baja eficiencia reproductiva y pérdidas económicas para los productores (Pérez *et al.*, 2002). Actualmente, los programas de manejo reproductivo se enfocan a la aplicación de técnicas que no solo inducen actividad ovárica postparto, si no también en mejorar la fertilidad y prolificidad mediante la aplicación de hormonas exógenas (Martínez, 1999). Sin embargo, son varios los factores que afectan la eficiencia de los tratamientos hormonales, algunos de los más importantes son la nutrición y el amamantamiento (Nett, 1987). El amamantamiento afecta la recuperación del eje hipotálamo-hipofisiario-gónadas y prolonga el anestro postparto, la inhibición de la secreción pulsátil de GnRH y LH después del parto se presenta por efecto de opióides endógenos y por aumento a la sensibilidad del hipotálamo al efecto negativo del estradiol (Brooks *et al.*, 1986; Zalesky *et al.*, 1990). En ovejas el control de amamantamiento puede reducir el tiempo entre el parto y la primera ovulación (Mandiki *et al.* 1989; Morales *et al.*, 2004). Tratamientos con progestágenos se han usado para interrumpir el anestro estacional y póstparto (Robinson *et al.*, 1967), es necesario analizar la combinación de manejo del amamantamiento y hormonas exógenas en la eficiencia reproductiva. Por lo que, el objetivo de estos experimentos fue probar la hipótesis de que la restricción del amamantamiento a 30 min d⁻¹ y el destete junto con tratamiento hormonal mejoran la eficiencia reproductiva en ovejas Pelibuey.

ANESTRO POSTPARTO Y ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN RUMIANTES

2.1. Resumen

En la presente revisión se analiza el anestro postparto en rumiantes, las principales causas que lo ocasionan, así como alternativas de manejo para disminuir su duración ya que se considera al anestro postparto una de las principales causas de baja eficiencia reproductiva en rumiantes. Su duración incrementa por efecto del amamantamiento, debido a que éste es un estímulo en el que intervienen el tacto, la vista, el olfato y el gusto, que inducen la liberación de opioides endógenos (ej. endorfina), y el incremento en su secreción tiene una correlación negativa con la duración del anestro postparto, al inhibir la secreción pulsátil de la pareja GnRH/LH. Además, aumenta la sensibilidad al efecto negativo del estradiol a nivel hipotálamo-hipófisis. En ovejas y vacas hay evidencias que la restricción del amamantamiento a 1 h d⁻¹ dos veces de 30 min, el retraso del amamantamiento por un periodo de 8h y el destete precoz, disminuyen el intervalo parto-primera ovulación, sin afectar el crecimiento y la mortalidad de los corderos y becerros. Sin embargo, es necesario proporcionar alimento de excelente calidad a temprana edad y mejorar el manejo en general de las crías. Los tratamientos hormonales a base de progestágenos han mostrado una buena respuesta en vacas y ovejas durante el anestro postparto, por lo cual la combinación de una de las estrategias en el manejo del amamantamiento con progestágenos es una muy buena alternativa para mejorar la eficiencia reproductiva en rumiantes, al disminuir la duración del anestro postparto.

Palabras clave: Inducción, sincronización, estro, destete, crianza artificial.

2.2. Introducción

En rumiantes, la baja eficiencia reproductiva, tiene relación con un período que se caracteriza por la ausencia de ciclos ováricos después del parto denominado anestro postparto (Wise *et al.*, 1986). Éste se presenta con la finalidad de preparar al útero para iniciar una nueva gestación y permite que el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas-útero se restablezca completamente. La prolongada duración de este periodo resulta en pérdidas económicas para los productores (Villagodoy y Arreguín, 1993; Pérez-Hernández *et al.*, 2001). En vacas de doble propósito el anestro postparto es uno de los principales factores que afectan la fertilidad, ya que, la primera ovulación se presenta alrededor de los 250 d y es la causa de que pocas vacas queden gestantes antes de 90 - 110 d postparto, que es el periodo considerado “ideal” para lograr el objetivo de obtener un parto cada 12 ó 13 meses (Anta *et al.*, 1989; Villagodoy y Villagómez, 2000). En ovejas y cabras la primera ovulación se presenta entre los 30 y 105 d postparto con intervalo interparto de 250 d, esta característica reproductiva depende de la duración del anestro postparto. El amamantamiento se considera el estímulo de mayor importancia en la duración del anestro postparto en rumiantes (Griffith y Williams, 1996; Browning *et al.*, 1994; Gallegos-Sánchez *et al.*, 2005). Por lo que, el objetivo de esta revisión es analizar los mecanismos por los que el amamantamiento afecta la reproducción y presentar nuevas alternativas de manejo con la finalidad de disminuir su efecto negativo en el restablecimiento de la actividad ovárica postparto en los rumiantes.

2.3. Endocrinología del periodo postparto en rumiantes

La concentración sérica de LH es baja en el último tercio de la gestación y en el postparto temprano de vacas (Arije *et al.*, 1974) debido a cuatro posibles causas: a) bajo contenido de LH en adenohipófisis; b) insensibilidad de la adenohipófisis a los estímulos externos; c) estímulo insuficiente del factor liberador de gonadotropinas (GnRH) y d) baja frecuencia y amplitud de los pulsos de GnRH. El contenido hipofisario de LH se encuentra normal a partir del día 30 postparto (Webb *et al.*, 1977). La elevación en la concentración sérica basal y el inicio de un patrón episódico en la liberación de LH preceden al inicio de la ciclicidad estral (Lamming *et al.*, 1981). El final del anestro postparto ocurre cuando la frecuencia de pulsos de LH es mayor a uno h^{-1} y la concentración media de LH es mayor de 1 ng mL^{-1} (Schallenberger y Peterson, 1982). La baja sensibilidad de la hipófisis a GnRH durante el postparto temprano ha sido atribuida a los elevados niveles de esteroides presentes durante la preñez (Lamming *et al.* 1981), la respuesta a la administración de GnRH alcanza su máximo entre los días 20 y 30 postparto (Webb *et al.*, 1977). Zawadoswsky *et al.* (1935) demostraron que los ovarios no son la causa primaria del anestro postparto, ya que es posible inducir ovulación mediante la inyección de orina de mujer embarazada y emulsión de hipófisis. Los depósitos de GnRH a nivel hipotalámico no varían entre los días 1 y 45 postparto (Nett *et al.*, 1988). Asimismo, se ha reportado aumento del contenido de GnRH en el área hipotalámica luego del destete en vacas en anestro (Connor *et al.*, 1990). La concentración plasmática de hormona folículo estimulante (FSH) es baja en el período previo al parto, pero se regulariza al día cinco postparto

(Lamming *et al.*, 1981). El contenido hipofisario de FSH no varía entre los días 1 y 45 postparto (Cermak *et al.*, 1983). Por esta razón, se considera que FSH no es limitante para el reinicio de la ciclicidad ovárica postparto. Walters *et al.* (1982) atribuyen la ausencia de inhibición en la secreción de FSH a la falta de desarrollo de folículos en los ovarios, lo que produce ausencia de la retroalimentación negativa de la inhibina. Otro factor importante durante el postparto en rumiantes es la recuperación del eje hipotálamo-hipofisario de los elevados niveles de esteroides presentes durante la preñez. El 17β -estradiol, juega un papel importante en esta inhibición, a pesar de que progesterona por sí sola es capaz de disminuir la frecuencia de secreción de los pulsos de GnRH (Goodmann y Karsch, 1980). Durante la gestación en vacas la alta concentración de estradiol derivado de la placenta inhibe la secreción de LH por una acción a nivel de los gonadotropos (Arije *et al.*, 1974; Nett, 1987). La retroalimentación negativa de estradiol y los opioides en el hipotálamo son altos durante el anestro postparto, principalmente debido al efecto del amamantamiento, es posible que el incremento de estradiol durante la gestación induzca cambios en el microambiente a nivel neuronal, principalmente en las neuronas productoras de GnRH por lo que, requieren un periodo de recuperación antes de que la función normal sea restablecida. El amamantamiento puede impedir la recuperación del eje hipotálamo pituitaria por efectos de opioides, que es establecido durante la gestación tardía y del periodo postparto. La concentración de opioides disminuye conforme el periodo postparto avanza y la frecuencia de amamantamiento disminuye (Custhaw *et al.*, 1992).

Con la expulsión del feto y la placenta, se produce una caída abrupta de los niveles circulantes de progesterona y estradiol (Comline *et al.*, 1974). La concentración sérica de progesterona disminuye de 1 a 3 días previo al parto con la lisis del cuerpo lúteo (CL) (Edqvist *et al.*, 1973), manteniéndose por debajo de 1 ng mL⁻¹ durante el postparto. Un incremento de más de 1 ng mL⁻¹ ha sido descrito de 2 a 4 días antes del reinicio de los ciclos estrales (Arije *et al.*, 1974). Los estrógenos presentan elevadas concentraciones séricas durante la última parte de la preñez alcanzando su pico entre 24 y 48 h previas al parto (Edqvist *et al.*, 1973). En la vaca la concentración de 17 β -estradiol permanece baja y comienzan a subir alrededor del día 15 postparto (Arije *et al.*, 1974). Esto ocurre simultáneamente con la detección del primer folículo dominante (Murphy *et al.*, 1990). Vélez (1991) observó que vacas con intervalo postparto más prolongado presentaban concentraciones séricas de estrógenos más elevadas durante los primeros 21 d postparto. El parto está asociado a un incremento en las concentraciones plasmáticas de PGF₂ (Malven, 1984), que actúan en la lisis del CL. La duración del incremento de PGF₂ ha sido correlacionada al tiempo de involución uterina (Lindell *et al.*, 1982). La PGF₂ uterina puede tener acción indirecta en la actividad ovárica a través del eje hipotálamo-hipofisario (Steffan *et al.*, 1990). Peters (1989) encontró un incremento en la frecuencia de secreción de LH pero de menor amplitud en algunas vacas postparto tratadas con PGF₂. Villanueva *et al.* (1988) observaron que al tratar vacas postparto con una infusión de PGF₂ aumentó el diámetro del folículo mayor en ambos ovarios.

2.4. Amamantamiento en el establecimiento del anestro postparto

En rumiantes, se ha observado que el amamantamiento y la presencia constante de la cría disminuyen la secreción de GnRH y LH, y de esta manera, se prolonga el anestro postparto (Cuthaw *et al.*, 1992). Contrariamente, el destete entre 17 y 21 d postparto (Villagodo y Villagómez, 2000) incrementa la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH y disminuye el intervalo del parto a la primera ovulación. Incluso, la presencia del becerro sin mamar retrasa la primera ovulación en vacas postparto (Hoffman *et al.*, 1996). Además, se demostró que en vacas productoras de carne, ordeñar de manera mecánica 2 ó 5 veces al día no inhibe la actividad reproductiva postparto (Lamb *et al.*, 1999). Estas observaciones en conjunto, indican que la falta de ovulación después del parto no depende únicamente de las señales somatosensoriales causadas a la glándula mamaria por la cría (Williams y Griffith, 1995). Existen factores de tipo sensorial y de comportamiento entre la madre y la cría, como son: la presencia del becerro y el reconocimiento por parte de la madre, los que son capaces de inhibir la actividad reproductiva postparto (Williams *et al.*, 1996). En rumiantes, un periodo de dos horas de contacto entre madre y cría después del parto, es suficiente para establecer el vínculo entre éstos. La visión y el olfato, son sentidos que utiliza la madre para identificar a la cría, también son importantes en la inhibición de la actividad reproductiva postparto (Viker *et al.*, 1993). Así, cuando el becerro succiona la glándula mamaria, sólo se inhibe la secreción de LH si alguno de estos dos sentidos en la madre se mantiene intacto (Griffith y Williams, 1996) mientras que, la eliminación de ambos sentidos restablece la secreción pulsátil de LH.

La presencia del becerro es capaz de inhibir la actividad reproductiva postparto, se ha demostrado que mediante el corte de la inervación de la glándula mamaria (Williams y Griffith, 1995), la estimulación de la teta en forma manual (Williams *et al.*, 1984) y la mastectomía (Viker *et al.*, 1989) no se disminuye el anestro postparto. Sin embargo, el destete y la restricción del amamantamiento favorecen el retorno a la actividad reproductiva (Stagg *et al.*, 1998).

El amamantamiento inhibe la reproducción mediante la activación de los opioides endógenos; sin embargo, puede involucrar al sistema dopaminérgico que junto con el efecto de retroalimentación negativa del estradiol disminuyen la secreción pulsátil de GnRH y LH (Griffith y Williams, 1996). El evento endocrino más representativo que precede a la primera ovulación postparto es la aparición de un incremento en la secreción pulsátil de LH. También existe un pequeño aumento en la secreción de progesterona, que precede al primer estro postparto en bovinos y ovinos. Por otro lado, la concentración sérica elevada de cortisol ejerce acción negativa en la secreción de LH en vacas y ovejas (Moberg, 1991). La concentración de cortisol aumenta 10 minutos después de un periodo de amamantamiento en vacas. La altura de este pico de cortisol disminuye a medida que los días postparto transcurren (Ellicot *et al.*, 1979). En la figura 1, se presenta en forma gráfica la interrelación de la visión y el olfato en la formación del vínculo maternal con el neonato como resultado de distintas señales fisiológicas y hormonales asociadas al período tardío de la gestación, parto y el neonato mismo mediante la interacción física que estimula la región inguinal durante el amamantamiento, lo anterior pone en marcha los mecanismos que mantienen la

inhibición de la secreción de GnRH y LH y por lo tanto provoca el anestro postparto. El amamantamiento ocasiona aumento en la síntesis y liberación de opioides, y aumenta de la sensibilidad del hipotálamo a la acción negativa del estradiol. Por el contrario, el destete temprano, amamantamiento forzado con cría ajena disminuye la duración del anestro postparto (Williams, 2002).

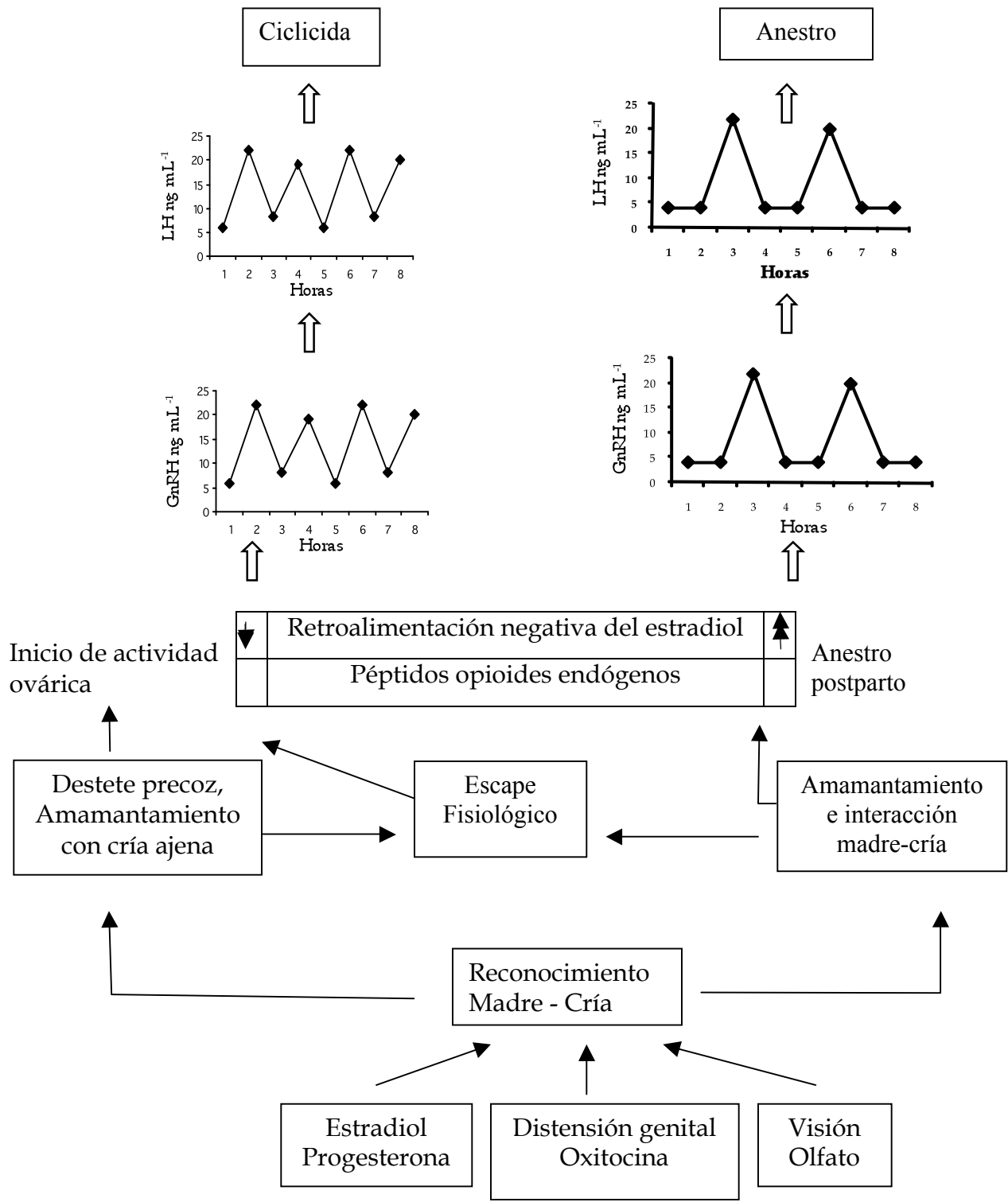


Figura 1. Modelo descriptivo del comportamiento materno, amamantamiento e interacciones madre-cría en la regulación neuroendocrina del centro generador de pulsos hipotalámicos durante el período postparto de la vaca y oveja (Adaptado de Williams y Griffith, 1995).

2.5. Los péptidos opioides y el anestro postparto

Los péptidos opioides endógenos (POE) principalmente β -endorfinas, sintetizadas en neuronas del hipotálamo medio basal disminuyen la liberación de GnRH y LH. En rumiantes, el amamantamiento incrementa la concentración sérica de β -endorfina, esto se ha demostrado al analizar muestras de sangre tomadas del sistema porta-hipofisario (Gordón *et al.*, 1987). El bloqueo de los receptores de opioides con sustancias tales como la naloxona aumenta la concentración sérica de GnRH y LH en vacas con cría y ovejas lactantes (Gregg *et al.*, 1986), pero se requiere una dosis más alta para obtener esta respuesta el día 14 postparto que en los días 28 y 42 postparto (Whisnant *et al.*, 1986). En la vaca, luego del destete durante 48 h, la naloxona no fue efectiva para producir incremento en la secreción de LH, reforzando la idea de la asociación entre el amamantamiento y la inhibición de LH por los POE. Se considera que la frecuencia e intensidad del amamantamiento son factores principales relacionados con la duración del anestro postparto (Wettemann *et al.*, 1978).

2.6. Interacción entre opioides y dopamina en la secreción de GnRH

Existen varios factores que pueden alterar la frecuencia de pulsos de LH por afectar directamente a las células que producen GnRH, esas señales pueden ser mediadas por varios neurotransmisores.

El bloqueo de receptores de opioides con naloxone entre los días 7-26 después del parto incrementa la secreción de LH y disminuye la secreción de prolactina en ovejas postparto (Newton *et al.*, 1988) mientras que el tratamiento combinado con

metoclopramida (antagonista de dopamina) en adición a naloxone no modifica la respuesta de la secreción de LH (Knight *et al.*, 1986) concluyendo que los opioides endógenos inhiben la secreción de LH por un mecanismo independiente a la modulación dopaminérgica. Sin embargo, se ha reportado interacción entre el sistema dopaminérgico y opioidérgico en la regulación fotoperiódica de la secreción de gonadotropinas (Honaramooz *et al.*, 2000). La Figura 2 muestra un esquema simplificado de las posibles interacciones entre amamantamiento y algunos neurotransmisores.

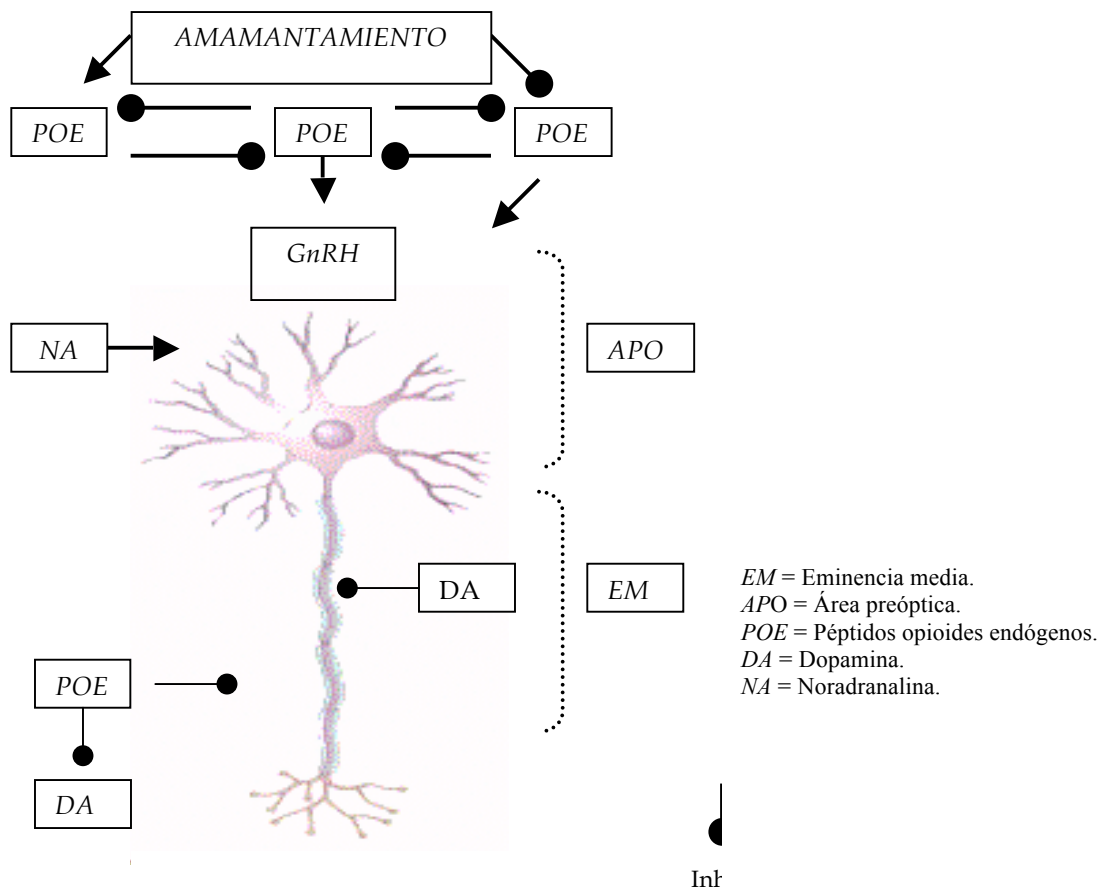


Figura 2. Esquema simplificado de las interacciones entre amamantamiento y algunos neurotransmisores en el control de la secreción de LH (Adaptado de Honaramooz *et al.*, 2000). Se ha propuesto que el sitio de acción de los opioides no es en la hipófisis, los

efectos estimulatorios de naloxone en la liberación de GnRH en condiciones *in vitro* (Laedem *et al.*, 1985) mostraron que los opioides afectan la liberación de GnRH en el área preóptica media, la eminencia media y el núcleo arcuato del hipotálamo (King *et al.*, 1982; Witkin *et al.*, 1982; Kalra, 1983). Sin embargo, las vías neuronales por las que el amamantamiento ejerce su efecto inhibitorio durante el anestro lactacional se desconoce aun (Gallegos *et al.*, 2005), como se observa en la figura 3.

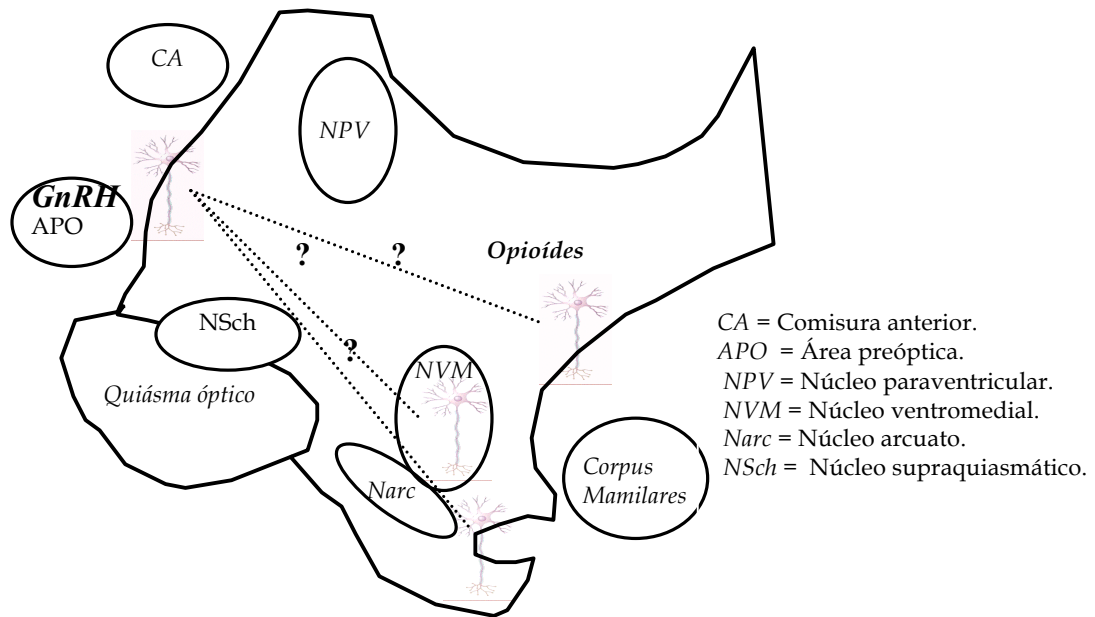


Figura 3. Representación esquemática del hipotálamo en la vaca. Posibles vías neuronales por las cuales el amamantamiento ejerce su efecto inhibitorio durante el anestro lactacional (Adaptado de Gallegos-Sánchez, 1997).

Aun que se sabe que el amamantamiento disminuye la secreción pulsátil de GnRH y por lo tanto de LH, ya que cambian la concentración de opioides en hipotálamo, que actúan directamente en las neuronas productoras de GnRH, parte de esta inhibición se realiza en la hipófisis anterior, pero los mecanismos no se conocen

claramente (Gallegos *et al.*, 2005).

2.7. Alternativas de manejo para disminuir el efecto negativo del amamantamiento

En rumiantes, el amamantamiento es el principal factor que afecta el restablecimiento de la actividad reproductiva postparto, por lo que, se requiere controlar su efecto negativo para disminuir el anestro postparto. Al respecto, las investigaciones realizadas han sido más extensas en bovinos y cabras lecheras y consisten en destete definitivo o precoz, destete temporal por 48 - 72 h, lactancia controlada y amamantamiento retrasado. En ovejas dadas las características de manejo principalmente extensivo la aplicación de estas alternativas es escasa.

El destete del becerro al parto, permite que la secreción pulsátil de LH se incremente aproximadamente a los 14 d postparto (Cermak *et al.*, 1983). Esto ocasiona la presentación del primer estro entre 16 y 48 d postparto (Williams *et al.*, 1983). En vacas productoras de carne, el amamantamiento por 30 min una vez al día, disminuye el anestro postparto, pero dos periodos de 30 min d⁻¹ lo aumenta (Randel, 1981; Browning *et al.*, 1994; Lamb *et al.*, 1999). En vacas de doble propósito, se ha observado que ordeñar con apoyo del becerro prolonga el anestro postparto. También, el intervalo parto-primer estro disminuye en 35 d si se realiza el ordeño sin apoyo del becerro (122 vs 87 d; González-Stagnaro, 1988).

El amamantamiento retrasado (AR) ocho horas después del ordeño y por lapsos de 30 min d⁻¹ no ocasionó diferencia en el intervalo parto primera ovulación con respecto a vacas con lactancia controlada (LC) y amamantamiento tradicional (AT). Sin

embargo, al considerar únicamente las vacas que ovularon antes de 100 d postparto, se observó que las vacas con AR ovularon 17.5 y 18.4 d antes que las vacas con AT y LC respectivamente (Pérez *et al.*, 2002).

En ovejas, la restricción del amamantamiento a 30 min dos veces al día disminuyó el intervalo parto primera ovulación de 61 a 52 d y el porcentaje de hembras que ovularon aumentó de 70 a 88.8 % con respecto a ovejas con amamantamiento continuo (Morales *et al.*, 2004).

La baja eficiencia reproductiva genera pérdidas económicas en los sistemas de producción de ovinos del país (Arteaga, 2000) esta característica productiva tiene relación directa con la duración del anestro postparto, que a su vez se afecta por la nutrición, involución uterina, época de parto y lactancia (López-Sebastián, 2001). El amamantamiento es el factor más importante relacionado con el anestro postparto (Gallegos *et al.*, 2005) por lo que, el destete precoz, control de la lactancia y tratamientos hormonales se han empleado para mejorar el desempeño productivo de las ovejas. Sin embargo, se requiere más investigación sobre todo en alternativas que al combinarse generen mejor respuesta para favorecer la producción, sin aumentar considerablemente el manejo de los animales y los costos. Una interacción favorable puede surgir con el uso de hormonas exógenas para inducir y sincronizar el estro junto con el control del amamantamiento. Por lo que el objetivo de esta investigación fue analizar la respuesta reproductiva postparto de ovejas Pelibuey en respuesta a diferentes fármacos y con distinto método de amamantamiento.

Con base a lo anterior se plantearon las siguientes hipótesis: 1) El destete y la restricción del amamantamiento a 30 min d⁻¹, mejora la respuesta productiva de ovejas y corderos sin aumentar la mortalidad. 2) Las características reproductivas mejoran significativamente en respuesta a la inducción y sincronización del estro con respecto a ovejas con amamantamiento continuo.

4.1. Localización

Los experimentos se realizaron en el rebaño del Módulo de Traspatio del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, Estado de México, localizado a 19° 29' N y 98° 53' W a 2250 msnm. El clima se clasifica como C (W) templado, precipitación media anual de 644.8 mm y temperatura media de 15 °C (García, 1988).

4.2. Animales y dietas

Se utilizaron 112 ovejas Pelibuey paridas en enero del 2003 con promedio de 2.5 ± 0.5 lactancias y 39 ± 1.1 kg de peso y 75 ovejas paridas en agosto del 2003 con promedio de 3.5 ± 0.5 lactancias y 38 ± 1.1 kg de peso, las cuales fueron usadas en dos experimentos. Las ovejas fueron alimentadas con una dieta basada en heno de avena y concentrado comercial (18 % PC) a razón de 500 g d⁻¹. Los corderos, además de la leche de sus madres recibieron alimento pre-iniciador (20 % PC) a libre acceso a partir de siete días de edad; además, de heno de alfalfa. Se proporcionó agua a libre acceso a todos los animales. Los corderos de destete temprano permanecieron con su madre durante siete días, para garantizar la ingestión de calostro, posteriormente se separaron y fueron alimentados con un sustituto de leche comercial.

4.3. Manejo de ovejas y corderos

Las ovejas fueron alojadas en corrales con sombra, comedero y bebedero. Se desparasitaron (Ivermectina) y se les aplicó vitaminas (A,D,E). El concentrado y

forraje se ofreció dos veces al día, a las 7 am y 6 pm. Las ovejas con amamantamiento continuo (AC) permanecieron con sus crías 24 h d⁻¹ hasta el destete, las de amamantamiento restringido (AR) y destete temprano (DT), se separaron de sus crías a partir del día siete postparto y en el primer caso, sólo permanecieron juntos por 30 min d⁻¹ para que amamantaran, en el segundo caso, la separación fue definitiva. Los pesajes de todas las ovejas y corderos se efectuaron al parto y posteriormente cada semana hasta el destete.

Los corderos de amamantamiento restringido (CAR) y destete temprano (CDT), se alojaron en corrales a 500 m de distancia de sus madres, con sombra, provistos de un espacio abierto donde recibían luz solar, bebederos y comederos.

En ovejas sincronizadas, la detección de estros se efectuó 12 h después de retirar las esponjas intravaginales, se consideró que la hembra estaba en estro cuando permitió la monta por el semental provisto de mandil, 12 h después del inicio del estro, se efectuó la inseminación artificial intrauterina, las ovejas que no mostraron signos de estro se inseminaron 50 h después de retirar FGA, mediante laparoscopia utilizando semen fresco en pajillas francesas de 0.25 mL que contenían 100 X 10⁶ espermatozoides (Buckrell *et al.*, 1994). El diagnóstico de gestación se realizó 35 d después de la inseminación, mediante el uso de un ecógrafo Aloka[®] modelo SSD-210 DX y un transductor transrectal Aloka de 5 Mhz.

4.4. Tratamientos

En el experimento 1, a los 30 d postparto las 112 ovejas recibieron PGF2 α (7.5 mg

de Luprositol) con la finalidad de lisar algún cuerpo lúteo presente y homogenizar la etapa reproductiva. Posteriormente, las ovejas fueron distribuidas en dos tratamientos; Amamantamiento continuo: (AC; n = 56 los corderos permanecieron con sus madres 24 h d⁻¹ durante 60 d después del parto) y sin amamantamiento: (SA; n = 56, las ovejas fueron separadas de sus crías 10 d después de aplicar el progestageno), los corderos se ubicaron a 500 m de distancia de sus madres. El día 30 postparto, todas las ovejas recibieron una dosis de PGF2 α (7.5 mg de Luprositol) y al azar uno de los cuatro subtratamientos (n = 14): T1, Esponja intravaginal con 40 mg de acetato de flourogestona (FGA) (Greyling *et al.*, 1997) por 12 d y 300 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) 10 d después de aplicar el FGA (Ainswort y Shrestha, 1985); T2, Esponja con FGA; T3, PGF2 α y eCG; T4, PGF2 α (7.5 mg de Luprositol, diez días después de la primera dosis (Hernández *et al.*, 2001).

En el segundo experimento se utilizaron 75 ovejas de las 112 iniciales. El día siete postparto, se les aplicó al azar tres tratamientos; Amamantamiento continuo (AC; 24 h d⁻¹; n = 25); Amamantamiento restringido (AR; 30 min d⁻¹; n = 25); Destete temprano (DT; destetadas a los siete días postparto; n = 25). El día 30 postparto, se aplicó tratamiento hormonal a todas las ovejas, para inducir y sincronizar el estro, el cual consistió en esponja intravaginal con 40 mg de acetato de fluorogestona por 12 d, el día 10 recibieron PGF2 α (7.5 mg de Luprositol) y 300 UI de eCG (Noel *et al.*, 1994). En ambas investigaciones se realizó inseminación artificial intrauterina con semen fresco mediante laparoscopia, 12 h después de iniciado el estro, las ovejas que no mostraron signos de estro se inseminaron a tiempo fijo 50 h después del retiro de

FGA (Greyling *et al.*, 1997).

**5.1. EFECTO DEL DESTETE EN LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA POSTPARTO
DE OVEJAS PELIBUEY**

5.1.1. Resumen

El estudio se realizó en la granja experimental del Colegio de Postgraduados. Se utilizaron 112 ovejas Pelibuey paridas en enero del 2003. A los 30 d postparto las ovejas fueron distribuidas en dos tratamientos, uno permaneció con amamantamiento continuo: (AC; n = 56, amamantamiento 24 h d⁻¹ hasta 60 d postparto) y ovejas sin amamantamiento (SA; n = 56, destetadas el día diez del tratamiento con FGA. El día 30 postparto, todas las ovejas recibieron al azar uno de los cuatro subtratamientos (n = 14) T1, Esponja con 40 mg de acetato de fluorogestona (FGA), 1 mL de PGF2 α y 300 UI de eCG; T2, FGA, 1 mL de PGF2 α ; T3, PGF2 α más 300 UI de eCG; T4, PGF2 α . El porcentaje de estros y de preñez se analizaron mediante el procedimiento CATMOD de (SAS, 2004), las horas al estro y prolificidad se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS. El mayor porcentaje de estro se observó en los tratamientos que incluyeron FGA y eCG (T1) de AC y SA. Todos los tratamientos de ovejas SA mostraron mayor porcentaje de estro ($P \leq 0.05$) que las de AC. El intervalo al estro fue menor ($P \leq 0.05$) en ambos grupos con el uso de FGA y eCG (T1). La tasa de preñez, en general fue mejor en ovejas SA y con los diferentes métodos de sincronización ($P \leq 0.05$). La prolificidad fue mayor ($P \leq 0.05$) en ovejas que recibieron eCG en ambos grupos de ovejas (T1 y T3). Se concluye que, el amamantamiento disminuye la eficiencia reproductiva postparto en ovejas y que en éstas, el uso de FGA y eCG genera mejor respuesta reproductiva en comparación con otros métodos de inducción y sincronización del estro.

Palabras clave: Inducción, sincronización, amamantamiento, anestro.

5.1.2. Introducción

El anestro postparto se caracteriza por la incapacidad de los animales para generar frecuencia de pulsos de la GnRH y LH (Gallegos *et al.*, 1999). La extensión de este periodo, resulta en baja eficiencia reproductiva (Pérez-Hernández *et al.*, 2001). Los programas de manejo reproductivo tienen como objetivo, inducir la actividad ovárica postparto, mejorar la fertilidad y prolificidad, mediante la aplicación de hormonas exógenas (Martínez, 1999). Sin embargo, son varios los factores que afectan la eficiencia de estas estrategias reproductivas, las más importantes son; nutrición y amamantamiento. El amamantamiento puede impedir la recuperación del eje hipotálamo pituitaria debido a la acción de opioides y a la retroalimentación negativa de estradiol a la liberación de GnRH, ya que la sensibilidad del hipotálamo al efecto negativo del estradiol aumenta (Nett, 1987). La concentración de opioides se normaliza conforme avanzan los días postparto y la frecuencia de amamantamiento disminuye (Griffith y Williams, 1996). El contenido de opioides en el tejido nervioso se encuentra afectado por el amamantamiento y disminuye la capacidad del hipotálamo para sintetizar GnRH. Esto implica que el estímulo del amamantamiento más que la lactancia en si, es el responsable de la supresión de la secreción de LH (Peters *et al.*, 1981). Por lo que, el objetivo de este estudio fue evaluar las características reproductivas de ovejas Pelibuey sincronizadas con diferentes métodos, con y sin amamantamiento. Las hipótesis planteadas fueron, 1) Las ovejas sin amamantamiento presentan mejor respuesta reproductiva que ovejas

amamantando, sometidas a diferentes métodos de sincronización de estros. 2) El FGA y eCG disminuyen éste efecto negativo.

5.1.3. Materiales y Métodos

5.1.3.1. Localización

El experimento se realizó en el Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, estado de México, localizado a 19° 29' N y 98° 53' W, a 2250 msnm. El clima se clasifica como C (W) templado, con precipitación medio anual de 644.8 mm y temperatura media de 15 °C (García, 1988).

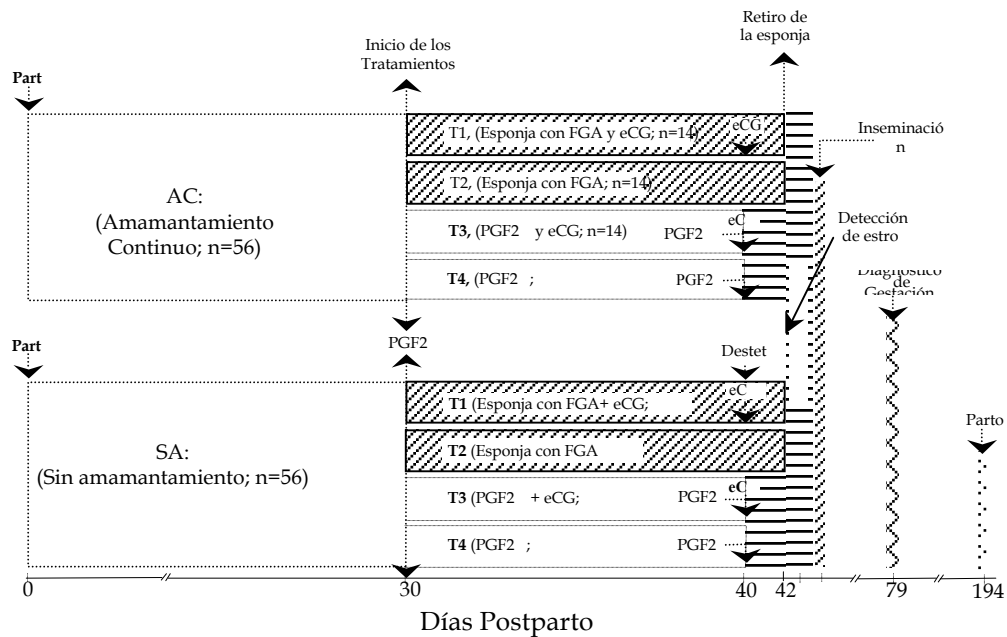
5.1.3.2. Animales y dietas

Se utilizaron 112 ovejas Pelibuey paridas en enero del 2003 con promedio de 2.5 ± 0.5 lactancias y 39 ± 1.1 kg de peso. Las ovejas fueron alimentadas con heno de avena *ad libitum* y concentrado comercial (18% PC) a razón de 500 g por oveja d^{-1} . A los corderos además de la leche de sus madres, se les ofreció concentrado iniciador (25 % PC) *ad libitum* a partir de los siete días de edad, todo los animales tuvieron agua a libertad.

5.1.3.3. Tratamientos

A los 30 d postparto todas las ovejas recibieron una dosis de prostaglandina $F2\alpha$ ($PGF2\alpha$; 7.5 mg de Luprositol) con la finalidad de lisar algún cuerpo lúteo presente y homogenizar la etapa reproductiva, debido a que algunas que algunas ovejas ovulan antes del día 30 postparto (Morales *et al.*, 2004). Posteriormente, las ovejas fueron distribuidas al azar en dos tratamientos; Amamantamiento continuo: (AC; n = 56, los corderos permanecieron con sus madres 24 h d^{-1} durante 60 d después del parto) y sin amamantamiento: (SA; n = 56, las ovejas fueron separadas de sus crías el día 40

postparto, a los 10 días del tratamiento con FGA), los corderos se ubicaron a 500 m de distancia de sus madres. Las ovejas de ambos grupos, recibieron al azar uno de los cuatro tratamientos (Figura 4): T1, Esponja intravaginal con 40 mg de acetato de fluorogestona (FGA) (Greyling *et al.*, 1997) por 12 d y 300 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) aplicada el día 10 del tratamiento con FGA (Ainswort y Shrestha, 1985); T2, Esponja con FGA; T3, PGF2 α y eCG; T4, 1 mL de PGF2 α (7.5 mg de Luprositol), diez días después de la primera dosis (Hernández *et al.*, 2001); como se observa en la figura 4.



AC = Amamantamiento continuo.
 SA = Sin amamantamiento.
 T = Tratamiento.
 PGF2 = Prostaglandina F2 .
 eCG = Gonadotropina coriónica equina.
 FGA = Acetato de fluorogestona.

Figura 4. Representación esquemática de los tratamientos (Experimento1)

5.1.3.4. Características estudiadas:

Porcentaje de estros (PE): es el número de hembras que presentaron estro después de retirar las esponjas de FGA entre las ovejas tratadas, multiplicado por cien (ovejas en estro/ovejas tratadas) X 100.

Intervalo al estro (IE): Son las horas transcurridas desde el retiro de la esponja intravaginal hasta que la oveja manifiesta signos de estro.

Tasa de gestación (TG): es el porcentaje de ovejas que resultaron positivas al diagnóstico de gestación entre ovejas servidas por cien.

Prolificidad (P): Número de corderos nacidos entre número de ovejas paridas.

5.1.3.5. Mediciones y análisis estadísticos

La detección de estros se efectuó a partir de las 12 h del retiro de las esponjas. Posteriormente cada 2 h, durante 72 h, con ayuda de cuatro sementales provistos de mandil, se consideró como inicio del estro cuando la hembra fue receptiva al macho y aceptó la monta; Posteriormente se realizó la inseminación artificial intrauterina mediante laparoscopia a las 12 h de iniciado el estro. Las ovejas que no mostraron signos de estro se inseminaron a tiempo fijo 50 h después de retirar el FGA. El diagnóstico de preñez se realizó 45 d después de la inseminación mediante ultrasonografía (González de Bulnes *et al.*, 1999). El PE y TG fueron analizadas mediante el procedimiento CATMOD de (SAS, 2004), las características IE y P fueron analizadas por análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de (SAS, 2004) con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2³.

5.1.3.6. Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado para el diseño completamente al azar con arreglo factorial 2³:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + C_k + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta.

μ = Constante que caracteriza a la población.

A_i = Efecto del factor A al nivel i.

B_j = Efecto del factor B al nivel j.

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción AB al nivel i, j.

C_k = Efecto del factor C al nivel k.

$(AC)_{ik}$ = Efecto de la interacción AC al nivel i, k.

$(BC)_{jk}$ = Efecto de la interacción BC al nivel j, k.

ε_{ijkl} = Efecto residual aleatorio

$$\varepsilon_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2)$$

5.1.4. Resultados y Discusión

5.1.4.1. Porcentaje de estro

En el cuadro 1 se muestran los PE por tratamiento. Se observaron diferencias entre tratamientos dentro de grupo ($P \leq 0.05$). En ambos grupos de ovejas los mayores porcentajes de estro se observaron en los tratamientos que incluyeron FGA y eCG (T1). Todos los tratamientos de ovejas SA fueron superior ($P \leq 0.05$) que a los de AC.

Cuadro 1. Porcentaje de estros en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo y sin amamantamiento sincronizadas con diferentes métodos hormonales

Tratamiento	n	Ovejas en estro (n)	Ovejas en estro (%)
T1 = AC + FGA + eCG	14	(9)	64.2 ^b
T2 = AC + FGA	14	(7)	50 ^{c,d}
T3 = AC + PGF2 α + eCG	14	(6)	42.8 ^d
T4 = AC + PGF2 α	14	(5)	35.7 ^e
T1 = SA + FGA + eCG	14	(12)	85.7 ^a
T2 = SA + FGA	14	(9)	64.2 ^b
T3 = SA + PGF2 α + eCG	14	(8)	57.1 ^c
T4 = SA + PGF2 α	14	(6)	42.8 ^d

^{a,b,c,d} = Valores con distinta literal son diferentes ($P \leq 0.05$).

AC = Amamantamiento continuo.

SA = Sin amamantamiento.

FGA = (40 mg acetato de fluorogestona).

eCG = Gonadotropina sérica de yegua preñada.

PGF2 α = Prostaglandina F2 α .

n = Número de ovejas por tratamiento.

El efecto del acetato de fluorogestona (FGA) ha sido demostrado en varias investigaciones. Gordon (1997) y Martínez (1999) indican que la presencia de estros puede alcanzar de 80 a 90 % en época reproductiva, destacando que factores como la raza, la edad de la oveja, la época del año, el estado fisiológico y la condición corporal pueden modificar la respuesta. El porcentaje de estros fue mayor en ovejas sin amamantamiento con los diferentes métodos de sincronización (Cuadro 1). Este resultado evidencia el efecto negativo del amamantamiento, que inhibe la actividad

reproductiva postparto al generar disminución en la secreción pulsátil de LH como lo indican (Schirar *et al.*, 1989; Griffith y Williams, 1996). El tiempo al que se efectúa el destete es un factor importante en la duración del anestro postparto. Álvarez *et al.* (1984) compararon cuatro edades al destete (30, 60, 90 y 120 d) y encontraron un efecto significativo en el porcentaje de estros presentados que fue de: 48.6, 77.3, 84.2, y 98.4 %, respectivamente, lo que evidencia una relación directa entre los días de amamantamiento y la duración del anestro postparto y coincide con lo encontrado en esta investigación. El uso de FGA y eCG en ovejas con AC produce mayor porcentaje de ovejas en estro, como se observa en T1, con respecto a T2, T3 y T4 (Cuadro 1), esto indica que los progestágenos más eCG pueden disminuir el efecto negativo del amamantamiento durante el anestro postparto como lo señalan (Smart *et al.*, 1994). Esto posiblemente se debe a que el FGA disminuye el efecto negativo de opioides y dopamina en la secreción pulsátil de GnRH y por lo tanto de LH como lo indican Gregg *et al.* (1986); Zalesky *et al.* (1990). Smart *et al.* (1994), mencionan que el efecto negativo del estradiol en la secreción de LH durante el anestro postparto puede disminuir en presencia de progesterona. El progestágeno y eCG en ovejas SA producen sinergia como se observa en el resultado del T1, en el que se obtuvo la mayor respuesta ($P \leq 0.05$) de todos los tratamientos con 85.7 % de PE, valor que corresponde a los resultados obtenidos por varios investigadores (Gordon *et al.*, 1997). Se ha demostrado que para mejorar la eficiencia reproductiva en un programa de sincronización de estros, la aplicación de eCG incrementa hasta 10 % (Crosby *et al.*, 1991). En este caso la aplicación de eCG dos días antes de retirar el progestágeno

mejoró la respuesta como se observó en T1 de SA y AC. El mayor PE en las ovejas de T3 con 42.8 % de estros con respecto a las de T4 con 35.7 en ovejas con AC, se debe a la aplicación de eCG, que en este caso incrementó en 7.1 % el número de ovejas que respondieron. Los resultados más bajos de ovejas que mostraron estros, se obtuvieron en ambos grupos de ovejas, cuando se usó únicamente dos dosis de PGF₂ (T4). Esto debido posiblemente a que algunas ovejas se encontraban en anestro postparto por lo que, las prostaglandinas no son efectivas en esa situación fisiológica, debido a la ausencia de cuerpos lúteos. Además, pudo presentarse falla en la lúteolisis con la segunda dosis de PGF₂ en ovejas que ya estaban ciclando y por consecuencia tenían un cuerpo lúteo funcional, como lo señalan (Hernández *et al.*, 2001).

5.1.4.2. Intervalo al estro

En ambos grupos de ovejas el menor tiempo ($P \leq 0.05$) para presentación de estros después de retirar el dispositivo intravaginal, se observó en el tratamiento que incluyó FGA y eCG (T1), ya que la combinación de estos fármacos no sólo incrementa el porcentaje de presentación de estro sino también, adelanta el momento de inicio del estro, así como el grado de sincronización como lo indica Rangel, (2001). Esto debido a que eCG favorece el crecimiento folicular y la producción de estradiol y de esta manera acorta el intervalo del retiro de FGA al estro, estos resultados coinciden con lo reportado por (Ainswort y Shrestha, 1985).

Ávila *et al.* (1997), observaron que la presentación de estros después del retiro del progestágeno osciló entre 36 y 60 h, sin embargo, con progestágeno más eCG a dosis

de 250 UI el estro se presentó a las 32 h. Cuando la dosis fue de 500 UI el estro se presentó antes de las 30 h, similar a lo encontrado en esta investigación como se observa en los tratamientos T1 y T3 que incluyeron 300 UI de eCG, en ambos grupos de ovejas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Intervalo al estro en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo y sin amamantamiento, sincronizadas con diferentes métodos hormonales

Tratamiento	n	Intervalo al estro h (M ± EE)
T1 = AC + FGA + eCG	14	23.7 ± 0.9 ^d
T2 = AC + FGA	14	30.0 ± 1.2 ^c
T3 = AC + PGF2 α + eCG	14	31.1 ± 0.7 ^c
T4 = AC + PGF2 α	14	36.8 ± 0.4 ^a
T1 = SA + FGA + eCG	14	20.1 ± 0.2 ^e
T2 = SA + FGA	14	28.8 ± 0.6 ^c
T3 = SA + PGF2 α + eCG	14	30.2 ± 0.9 ^c
T4 = SA + PGF2 α	14	34.6 ± 0.8 ^b

^{a,b,c,d} = Valores con distinta literal son diferentes ($P < 0.05$).

AC = Amamantamiento continuo.

SA = Sin amamantamiento.

FGA = Esponja; 40 mg acetato de fluorogestona.

eCG = Gonadotropina coriónica equina.

PGF2 α = Prostaglandina F2 α .

n = Número de ovejas por tratamiento.

M ± EE = Media ± Error Estándar.

Existe controversia en cuanto a la dosis adecuada de eCG para mejorar el porcentaje y distribución de los estros por lo que las recomendaciones varían de 250 a 600 UI dependiendo de la raza, peso de la oveja y época del año (Ainswort y Shrestha, 1985; Noel *et al.*, 1994; Rangel, 2001). Sin embargo, en esta investigación se obtuvieron resultados similares a los reportados por estos investigadores (30 h con 85% de estros) con la aplicación de 300 UI de eCG dos días antes de retirar el progestágeno. El mayor intervalo de IE se observó en T4 dentro de cada grupo de ovejas con diferencia ($P \leq 0.05$).

5.1.4.3. Tasa de gestación

En esta característica reproductiva, se observó que los mejores resultados ($P \leq 0.05$) se obtuvieron en ovejas SA en todos los tratamientos (Cuadro 3), dentro de estas el mejor resultado se observó cuando se combinó FGA y eCG (T1) esto debido a que éstos fármacos generan estrógeno y ovulación con la subsiguiente formación de un cuerpo lúteo de vida media normal con lo que, se favorece la gestación en comparación a ovejas en las que se interrumpe la gestación en etapa temprana, debido a la formación de un cuerpo lúteo de vida media corta (Wise, 1990; Crosby *et al.*, 1991; Gordon, 1997). El efecto del amamantamiento disminuyó el desempeño reproductivo postparto en la ovejas con AC en todos los tratamientos con respecto a ovejas SA. Dentro del grupo SA los mejores resultados fueron para T1 y T2, los cuales incluyeron FGA. En el grupo de AC los mejores resultados se obtuvieron en las ovejas que recibieron FGA con eCG o FGA solo (T1 y T2), esto demuestra que FGA mejora el desempeño reproductivo postparto en la oveja, como se observa en el cuadro 3.

Cuadro 3. Tasa de gestación en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo y destetadas sincronizadas con diferentes métodos hormonales

Tratamiento	n	Ovejas gestantes (n)	Gestación %
T1 = AC + FGA + eCG	14	(6)	42.8 ^c
T2 = AC + FGA	14	(6)	42.8 ^c
T3 = AC + PGF2 α + eCG	14	(5)	35.7 ^{c,d}

T4 = AC + PGF2 α	14	(4)	28.5 ^d
T1 = SA + FGA + eCG	14	(10)	71.4 ^a
T2 = SA + FGA	14	(9)	64.2 ^b
T3 = SA + PGF2 α + eCG	14	(8)	57.1 ^b
T4 = SA + PGF2 α	14	(6)	42.8 ^c

^{a,b,c,d}=Valores con distinta literal son diferentes ($P<0.05$).

AC = Amamantamiento continuo.

SA = Sin amamantamiento.

FGA = Acetato de fluorogestona.

eCG =Gonadotropina coriónica equina.

PGF2 α = Prostaglandina F2 α .

n = Número de ovejas por tratamiento.

La tasa de gestación después de sincronizar el estro puede variar de 30 a 69 % dependiendo de varios factores como son los fármacos utilizados, la dosis, la época del año, la raza de las ovejas y la técnica de inseminación entre otros (Walters *et al.*, 1989). Los resultados obtenidos en ovejas SA se consideran adecuados, considerando que el método de servicio fue mediante inseminación artificial intrauterina con semen fresco. Los resultados obtenidos son similares a los señalado por Buckrell *et al.* (1994), quienes encontraron tasas de gestación de 58 a 64 % con este método de inseminación. Sin embargo, son diferentes a lo indicado por Maxwell y Hewitt, (1986) quienes mencionaron que con esa técnica de inseminación se logra 80 % de fertilidad. Así mismo, (Robinson *et al.*, 1989 y Wallace, 1992) obtuvieron valores de preñez mayores a 80 %, utilizando la misma técnica de inseminación y semen fresco, pero con ovejas no lactantes. En esta investigación, la menor tasa de gestación fue obtenida en ovejas con AC, y esto demuestra que la presencia constante del cordero disminuye la eficiencia reproductiva de sus madres y corrobora lo reportado por (González *et al.*, 1991; Arroyo 2001; Morales *et al.*, 2004)

5.1.4.4. Prolificidad

La prolificidad fue mayor ($P \leq 0.05$) en ovejas que recibieron eCG dentro de ambos grupos de ovejas T1 y T3 (Cuadro 4). Sin embargo, entre grupo de ovejas no hubo diferencia ($P > 0.05$). Esto posiblemente se debió a que durante la época reproductiva, la eCG no genera un incremento notorio en esta variable (Noel *et al.*, 1994). No obstante, en época de anestro se puede lograr que la prolificidad sea 2.26 cuando, eCG se aplica dos días antes del retiro del progestágeno (Folch *et al.*, 1990; Rangel *et al.*, 1997). Cruz *et al.* (1990) aplicaron 40 mg de FGA por 14 días y 300 UI de eCG dos días antes del retiro de la esponja, similar a lo realizado en ésta investigación, el estudio se realizó en época de anestro estacional y observaron una prolificidad de 2.1. Algunos estudios, en los que aplicó 500 UI de eCG, (Ainsworth y Shrestha 1985; Folch *et al.* 1990; Zaiem *et al.* 1996), encontraron una prolificidad de 1.6, 2.17 y 1.76 respectivamente. Por lo que, se considera que la aplicación de 300 UI de eCG dos días antes del retiro del progestágeno, generó resultados aceptables, en ambos grupos de ovejas y son consistentes con lo indicado por (Noel *et al.*, 1994 y Greyling *et al.*, 1997).

Cuadro 4. Prolificidad en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo y sin amamantamiento sincronizadas con diferentes métodos hormonales

Tratamiento	n	Prolificidad (M \pm EE)
T1 = AC + FGA + eCG	14	1.7 \pm 0.1 ^a
T2 = AC + FGA	14	1.3 \pm 0.1 ^b
T3 = AC + PGF2 α + eCG	14	1.6 \pm 0.2 ^a
T4 = AC + PGF2 α	14	1.3 \pm 0.2 ^b
T1 = SA + FGA + eCG	14	1.9 \pm 0.1 ^a

T2 = SA + FGA	14	1.5 ± 0.1 ^b
T3 = SA + PGF2 α + eCG	14	1.7 ± 0.1 ^a
T4 = SA + PGF2 α	14	1.5 ± 0.2 ^b

^{a,b} = Valores con distinta literal son diferentes ($P < 0.05$).

AC = Amamantamiento continuo.

SA = Sin amamantamiento.

FGA = Acetato de fluorogestona.

eCG = Gonadotropina coriónica equina.

PGF2 α = Prostaglandina F2 α .

n = Número de ovejas por tratamiento.

M ± EE = Media ± Error Estándar.

5.1.5. Conclusiones

El uso de esponjas con FGA por 12 d y 300 UI de eCG dos días antes de retirar el FGA, es una alternativa adecuada para mejorar la eficiencia reproductiva postparto en ovejas Pelibuey. Los resultados en porcentaje de estro y de gestación mejoran ($P \leq 0.05$), sí además del tratamiento hormonal se desteta dos días antes de retirar el FGA. El uso sólo de prostaglandinas no genera resultados satisfactorios. La prolificidad de las hembras que conciben no se afecta por el amamantamiento, ni por la eCG durante la época reproductiva.

5.2. DESTETE TEMPRANO Y AMAMANTAMIENTO RESTRINGIDO EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO DE OVEJAS PELIBUEY

5.2.1. Resumen

El experimento se realizó en el Colegio de Postgraduados. Se utilizaron 75 ovejas Pelibuey. A los siete días postparto se les aplicó al azar tres tratamientos (n = 25); AC; 24 h d⁻¹; AR; 30 min d⁻¹; DT; siete días postparto. El día 30 postparto todas las ovejas recibieron el siguiente subtratamiento, 40mg de FGA por 12 d, el día 10 del

tratamiento, recibieron 1 mL de PGF2 α y 300 UI de eCG. Se analizaron las principales características productivas y reproductivas. El porcentaje de estros antes de 30 d postparto fue similar en AR y DT con 28 % de estro y ninguna AC presentó estro ($P \leq 0.05$). El porcentaje de estros después de retirar el FGA fue mayor ($P \leq 0.05$) en AR y DT con 96 y 92 %, con respecto al 52 % obtenido en AC. El intervalo al estro fue menor en AR y DT con 15.7 y 15.2 h respectivamente ($P > 0.05$), comparado con AC (20.4 h; $P < 0.05$). La tasa de preñez en AC fue 28 % ($P \leq 0.05$), con respecto a AR y DT con valores de 72 y 76 % ($P > 0.05$) entre los dos últimos. La prolificidad fue menor en ovejas AC con 1.4 crías ($P \leq 0.05$) con respecto a AR y DT, en éstas fue de 1.9. La media de producción de leche durante las ocho semanas evaluadas fue de 0.95 kg d⁻¹. Las ovejas en AC mostraron mayor pérdida de peso ($P \leq 0.05$) durante el experimento con respecto a AR y DT. El peso promedio al terminar la lactancia fue de 33.8, 35.3 y 35.9 (± 0.8) kg, para AC, AR y DT respectivamente, sin observar diferencia entre AR y DT. El peso medio de los corderos a los 56 días de edad, en corderos con AC y AR no fue diferente con 8.9 y 9.3 kg, así como CAC y CDT con 8.9 y 8.6 kg. El peso de CAR fue mayor a CDT ($P \leq 0.05$). La mortalidad en corderos no fue diferente con 12 % para CDT, 8% para CAC y CAR. Se concluye que la restricción del amamantamiento a 30 min d⁻¹, y el destete temprano, mejora significativamente el desempeño reproductivo postparto de ovejas Pelibuey sin afectar negativamente el peso al destete y la mortalidad de los corderos del nacimiento al destete.

Palabras clave: *Inducción, sincronización, inseminación, lactancia controlada.*

5.2.2. Introducción

La población de ovinos Pelibuey en México ha aumentado notablemente, debido a las características productivas y adaptabilidad que estos poseen, por lo que se encuentran distribuidos en todo el país (González *et al.*, 1991). Sin embargo, uno de los factores que más afecta el desempeño reproductivo es el anestro postparto y el tiempo que transcurre del parto a la concepción (López-Sebastián, 2001). Esta característica reproductiva se afecta por el amamantamiento principalmente (González *et al.*, 1991). En ovejas, el amamantamiento controlado es una alternativa

para reducir el tiempo parto-primera ovulación (Álvarez *et al.*, 1984); tratamientos hormonales (Robinson *et al.*, 1967) y el amamantamiento restringido de 30 min, dos veces d^{-1} , también producen resultados satisfactorios (Morales *et al.*, 2004). Sin embargo, los tratamientos hormonales generan altos costos y el amamantamiento dos veces al día aumenta el manejo de los animales. Por lo que, el objetivo de este estudio fue evaluar la restricción del amamantamiento a 30 min d^{-1} y el destete precoz a los siete días postparto, en el comportamiento productivo de ovejas y corderos. Realizar el amamantamiento una vez al día permitió estimar la producción diaria de leche, lo cual se considera importante ya que la información al respecto es escasa. Las hipótesis que se plantearon fueron: 1) La restricción del amamantamiento a 30 min d^{-1} y el destete temprano, mejoran las variables reproductivas en ovejas postparto y 2) No se afecta negativamente la ganancia de peso y mortalidad en corderos.

5.2.3. Materiales y Métodos

5.2.3.1. Localización

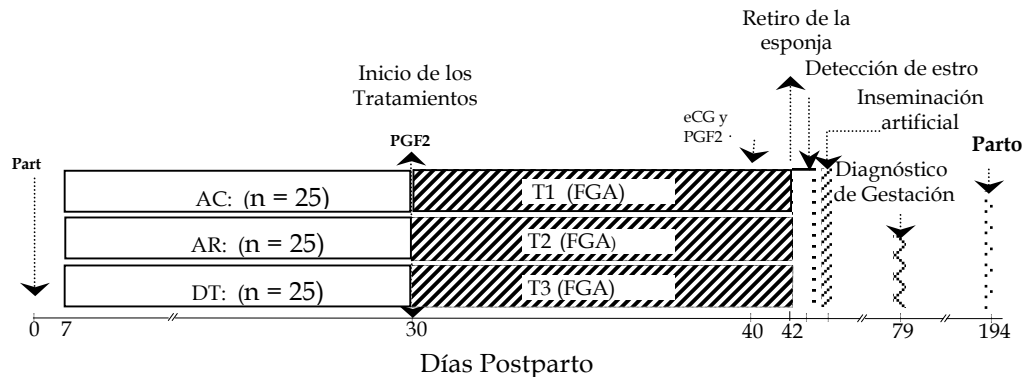
El experimento se realizó en el Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, estado de México, localizado a 19° 29' N y 98° 53' W, a 2250 msnm. El clima se clasifica como C (W) templado, con precipitación medio anual de 644.8 mm y temperatura media de 15 °C (García, 1988).

5.2.3.2. Animales y dietas

Se utilizaron 75 ovejas Pelibuey las cuales parieron en agosto del 2003 con promedio de 3.5 ± 0.5 lactancias y 38 ± 1.1 kg de peso. La alimentación de las ovejas fue a base de heno de avena y concentrado comercial (18 % PC) a razón de 500 g por oveja d^{-1} , los corderos además de la leche se sus madres, recibieron alimento de iniciador (20 % PC) a libre acceso a partir del día siete de edad. Los corderos destetados tempranamente a partir del día ocho se alimentaron con sustituto de leche dos veces al día 7 a.m. y 6 p.m. Todos los animales tuvieron libre acceso al agua.

5.2.3.3. Tratamientos

A los siete días postparto 75 ovejas fueron distribuidas al azar en tres grupos $n = 25$: Amamantamiento continuo (AC; 24 h d^{-1}); Amamantamiento restringido (AR; 30 min d^{-1}); Destete temprano (DT; destete a los siete días postparto). El día 30 postparto, se aplicó un tratamiento hormonal a los tres grupos de ovejas, para inducir y sincronizar el estro el cual consistió en, eponja intravaginal con 40 mg de acetato de fluorogestona (FGA) por 12 d, el día 10 del tratamiento con FGA, recibieron 1 mL de PGF 2α y 300 UI de eCG, según (Noel *et al.*, 1994) como se observa en la Figura 5. Se realizó inseminación artificial intrauterina con semen fresco mediante laparoscopia, 12 h después de iniciado el estro, como lo indica (Greyling *et al.*, 1997).



AC = Amamantamiento continuo (24 h d⁻¹).
 AR = Amamantamiento restringido (30 min d⁻¹).
 DT = Destete temprano (A los siete días de nacido).
 PGF2 = Prostaglandina F2 .
 eCG = Gonadotropina coriónica equina.
 FGA = Acetato de Fluorogestona.

Figura 5. Representación esquemática de los tratamientos (Experimento 2)

5.2.3.4. Características estudiadas

Porcentaje de estros (PE): Número de ovejas que presentan estro entre el número de ovejas tratadas, multiplicado por cien; $(\text{ovejas en estro} / \text{ovejas tratadas}) \times 100$. Esta característica se analizó del parto a 30 días postparto y después del tratamiento con hormonas exógenas.

Intervalo al estro (IE): Tiempo en h transcurrido desde que se retira la esponja intravaginal hasta que la oveja presenta estro.

Tasa de gestación (TG): Porcentaje de ovejas que resultaron positivas al diagnóstico de gestación entre ovejas servidas, multiplicado por cien; $(\text{Gestantes} / \text{servidas}) \times 100$.

Prolificidad (P): Número de corderos nacidos entre número de ovejas paridas.

Producción de leche (PL): Kilogramos de leche producida por oveja d⁻¹; se obtuvo por doble pesaje de los corderos antes y después del amamantamiento (Pavón *et al.*, 1987).

Cambio de peso de ovejas (CPO): Peso vivo de las ovejas observado semanalmente a través de la lactancia.

Cambio de peso en corderos (CPC): Peso vivo de los corderos observado semanalmente a través de la lactancia.

Mortalidad en corderos (MC): Porcentaje de corderos muertos en cada tratamiento, del nacimiento al destete.

5.2.3.5. Mediciones y análisis estadísticos

Las ovejas y corderos se pesaron cada siete días desde el parto hasta 60 días postparto (destete) para analizar los cambios de peso. A partir del día siete al 30 postparto se detectaron estros mediante un semental provisto de mandil para conocer el porcentaje de hembras de cada grupo que se encontraban ciclando previo al tratamiento hormonal. La producción de leche diaria se estimó mediante el doble pesaje de los corderos, antes y después del amamantamiento. Las variables porcentaje de estros antes de 30 d postparto, porcentaje de estros después del tratamiento, porcentaje de preñez y mortalidad en corderos se analizaron mediante una prueba de Ji-cuadrada del procedimiento CATMOD del paquete estadístico (SAS, 2004). Las horas al estro, prolificidad mediante el procedimiento GLM (SAS, 2004). El cambio de peso semanal de ovejas y corderos se analizaron por análisis de mediciones repetidas, utilizando el procedimiento MIXED de (SAS, 2004).

5.2.3.6. Modelo estadístico

$$y_{irj} = \mu + T_i + R_{i(r)} + S_j + ST_{ji} + \epsilon_{irj}$$

Donde:

y_{irj} = Variable de respuesta del i - ésimo tratamiento en la r - ésimo animal, en la j-ésima semana.

μ = Constante poblacional.

T_i = efecto del i - ésimo tratamiento. (i = 1,2,3.)

$R_{i(r)}$ = efecto de la r - ésima repetición anidada en el i - ésimo tratamiento. (r = 1, 2, 3...25.) $R_{i(r)} \sim N(0, \sigma^2_a)$

S_j = efecto de j - ésima semana. (j = 1, 2, 3...8)

ST_{ji} = efecto de la interacción de la j - ésima semana por el i - ésimo tratamiento.

ϵ_{irj} = efecto del error del i - ésimo tratamiento, en la r - ésimo animal en la j - ésima semana.

$\epsilon_{irj} \sim N(0, \sigma^2_b)$.

5.2.4. Resultados y Discusión

5.2.4.1. Porcentaje de estros antes de 30 días postparto

Siete de 25 ovejas de los grupos AR y DT presentaron estro antes de los 30 días postparto en contraste a las del grupo AC en las que ninguna mostró estro ($P \leq 0.05$) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje de estros en ovejas Pelibuey sincronizadas con hormonas exógenas y con diferente tipo de amamantamiento.

Tratamiento	n	Estro (%) (30 d DP)	Estro (%) Después de FGA
AC	25	0 ^b	52 ^b
AR	25	28 ^a	96 ^a
DT	25	28 ^a	92 ^a

^{a,b} = Valores con diferente literal son diferentes ($P < 0.05$)

AC = Amamantamiento continuo (24 h d⁻¹)

AR = Amamantamiento restringido (30 min d⁻¹)

DT = Destete temprano (A los siete días)

n = Número de ovejas en cada tratamiento

d DP = Días después del parto

FGA = Acetato de fluorogestona

En las ovejas de los grupos AR y DT probablemente después de la primera ovulación se formó un cuerpo lúteo de vida media corta, razón por la cual las ovejas observadas en estro al día 30 postparto podrían estar en el segundo ciclo estral, ya que la primera ovulación postparto puede presentarse sin signos externos de estro como lo señala (Wise, 1990).

5.2.4.2. Porcentaje de estros después de tratamiento hormonal

El PE después de retirar el FGA fue menor ($P \leq 0.05$) en AC en comparación con AR y DT en las que no se encontró diferencia con valores de 96 y 92 %. La restricción del amamantamiento a 30 min dos veces d⁻¹ mostró que en ovejas Pelibuey el tiempo a la primera ovulación disminuye al menos ocho días, con respecto a AC (Morales *et al.*, 2004). Al promover el reinicio de la actividad reproductiva postparto antes de iniciar el tratamiento, se ocasiona la presencia de cuerpos lúteos al iniciar los tratamientos hormonales, lo que produce una mejor respuesta (Greyling *et al.*, 1997). Estos resultados evidencian el efecto negativo del amamantamiento en la respuesta

reproductiva postparto, ya que en AC se presentó el menor porcentaje de estros. Este resultado es consistente con lo indicado por distintos investigadores (Álvarez *et al.*, 1984; Griffith y Williams, 1996; Morales *et al.*, 2004).

5.2.4.3. Intervalo al estro

El IE después del tratamiento fue menor en AR y DT, los valores obtenidos fueron de 15.7 y 15.2 h sin diferencia entre ellos. Sin embargo las de AC obtuvieron una media de 20.4 h ($P \leq 0.05$) con respecto a AR y DT. Esto posiblemente debido a que estas ovejas presentaron mejor dinámica folicular y por ende mayor concentración de estradiol, que junto con el efecto de eCG dos días antes de retirar el FGA genera mayor sincronización y mejor expresión de estros. Estos resultados son consistentes con lo reportado por (Noel *et al.*, 1994; Greyling *et al.*, 1997; Rangel, 2001).

Cuadro 6. Intervalo al estro en ovejas Pelibuey sincronizadas con hormonas exógenas y con diferente tipo de amamantamiento

Tratamiento	n	Intervalo al estro h (M± EE)
AC	25	20.4± 0.8 ^a
AR	25	15.7± 0.4 ^b
DT	25	15.2± 0.1 ^b

^{a,b} = valores con diferente literal son diferentes ($P < 0.05$).

AC = Amamantamiento continuo (24 h d⁻¹).

AR = Amamantamiento restringido (30 min d⁻¹).

DT = Destete temprano (A los siete días).

n = Número de ovejas en cada tratamiento.

$M \pm EE = \text{Media} \pm \text{Error Estándar}$.

Estos resultados se encuentran dentro del valor indicado en estudios para reducir el intervalo entre partos mediante la aplicación de tratamientos hormonales con progestágenos y eCG dos días antes de retirar las esponjas, donde la mayoría de las ovejas presentan estro en las primeras 32 h después de retirar las esponjas (Rivera *et al.*, 1992; Navarro *et al.*, 1993). Sin embargo, difieren de lo observado por Cognie y Mauleón (1989), quienes mencionan un intervalo de 48 a 72 h para la presentación de estros, después de retirar el tratamiento con FGA y aplicación de eCG al momento de retirar las esponjas. Por lo que, se confirma que aplicar eCG dos días antes de retirar FGA adelanta la presentación de estros (Noel *et al.*, 1994; Rangel, 2001).

5.2.4.4. Tasa de gestación

La TG fue mayor ($P \leq 0.05$) en las AR y DT (72 y 76 %), que las de AC (28%) (Cuadro 7). Estos resultados son superiores a los reportados en estudios realizados en sincronización de estros cuando las ovejas ya tienen establecido su ciclo estral, encontrándose valores de fertilidad de 30 a 50 % con semen congelado (Trejo *et al.*, 1996) y son similares a los reportados por (Robinson *et al.*, 1989 y Wallace, 1992) quienes señalan una fertilidad mayor a 80 %, al realizar sincronización con hormonas exógenas e inseminación intrauterina con semen fresco. Este resultado confirma que el amamantamiento continuo afecta negativamente el desempeño reproductivo postparto (Morales *et al.*, 2004).

Cuadro 7. Tasa de gestación en ovejas Pelibuey sincronizadas con hormonas exógenas y con diferente tipo de amamantamiento

Tratamiento	n	Tasa de gestación
AC	25	28 ^b
AR	25	72 ^a
DT	25	76 ^a

^{a,b} = Valores con diferente literal son diferentes ($P < 0.05$).

AC = Ovejas con amamantamiento continuo (24 h d⁻¹).

AR = Ovejas con amamantamiento restringido (30 min d⁻¹).

DT = Ovejas con destete temprano (A los siete días).

n = Número de ovejas en cada tratamiento.

El destete precoz a los siete días postparto y el amamantamiento restringido a 30 min d⁻¹ ocasionan disminución en el anestro postparto. Varias ovejas de AR y DP se encontraban ciclando antes del tratamiento hormonal, lo que mejora el ambiente uterino debido al efecto de las hormonas del ciclo estral y reestablece el funcionamiento de eje hipotálamo-hipófisis-gónadas (Nett, 1987; Hoffman *et al.*, 1996; Griffith y Williams, 1996). Por lo mismo, los folículos y cuerpos luteos que se generan después de la ovulación son de mayor calidad, lo que se traduce en mayor viabilidad embrionaria y fetal (Noel *et al.*, 1994).

5.2.4.5. Prolificidad

La P fue menor ($P \leq 0.05$) en las AC, con respecto a las AR y DT (Cuadro 8). Debido posiblemente a la mayor calidad de los folículos y los cuerpos lúteos que se formaron después del tratamiento hormonal.

Cuadro 8. Prolificidad en ovejas Pelibuey sincronizadas con hormonas exógenas y con diferente tipo de amamantamiento

Tratamiento	n	Prolificidad
AC	25	1.4 ± 0.1 ^b
AR	25	1.9 ± 0.2 ^a
DT	25	1.9 ± 0.2 ^a

a,b = Valores con diferente literal son diferentes ($P < 0.05$).
AC = Ovejas con amamantamiento continuo (24 h d⁻¹).
AR = Ovejas con amamantamiento restringido (30 min d⁻¹).
DT = Ovejas con destete temprano (A los siete días).
n = Número de ovejas en cada tratamiento.

Estudios recientes indican que el desarrollo del cigoto puede verse influido por la calidad del folículo dentro del cual se desarrolla el gameto materno antes de la ovulación (Crosby *et al.*, 1991). Además, es evidente que los efectos de la nutrición y condición corporal sobre la maduración del ovocito y del desarrollo temprano del embrión son fundamentales para la supervivencia embrionaria y el desarrollo fetal (McEvoy *et al.*, 1997). Las ovejas con DT y AR perdieron menos peso durante la lactancia, mientras que en las AC ocurrió lo contrario, en este grupo se afectó más la condición corporal y esto explica en parte la diferencia observada en esta variable, y coincide con lo descrito por McEvoy *et al.*, (1997); Yavas y Walton, (2000) en estudios realizados en vacas productoras de carne. Es importante señalar que 28 % de DP y AR ya tenían actividad reproductiva antes de iniciar el tratamiento, lo que pudo contribuir a mejorar la viabilidad de los embriones (Ainswort y Shrestha, 1985).

5.2.4.6. Producción de leche de ovejas Pelibuey

La producción media de leche en los primeros 21 d de lactancia fue de 0.92 kg d⁻¹, superior a lo reportado por (Doreste y Ledesma, 1991) en ovejas West African y la craza de Dorset Horn X West African con producción de 0.88 y 0.84 kg de leche d⁻¹ respectivamente. El pico de lactancia se presentó a la tercera semana postparto como se observa en la figura 6, similar a lo reportado por Pavón *et al.* (1987) en un estudio realizado en ovejas Pelibuey.

La producción media durante las ocho semanas de lactancia fue 0.95 kg d^{-1} (Figura 6), esta cantidad es inferior al promedio de producción diario obtenido en razas especializadas en producción de leche como Lacaune 2.1, Conaisana 1.6, Dorset Horn 1.1 kg d^{-1} en lactancia de diez semanas. Sin embargo, la media obtenida en Pelibuey es superior a la Awassi con 0.85 kg d^{-1} , en lactancia de nueve semanas y en sistema de alimentación similar al de esta investigación (Gargouri *et al.*, 1993).

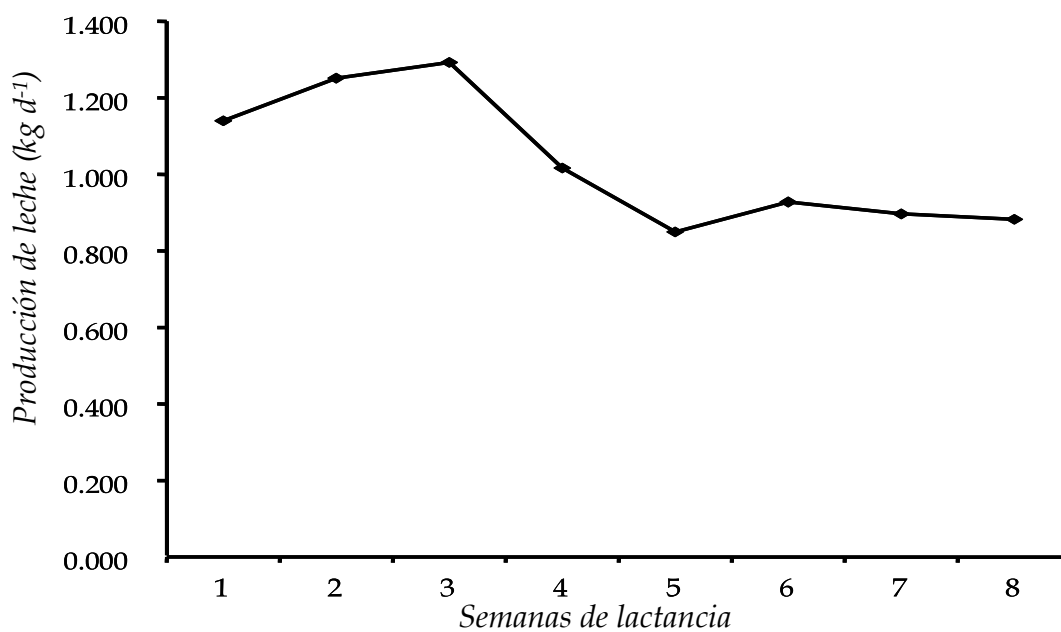


Figura 6. Producción diaria de leche (kg) en ovejas Pelibuey durante ocho semanas de lactancia.

Esta curva de lactancia obtenida en 25 ovejas Pelibuey muestra que la media de producción de leche durante la lactancia es suficiente para que las ovejas puedan criar en buenas condiciones hasta tres corderos, sin afectar su crecimiento (Perón *et al.*, 1995). Aún así, es recomendable ofrecer alimento concentrado iniciador a los corderos con 20 % de PC a partir del día siete de edad, con lo que se logra mejor peso corporal al destete.

5.2.4.7. Cambio de peso de ovejas con diferente tipo de amamantamiento

El peso corporal de las ovejas fue similar al inicio del experimento, con pesos al parto de 37.1 ± 0.9 , 36.4 ± 0.8 y 36.8 ± 0.9 kg para AC, AR y DT respectivamente, como se observa en el cuadro 9. Sin embargo, al analizar los cambios de peso a través de las semanas, esta variable resultó afectada por el tratamiento ($P \leq 0.001$) y por la interacción tratamiento por semana ($P \leq 0.001$).

Cuadro 9. Cambios de peso (kg) de ovejas Pelibuey con diferentes métodos de amamantamiento

T	n	PP	Semanas de lactación								M	E.E
			1	2	3	4	5	6	7	8		
AC	25	37.1 ^a _x	35.5 ^b _x	34.7 ^b _z	33.2 ^c _y	33.2 ^c _y	33.5 ^c _y	32.2 ^d _y	33.5 ^c _y	31.9 ^d _z	33.8 _z	0.8
AR	25	36.4 ^a _x	35.5 ^{a,b} _x	36.4 ^a _x	36.9 ^a _x	36.0 ^a _x	35.5 ^a _x	34.8 ^b _x	33.4 ^c _y	33.5 ^c _y	35.3 _y	0.8
DT	25	36.8 ^a _x	35.7 ^{a,b} _x	35.7 ^{a,b} _y	35.7 ^{a,b} _x	35.2 ^{a,b} _x	35.5 ^{a,b} _x	35.7 ^{a,b} _x	36.0 ^{a,b} _x	36.4 ^{a,b} _x	35.9 _x	0-8

a,b,c,d = Medias con distinta literal en hileras son diferentes ($P < 0.05$).

x,y,z = Medias con distinta literal en columnas son diferentes ($P < 0.05$).

AC = Amamantamiento continuo (24 h d^{-1}).

AR = Amamantamiento restringido (30 min d^{-1}).

DT = Destete temprano (A los siete días).

T = Tratamiento.

n = Número de ovejas por tratamiento.

PP = Peso al parto.

M = Media.

E.E. = Error Estándar.

Las ovejas con AC mostraron mayor pérdida de peso corporal durante todo el periodo de estudio excepto en la primera semana, comparadas con las AR y DT. Este cambio de peso fue más evidente en la segunda semana donde la pérdida fue de 2.4 kg con respecto al peso inicial, mientras que las de AR mantuvieron el peso inicial y las de DT perdieron 1.1 kg. Se observó una tendencia similar hasta la sexta semana de lactancia en donde se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$). En esta semana las ovejas producen mayor cantidad de leche d^{-1} , lo que requiere mayor gasto de energía, proteína y minerales (Pond *et al.*, 1995). Además, la mayor producción de leche demanda mayor movilización de reservas corporales con lo que la condición y el peso corporal disminuyen (Martínez *et al.*, 1998). Existió diferencia ($P \leq 0.05$) en la media de peso de los diferentes tratamientos 33.8 ± 0.8 , 35.3 ± 0.8 y 35.9 ± 0.8 kg para AC, AR y DT respectivamente (Cuadro 9). Las pérdidas de peso con respecto al peso inicial fueron de 3.3 kg para AC, valor diferente ($P \leq 0.05$) con respecto a AR y DT (1.1 y 0.9 kg respectivamente) sin que hubiera diferencia entre estos últimos. Esto posiblemente debido a que las ovejas con AC al ser estimuladas constantemente por sus crías, produjeron mayor cantidad de leche durante la lactancia (Morales *et al.*, 2004). En los tres tratamientos se observó que las mayores pérdidas de peso ocurrieron en la etapa de lactancia inicial (primeros 30 d) en la que las ovejas presentan la mayor producción de leche como se mostró en la curva de lactancia (Figura 6).

5.2.4.8. Cambio de peso de coderos con diferente tipo de amamantamiento

El cambio de peso corporal de los corderos (Cuadro 10) a través de las semanas evaluadas, se afectó por los tratamientos ($P \leq 0.001$) y por la interacción tratamiento por semana ($P \leq 0.001$).

Los CAC y CAR lograron mayores aumentos de peso excepto en la primera semana con respecto a los CDT; esto posiblemente debido al mayor consumo de leche. Las ovejas de AC produjeron mayor cantidad de leche por el estímulo de la descarga completa y frecuente de la glándula mamaria (Rondón *et al.*, 1994) dando como consecuencia el mayor peso de los corderos y disminución de la condición corporal de las ovejas. Sin embargo, en el caso de los CAR y CDT, se ha reportado que al restringir el amamantamiento y al destetar precozmente a los corderos se estimula el consumo de concentrado y forraje, con la ventaja de convertirse en rumiante verdadero en menor tiempo (Coop, 1982; Arroyo, 2001). El desarrollo físico del rumen y la actividad microbiana aumentan gradualmente entre las tres y ocho semanas de edad para ser capaz de degradar los carbohidratos y proteínas de los forrajes con la eficacia de un adulto (Coop, 1982). Esto pudo ocasionar el mejor comportamiento observado en CAR ya que obtuvieron el mayor peso, con una media de 6.7 kg en las ocho semanas evaluadas, diferente ($P \leq 0.05$) respecto de las medias de CAC y CDT (Cuadro 10). Morales *et al.* (2004), reportaron un comportamiento similar al restringir el amamantamiento a 30 min dos veces al día.

El peso medio de los corderos a los 56 días de edad, tanto los CAC y CAR (Cuadro 10), fueron superior a lo indicado por Arroyo (2001) quien encontró pesos de 8.9 ± 0.3 y 8.7 ± 0.4 kg para corderos sometidos a AC y AR con ovejas en pastoreo y

suplementadas con alimento comercial con 15 % de PC, pero son menores a los señalado por Morales *et al.* (2004) quienes observaron valores de 12.6 ± 0.4 y 12.5 ± 0.4 kg para AC y AR respectivamente, en ovejas estabuladas, pero con dos amamantamientos de 30 min d^{-1} , y diferente época del año, lo que en parte explica la diferencia en los resultados. Los corderos con DT inician a menor edad el consumo de concentrado y forraje, lo que ocasionó un comportamiento en cambio de peso similar al observado en AC en todas las semanas evaluadas, por lo que no se encontraron diferencias en el peso a las ocho semanas para corderos con AC y CDT.

Cuadro 10. Cambios de peso (kg) de corderos Pelibuey con diferentes métodos de amamantamiento.

T	n	PN	Semanas después del nacimiento								M	E.E.
			1	2	3	4	5	6	7	8		
AC	25	3.6 ^a _x	4.3 ^b _x	4.7 ^c _x	5.0 ^d _x	6.4 ^e _y	6.8 ^f _y	6.5 ^e _y	7.1 ^g _y	8.9 ^h _{x,y}	5.9 _y	0.07
AR	25	3.7 ^a _x	4.4 ^b _x	5.0 ^c _x	6.4 ^d _x	7.1 ^e _x	7.1 ^e _x	8.0 ^f _x	9.0 ^g _x	9.3 ^g _x	6.7 _x	0.07
DT	25	3.8 ^a _x	4.1 ^b _x	4.1 ^b _y	4.7 ^c _y	5.2 ^d _z	6.4 ^e _x	6.3 ^e _y	6.7 ^f _y	8.6 ^g _y	5.6 _y	0.07

a,b,c,d,e,f,g,h = Medias con distinta literal en hilera son diferentes ($P < 0.05$).

x,y,z = Medias con distinta literal en columnas son diferentes ($P < 0.05$).

AC = Amamantamiento continuo (24 h d^{-1}).

CR = Amamantamiento restringido (30 min d^{-1}).

CT = Destete temprano (A los siete días).

T = Tratamiento.

n = Número de cordero por tratamiento.

PN = Peso al nacer.

M = Media.

E.E. = Error Estándar.

Las diferencias observadas en los pesos de los corderos de ovejas con diferente método de amamantamiento puede explicarse porque las ovejas en corral emplean menos energía del alimento en desplazarse y destinan mayor cantidad de la misma

para producir leche, esto se ve reflejado en el mayor peso corporal de los corderos. Otro factor que puede influir en el comportamiento pre-destete de los corderos es la nutrición de la hembra durante el último tercio de la gestación.

5.2.4.9. Mortalidad en corderos con diferente amamantamiento

En el cuadro 11 se observa que la mortalidad de los corderos con AC y CAR fue de 8 %, mientras que en los de DT fue de 12 %, no hubo diferencias ($P>0.05$) en los resultados de los tres tratamientos, esto indica que el AR y DP no aumenta la mortalidad de los corderos y confirma lo indicado por Morales *et al.* (2004); Arroyo (2001), quienes en estudios de AR encontraron mortalidades de 7.5 %. La mortalidad en CDT fue de 12 % y no se consideran elevada ya que varios investigadores indican que en corderos Pelibuey la mortalidad predestete varía de 6 a 11.5 % (Rivera *et al.*, 1992). Sin embargo, es necesario comentar que cuando se realiza DT, se debe garantizar instalaciones, alimentación y manejo adecuados en los animales, para evitar que la mortalidad aumente. La media general obtenida se encuentra dentro de los valores normales de mortalidad.

Cuadro 11. Mortalidad predestete de corderos Pelibuey con diferente tipo de amamantamiento.

Mortalidad			
Tratamiento	n	número	Porcentaje
AC	25	2	8.0
AR	25	2	8.0
DP	25	3	12.0

n = Corderos por tratamiento.

AC = Amamantamiento continuo (24 h d^{-1}).

AR = Amamantamiento restringido (30 min d^{-1}).

DT = Destete temprano (A los siete días).

M = Media.

5.2.5. Conclusiones

La restricción del amamantamiento a 30 min d⁻¹, y el destete temprano a los siete días postparto, mejoran significativamente el porcentaje de estros, intervalo al estro y la fertilidad de ovejas Pelibuey en respuesta a tratamiento con hormonas exógenas sin afectar negativamente la ganancia de diaria peso y la mortalidad de los corderos. Las ovejas con amamantamiento restringido y destete precoz pierden menos peso que las ovejas con amamantamiento continuo. La mejor eficiencia reproductiva postparto en ovejas Pelibuey se obtiene con la sinergia del manejo del amamantamiento y la aplicación de hormonas exógenas principalmente con la combinación de FGA y eCG.

Estudios previos han demostrado la eficiencia de los progestágenos para inducir el estro en ovejas durante la época de anestro estacional (Crosby *et al.*, 1991), durante el anestro postparto (Kesiler 1992) y en la sincronización en época reproductiva (González-Bulnes *et al.*, 1999). Los resultados mejoran considerablemente si además se aplica eCG después del progestágeno (Duane 1992). Los resultados de sincronización y fertilidad puede ser mayores a 85 % (Greyling *et al.*, 1988; Crosby, 1991; Mancilla, 1993). También se sabe que son varios los factores que pueden afectar su efectividad, como el tipo de progestágeno, la dosis, la vía de administración, la época del año, la condición corporal, la nutrición y el amamantamiento (Cross *et al.*, 1987). Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el amamantamiento afecta el

desempeño reproductivo postparto ya que las características analizadas fueron superiores en las ovejas SA comparadas con AC, después de haber recibido similares tratamientos hormonales. El porcentaje de estros observados fue mayor en ovejas SA en los cuatro tratamientos (Cuadro 1) con respecto a las de AC. En general los tratamientos que incluyeron FGA presentaron mejores resultados dentro de grupo de ovejas (Cuadro 1), esto confirma que los progestágenos puede disminuir el efecto negativo de los opioides y la sensibilidad del hipotálamo al estradiol como lo señalan Smart *et al.*, (1994). Estos resultados son inferiores a los reportados previamente (Gordón 1997). Sin embargo, es necesario señalar que la mayoría de los estudios se han realizado en ovejas que no se encontraban amamantando (Crosby, 1991). En el Cuadro 5 del segundo experimento se observa que no existió diferencia ($P>0.05$) en porcentaje de estros entre DT y AR con valores de 96 y 92 %, similar a lo reportados por Greyling *et al.* (1988); Crosby (1991); Mancilla, (1993) y superior ($P<0.05$) a los obtenidos en AC con 52 % de estros en respuesta al mismo tratamiento hormonal, aplicado a los 30 días postparto, lo que sugiere que el amamantamiento afecta significativamente la respuesta reproductiva en el postparto de la oveja Pelibuey.

El IE mejoró significativamente en aquellos tratamientos que incluyeron FGA y eCG (cuadros 2 y 6), incluso son menores a las 36 h que señalan Avila *et al.* (1997), esto posiblemente se debió a que en todos los tratamientos que incluyeron eCG, esta se aplicó dos días antes de retirar el FGA, con lo que las horas al estro disminuyen, como lo indican (Noel *et al.*, 1994; Rangel, 2001). Además, se observó que el estro se

presentó de manera más agrupada y en menor tiempo ($P \leq 0.05$) en ovejas SA y AR con respecto a las de AC.

El porcentaje de estros en ovejas antes de los 30 d postparto se incrementa ($P \leq 0.05$) con el DT y AR (Cuadro 5), con lo que el funcionamiento del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas se reestablece y la respuesta a la inducción y sincronización de estros es mejor (Nett, 1987). Por otro lado, se mejora la calidad de los folículos y el ambiente uterino es más favorable para la implantación y viabilidad del embrión (Noel *et al.*, 1994). De manera similar a lo anterior, la tasa de gestación fue superior en AR y DT ($P \leq 0.05$) con respecto a las de AC, como se observa en el Cuadro 7. Lo anteriormente descrito, tiene relación también con la prolificidad, ya que se mejora la calidad de los folículos y de los cuerpos lúteos. La viabilidad embrionaria también se favorece, ya que fue en las de AR y DT en la que se observó mayor ($P \leq 0.05$) prolificidad (Cuadro 8) y coincide con lo descrito por (Folch *et al.*, 1990; Rangel *et al.*, 1997). Sin embargo, se observó que durante la época reproductiva eCG no generó resultados diferentes en prolificidad con dosis de 300 UI aplicadas dos días antes de retirar el progestágeno.

La estimación de la producción diaria de leche en 25 ovejas Pelibuey reveló que el pico de producción se presenta entre la segunda y tercera semana de lactancia como lo señalan Gargouri *et al.*, (1993). La producción promedio durante ocho semanas fue de 0.95 kg d^{-1} , cantidad suficiente para que las ovejas puedan criar hasta tres corderos sin dificultad (Perón *et al.*, 1991). Actualmente con los protocolos de inducción y sincronización de estros, la prolificidad se incrementa a más de 2.2 (Rangel *et al.*, 1997) en caso de que la prolificidad sea mayor a tres la mortalidad en corderos puede

aumentar, debido al bajo peso de éstos al nacer y no por la incapacidad de las ovejas para alimentarlos. La producción de leche en ovejas Pelibuey es aceptable, cuando la alimentación y sanidad son adecuadas (Pavón *et al.*, 1987).

La pérdida de peso fue mayor en AC con respecto a DT y AR (Cuadro 9), debido posiblemente a mayor remoción de reservas corporales para producción de leche, ya que el vaciado constante de la glándula mamaria en AC estimula la producción de leche, con la subsiguiente pérdida de peso y condición corporal como lo señalan (Martínez *et al.*, 1998). La menor pérdida de condición corporal en DT y AR puede explicar parcialmente el mejor desempeño reproductivo postparto con respecto a AC, ya que la primera ovulación postparto se presenta anticipadamente en DT y AR como lo señalan Morales *et al.*, (2004). El cambio de peso semanal en los corderos mostró que el DT y AR presentaron mejores pesos corporales que los de AC (Cuadro 10), posiblemente debido a que en los corderos con DT y AR al consumir menor cantidad de leche d^{-1} , inician antes a consumir concentrado y forraje con lo que, se mejora también la ganancia diaria de peso, en comparación con los de AC que dependen exclusivamente de la leche de sus madres. La mortalidad en DT y AR no fue diferente debido a que en éstos últimos la alimentación, manejo y sanidad se mejoran.

Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que el destete y el amamantamiento restringido, mejoran el desempeño reproductivo postparto en ovejas Pelibuey en respuesta a diferentes métodos de inducción y sincronización de estro. La aplicación de FGA mediante esponja intravaginal durante 12 d y eCG el día 10 del tratamiento, disminuye el efecto negativo del amamantamiento en el retorno a la actividad ovárica, con lo que se logra gestar nuevamente a las ovejas a los 40 d postparto.

En ovejas con AC la presentación de estros es considerablemente menor en los primeros 30 días postparto con respecto a DT y AR, evidenciando que la presencia

constante del cordero favorece el establecimiento del anestro postparto. Se requiere realizar estudios para determinar el momento en el que se establece el sistema de opioides endógenos y por cuanto tiempo permanece y determinar si el sistema dopaminérgico también influye, cuando se establece y cuanto dura su efecto negativo, esto daría la pauta para establecer un sistema de manejo del amamantamiento que mejore la actividad reproductiva postparto, aumentar la productividad del rebaño, sin aumentar los costos.

Restringir el amamantamiento a 30 min d^{-1} , es una alternativa adecuada para mejorar la actividad reproductiva postparto y mejorar la respuesta a la aplicación de hormonas exógenas, con esto se disminuye el manejo en relación a cuando el amamantamiento se realiza dos o más veces al día, además, la ganancia diaria de peso de los corderos mejora significativamente ($P \leq 0.05$). Se recomienda su implementación, pero es necesario ofrecer concentrado iniciador a partir del día siete de edad. Con el destete temprano los resultados son similares. Sin embargo, requiere mayor manejo ocasionado por la crianza artificial de los corderos. Se recomienda que antes de implementarlo, se garantice instalaciones, alimentación y manejo adecuado, para evitar, que la mortalidad incremente.

- Ainswort L. and Shrestha, J. N. B., 1985. Effect of PMSG dosage on the reproductive performance of adult ewes and ewe lambs breed at a progestagen -PMSG synchronized estrus. *Therigenology*. 24: 479 - 487.
- Álvarez, A. G., Valencia Z. M. y Rodríguez R. O. L., 1984. Manejo de la lactación para reducir el intervalo parto-primer celo en borregas Pelibuey. *Memorias del X Congreso Nacional Buiatria*. Acapulco, Gro. Agosto. 247 pp.
- Anta E. R., Galina C., Porras A. y Zarco L. 1989. Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. II. Parámetros reproductivos. *Rev. Vet. Méx.* 20: 11 - 18.
- Arije, G. E. Wiltbank, J. N. y Hopwood, M. L. 1974. Hormone levels in pre-and post-parturient beef cows. *J. Anim. Sci.* 39: 338 - 351.
- Arroyo, L. J. 2001. Amamantamiento y su efecto en el restablecimiento de la actividad ovárica posparto en ovejas Pelibuey. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo Edo. De México. 43 pp.
- Arteaga, C. J. de D. 2000. Estado actual y comercialización de ovinos de pelo en México. Primera jornada Técnica de Ovinocultura, Asoc. Ganad. Local de Ovinocultores de la Zona Centro de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamps. 73 - 81 pp.

- Ávila, O. J. G. 1997. Efecto de dosis de PMSG en la sincronización de celos en ovejas criollas. Memoria. IX congreso Nacional de Producción Ovina. Qro, Qro. 88-90 pp.
- Browning, R., Robert B. S., Lewis A. W., Neuendorff D. A. and Randel R. D. 1994. Effects of postpartum nutrition and once-daily suckling on reproductive efficiency and preweaning calf performance in fall-calving Brahman (*Bos indicus*) cows. *Journal of Animal Science*. 72: (4) 84 - 989.
- Buckrell, B. C., Buschbeck, C., Gartley, C. J., Kroetsch, T., McCutcheon, W., Martin, J., Penner, W. K. and Waltson, J. S. 1994. Further development of a transcervical technique for artificial insemination in sheep using previously frozen semen. *Theriogenology*. 42: 601 - 611.
- Cermak, D. L., Bramen T., Manns J., Niswender G. D. and Neet T. M. 1983. Contents of hypothalamic GnRH, pituitary FSH and LH, and pituitary receptors for GnRH and estradiol in postpartum suckled beef cows. *Proc. West Sect. Amer. Soc. Anim. Sci.* 34: 215 - 218.
- Cognie, Y. y Mauleon P. 1989. Control de la reproducción en la oveja. *Producción Ovina*. Ed. AGT editor. México. 397 - 408 pp.
- Comline, R. S., Hall, L.W., Lavelle, B.B., Nathanielsz, R. and Silver, M. 1974. Parturition in the cow: evidence changes in animals with chronically implanted catheters in foetal and maternal circulation. *J. Endocrinol.* 63: 451 - 463.
- Connor, H. C., Houghton P. L., Lemenager P. V., Parfet J. R. and Moss G. E. 1990. Effect of dietary energy, body condition and calf removal on pituitary gonadotropins, gonadotropin-releasing hormone and hypothalamic opioids in beef cows. *Domest. Anim. Endocrinol.* 7: 4
- Coop, I. E. 1982. *Sheep and Goat Production*. Elsevier Ser. Pub. Company. Netherlands. 492 p.
- Crosby, T. F.; Boland, M. P. and Gordon I. 1991. Effect of progestagen treatments on the incidence of oestrus and pregnancy rates in ewes. *Anim. Rep. Sci.* 24: 109 - 118 (Abstract).
- Cruz, D. G., Castañeda, M. G. y Rocha, C. G. 1990. Efectos de la sincronización de estros con esponjas impregnados de acetato de fluorogestona sobre la fertilidad y prolificidad en ovejas Pelibuey en condiciones de semiestabulación. Memoria: III Congreso Nacional de Producción Ovina. Universidad Autónoma de Tlaxcala. México. 170 - 172 pp.
- Cruz, L. C. 1994. Variaciones estacionales en presentación de ovulación, Fertilización y sobrevivencia embrionaria de ovejas Tabasco en el Trópico húmedo. *Rev. Vet., Méx.* 24: 43 - 59.
- Custhaw, J. L., J. F. Hunter and Willians G. L. 1992. Effects of transcutaneous thermal and electrical stimulation of the teat on pituitary luteinizing hormone, prolactin and oxytocin secretion in ovariectomized, estradiol-treated beef cows following acute weaning. *Theriogenology* 37: 915 - 934.
- Doreste, M. y Ledesma Y. 1991. Estudio de la Producción, composición de la leche y quesos de ovejas mestizas Dorset Horn en condiciones intensivas. Trabajo de Grado UCV, Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela, 154 pp.

- Duane, H. K. 1992. Manipulación hormonal de la reproducción en ovejas. En: Memorias del Seminario Internacional: Avances Recientes en la Producción Ovina. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. pp. 73-88.
- Edqvist, L. E., Ekman, L. Gustafsson, B. And Johansson, E.D. 1973. Peripheral plasma levels of oestrogens and progesterone during late bovine pregnancy. *Acta Endocrinol.* 72: 81 - 88.
- Ellicot, A. R., D. Gimenez, D. M. Henricks and Kiser T. E. 1979. Influence of suckling on cortisol levels in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 49 (Suppl. 1): 295.
- Folch, J., Montjoie, Y., Alabart, J. L. and Terqui M. 1990. Effects of passive immunization against testosterone in "Rasa Aragonesa" ewes. *Prod. y Sanidad Animales.* 5: 25 - 31 (Abstract).
- Gallegos, S. J., Herrera, C. A. y Tejeda, S, O. 2005. Manejo del anestro postparto en vacas de doble proposito. "IV Curso Internacional de Reproducción en Rumiantes" 16, 17, 18 de agosto. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 131 - 150 pp.
- Gallegos-Sánchez, J., Pérez H. P. y Albarran de la Llave A. 1999. Neuroendocrinología del ciclo reproductivo de la oveja. Memorias I Curso Internacional. Fisiología de la reproducción en Rumiantes. Colegio de Postgraduados. Montecillo Edo. de México. pp. 1-26.
- Gallegos-Sánchez, J. 1997. Identification du site d'action central de l'oestradiol impliqué dans l'inhibition de la pulsativité de LH pendant les jour longs chez la Brebis; Corrélat Neurochimiques. Tesis Doctoral. l'Université Paris VI. 87 pp.
- García, E., 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koéppen. Ed. E. García. México. 194 pp.
- Gargouri, A. X., Such G., Caja R., Casals A., Ferret H., Vergara S. and Peris, S. 1993. Estrategias de cría - ordeño en ovino lechero: 1. Efecto del tipo de cría (libre o restringida) y número de ordeños diarios (2 ó 3) sobre la producción de leche de ovejas de raza Manchega. ITEA, Vol. Extra N° 12- Tomo I. 30-32 pp.
- González de Bulnes, A., Santiago Moreno, J. y López Sebastián, A. 1999. Ecografía aplicada al control de la reproducción en ovino y caprino. *Ovis.* Marzo. 61: 13-19.
- González R. A., M. J. Valencia, W. C. Foote, and Murphy, B. D. 1991. Hair sheep in Mexico: reproduction in the Pelibuey sheep *Animal Breeding Abstracts* 59: 509 - 52.
- Goodmann R. L. and Karsch F. J. 1980. Pulsatile secretion of luteinizing hormone differential supression by ovarian steroids. *Endocrinology.* 107 (5): 1286.
- Gordon, I. 1997. *Reproduction in Sheep and Gotas.* Cabb International. p. 450.
- Gordon, K., M. B. Renfree, R. E. Short and Clarke, I.J. 1987. Hypothalamo-pituitary portal blood concentrations of β -endorphin during suckling in the ewe. *J. Reprod. Fert.* 79: 397 - 406.
- Gregg, D.W., G. E. Moos, R. E. Hudgens, and P.V. Malven. 1986. Endogenous opioid modulation of luteinizing hormone and prolactin secretion in postpartum ewes and cows. *J. Anim. Sci.* 63: 838 - 846.

- Greyling, J. P. C., Erasmus, J. A., Taylor, G. J. and Merwe, S. V. 1997. Synchronization of estrus in sheep using progestagen and inseminating with chilled semen during the breeding season. *Small Rumin. Res.* 26: 137 - 143.
- Greyling, J. P. C., Greef, C.J., Brink J.C. and Wyma, A. 1988. Synchronization of oestrus in sheep of low-normal mass under range conditions: the use of different progestagens and PMSG. *South Africa Tydskr. Veek*, 18:164-167.
- Griffith, M.K. and Williams, G.L. 1996. Roles of maternal vision and olfaction in suckling-mediated inhibition of luteinizing hormone secretion, expression of maternal selectivity, and lactational performance in beef cows. *Biology of Reproduction* 54: 761 - 768.
- Hernández, C.J., Valencia M.J. y Zarco Q.L., 2001. Luteal regression and presentation of estrus in ewes after two injections of PGF 2α applied eight days apart. *Técnica Pecuaria México*. 39 (1) 53 - 58.
- Hoffman, D.P., Stevenson, J.S. and Minton J.E. 1996. Restricting calf presence without suckling compared with weaning prolongs postpartum anovulation in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 74: 190 - 198.
- Hoffman, G.E., Fitzsimmons, M.D. and Watson, R.E. 1989. Relationship of endogenous opioid peptide axons and GnRH neurones in the rat. In *Brain opioid systems in reproduction*. Eds R.G. Dyer, R.J. Bicknell. 124-134.
- Honaramooz A., Chandolia R. K., Beard A. P. and Rawlings N. C. 2000. Opioidergic, dopaminergic and adrenergic regulation of LH secretion in prepubertal heifers. *J. Reprod. Fert.* 119 (2): 207.
- Kalra, S.P. 1983. Opioid peptides-inhibitory neuronal system in regulation of gonadotrophin secretion. In : *Role of peptides and proteins in control of reproduction*. Eds McCann, S.M., Dhindsa, D.S., Elsevier. 63-87 pp.
- Keisler, D. H. 1992. Manipulación de la reproducción en ovejas. Memoria. Seminario Internacional. Avances recientes en la producción ovina. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 73-89 pp.
- King, J.C., Tobet, S.A., Snavely F.L., and Arimura, A.A. 1982. LHRH immunopositive cells and their projections to the median eminence and organum vasculosum of the lamina terminalis. *J. Com. Neur.* 209: 287 - 300. Abst.
- Knight, P.G., Howles, C.M. and Cunnigham, F.J. 1986. Evidence that opioid peptides and dopamine participate in the suckling induced release of prolactin in the ewe. *Neuroendocr.*, 14: 29 - 35.
- Laedem, C.A. and Kalra, S.P. 1985. Effects of endogenous opioid peptides and opiates on LH and prolactin secretion. *Neuroendocrinology*. 41: 342 -352.
- Lamb G. C., Miller B. L., Lynch J. M., Thompson K. E., Heldt J. S., Loest C. A., Grieger D. M. and Stevenson J. S. 1999. Twice daily suckling but not milking with calf presence prolongs postpartum anovulation. *J. Anim. Sci.*, 77: 2207 - 2218.
- Lamming, G.E., Walters, D.C. and Peters, A.R. 1981. Endocrine patterns of the postpartum cow. *J. Reprod. Fert. (Suppl. 30)*: 155 - 169.

- Lindell, J.O., Kindahl, H., Jansson, L. and Edqvist, L.E. 1982. Postpartum release of prostaglandin F₂ an uterine involution in the cow. *Theriogenology* 17: 237 - 245.
- López-Sebastián A. 2001. Manejo reproductivo en pequeños rumiantes. Memoria II Curso Internacional de Fisiología de la Reproducción en Rumiantes Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México, 18 a 21 de septiembre. 4 - 21 pp.
- Malven, P.V. 1984. Pathophysiology of the puerperium: definition of the problem. Proc. 10th Int. Congr. Anim. Reprod. Vol. IV (III) Urbana- Champaign, IL. 1 - 15.
- Mancilla, D. 1993. Eficiencia reproductiva tres meses postparto en dos épocas de parición. In: Memorias del IV congreso Nacional de Producción Ovina. San Luis Potosí, México. 123-125 pp.
- Martínez H. P. A. 1998. Manejo alimenticio de la oveja de cría. In: Memorias de las Bases de la Cría Ovina IV, Asociación Mexicana de Técnicos. Especialistas en Ovinocultura, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México. 29 - 38 pp.
- Martínez, R. R. D., 1999. Patrones reproductivos de la oveja Pelibuey en el trópico Mexicano. *Agrociencia*. 33: 75 - 80.
- Maxwell, W. M. C. and D. R. Barnes. 1986. Induction of oestrus in ewes using a controlled internal drug release device and PMMSG. *J. of Agric. Sci.* 106: 201 - 203 pp.
- McEvoy T. G., Sinclair K. D., Staines M. E., Robinson J. J., Armstrong D. G. and Webb R. 1997. In vitro blastocyst production in relation to energy and protein intake prior to oocyte collection. *J. Reprod. Fert. Abstr. Ser.*
- Moberg, G.P. 1991. How behavioral stress disrupts the endocrine control of reproduction in domestic animals. *J. Dairy Sci.* 74: 304 - 317.
- Morales T. G., Pro M. A., Figueroa S. B., Sánchez del R. C. y Gallegos S. J. 2004. Amamantamiento continuo o restringido y su relación con la duración del anestro postparto en ovejas Pelibuey: *Agrociencia* 38: 165 - 171.
- Murphy, M.G. Boland, M.P. and Roche, J.F. 1990. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef cows. *J. Reprod. Fert.* 90: 533 - 542.
- Navarro M. Ma. C., Trejo G. A., Franco D. F. J. y Ramírez R. E. H. 1993. Estudio comparativo en la inducción del estro en un rebaño ovino a los 60 días postparto con destete y a los 90 días postparto sin destete mediante el uso de esponjas vaginales con FGA e inyección de MAP. Memorias del 6^o Congreso Nacional de Producción Ovina. Cd. Valles, S. L. P. México. 115 - 118 pp.
- Nett T. M., Cermak D., Broden T., Manns J. and Niswender G. 1988. Pituitary receptors for GnRH and estradiol, and content of gonadotropins in beef cows. II. Changes during the postpartum period. *Domestic Anim. Endocrinol.* 5: 81.
- Nett, T.M. 1987. Function of the hypothalamic-hypophyseal axis during the postpartum period in ewes and cows. *J. Reprod. Fert. (Suppl. 34)* 201 -220.
- Newton, G. R., Schillo, K K. and Edgerton, L. A. 1988. Effects of weaning and naloxone on luteinizing hormone secretion in postpartum ewes. *Biology of Reproduction.* 39: 532 - 535.

- Noel, B., Bister, J. L., Pierquin, B. and Paquay, R., 1994. Effects of FGA and PMSG on follicular growth and LH secretion in Suffolk ewes. *Theriogenology* 41: 719-727.
- Pavón M., Fuentes, J., Lima, T. Albuernes, R., Efremov A. y Perón, N. 1987. Estudio de la producción de leche de la oveja Pelibuey, Pelibuey x Suffolk y Pelibuey x Corriedale y el crecimiento del nacimiento al destete de sus corderos. *Rev. Cub. de Rep. Animal*, 13(1): 39 - 53.
- Peréz, H. P., García Winder M. y Gallegos-Sánchez J. 2002. Postpartum anoestrus is reduced by increasing the within-day milking to suckling interval in dual purpose cows. *Anim. Reprod. Sci.* 73: 159 - 168.
- Pérez-Hernández, P., Lamothe, C., López-Sebastian A. y Gallegos Sánchez, J. 2001. Desarrollo folicular postparto de vacas de doble propósito sometidas a tres modalidades de amamantamiento. II Congreso Internacional de Ganado de Doble Propósito en la Reunión de ALPA, Cuba. 246 -251.
- Perón, N. 1995. Influencia de los factores reproductivos en la producción de corderos de pelo en la región del Caribe y Centro América. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 29: 263 - 275.
- Peters, A.R. 1989. Efecto of prostaglandin F2 on hormone concentrations in dairy cows after parturition. *Vet. Rec.* 124 - 127.
- Peters, A.R., Lamming, G.E., Fisher. M.W. 1981. A comparison of plasma LH concentrations in milked and suckling post-partum cows. *J. Reprod. Fert.* 62: 567 - 573.
- Pond W. G., Church D. C. and Pond R. R. 1995. Basic animal nutrition feeding. 4 ta. John Wiley and Sons. USA. 415 - 443 pp.
- Randel R. D. 1981. Effect of once-daily suckling on postpartum interval and cow-calf performance of first-calf Brahman x Hereford heifers. *J. Anim. Sci.* 53: 755 - 757.
- Rangel Santos Raymundo. 2001. Experiencias en inseminación artificial y transferencia de embriones en ovinos en México. 2º curso internacional de fisiología de la reproducción en rumiantes, del 18 al 21 de Septiembre. Colegio de posgraduados, Montecillo, Edo. México. 23 -46 pp.
- Rangel, S. R., Echegaray, T.J.L., Santos, L.R., Apodaca, S.C. y Ayala. O.I. 1997. Efecto de la administración de PMSG en ovejas Pelibuey sincronizadas. IX congreso Nacional de Producción ovina. Qro. Qro. México. 84 - 87 pp.
- Rivera R. E, Navarro M. Ma. C., Trejo G. A., Flores M. L. M., Ramírez B. E. y Cuadra S. C. 1992. Efectos de dos edades de destete a los 60 y 90 días sobre la fertilidad y prolificidad posparto en ovejas criollas encastadas de cara negra después de la inducción del estro con ovulación aplicando PMSG el día del destete e inseminando a tiempo fijo con semen fresco. Memorias del 5º Congreso Nacional de Producción Ovina. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León. México. 202 - 205 pp.
- Robinson, J. J., Jacqueline, M. W. and Aitken, R. P. 1989. Fertilization and ovum recovery in superovulated ewes following cervical insemination or laparoscopic intrauterine insemination at different times after progestagen withdrawal and in one or both uterine horns. *J. Reprod. Fert.*, 87: 771 - 782.

- Robinson, T. J., Moore, N. W., Holst, P. J. and Smith, J. F. 1967. The evaluation of several progestogens administered in intravaginal sponges for the synchronization of oestrus in the entire cyclic Merino ewe. In: T. J. Robinson (ed.). Control of ovarian cycle in the sheep. White and Bull PTY Ltd., Sydney, 76-91.
- Rondón Z., G. Yépez, N. Navarro, J. de Combellas y C. Arvelo. 1994. Resultados preliminares de la evaluación del potencial de producción de leche en ovejas West African sometidas a ordeño. *En: S.E.O.C. (Eds). Producción Ovina y Caprina, Serie Estudios N° 14. 427-432 pp.*
- SAS, 2004. JMP. Statistic visual. Version 8.1. Institute Inc. Campus Drive. Cary. NC 27517.
- Schallenberger E. and Peterson A. J. 1982. Effect of ovariectomy on tonic gonadotropin secretion in cyclic and post-partum dairy cows. *J. Reprod. Fertil. 64: 47 - 52.*
- Schirar, A., Cognie Y., Louault, F., Poulin, N., Levasseur M.C. and Martinet, J. 1989. Resumption of oestrous behaviour and cyclic ovarian activity in suckling and non-suckling ewes. *Journal Reproduction and Fertility. 87: 789 - 794.*
- Short, R.E., Bellows, R.A., Staigmiller, R.B., Berardinelli, J.G. and Custer, E.E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci. 68: 799 - 816.*
- Smart, D., Singh, I., Smith, R.F. and Dobson H. 1994. Opioids and suckling in relation to inhibition of oestradiol-induced LH secretion in postpartum ewes. *Journal of Reproduction and Fertility. 101: 115 - 119.*
- Stagg K., Spicer L. J., Sreenan J. M., Roche J. F. and Diskin M. G. 1998. Effect of calf isolation on follicular wave dynamics, gonadotropin and metabolic hormone changes, and interval to first ovulation in beef cows fed either of two levels postpartum. *Biol. Reprod., 59: 777 - 783.*
- Steffan, J., Chaffaux, S. and Bost, F. 1990. Roles des prostaglandines au cours du post-partum chez la vache. *Perspectives thérapeutiques. Rec. Med. Vet. 166: 13 - 18.*
- Trejo, G, A., y Pérez R. y C. Dueñas S. 1996. Manipulación de la reproducción ovina. *En: Memorias Bases de la cría ovina. AMTEO, Querétaro, QRO. 115-142 pp.*
- Velez, 1991. Endogenous release of prostaglandin F2 during postpartum period and its relationship with resumption of ovarian activity in mature Brahman cows. M.S. Thesis. Texas A&M Univ., College Station, TX.
- Viker S.D., Mc Guire W.J., Wright, J.M., Beeman, K.B. and Kiracofe, G.H. 1989. Cow-calf association delays postpartum ovulation in mastectomized cows. *Theriogenology 32: 467 - 474.*
- Villagodoy A. y Villagómez A. 2000. Influencia de la dieta y el amamantamiento en el balance energético, la condición corporal, la producción Láctea, el metabolismo y el desempeño reproductivo en vacas de doble propósito. *I Curso Internacional de reproducción Bovina, UNAM, México. 167 - 215.*

- Villeneuve, P., Dufour, J.J. and Guibault, L.A. 1988. Influence of infusion of prostaglandin F₂ and weaning on surface and histologic populations of ovarian follicles in early postpartum beef cows. *J. anim. Sci.* 66:3174-3184.
- Wallace, M. J. 1992. Artificial insemination and embryo transfer. In: *Research Techniques in Sheep and Goats*. Edited by A. W. Sheedy. CAB international, UK. 1 - 24 pp.
- Walters, S. K., Smith, D. H. Godfrey, B and Seamark, R. F. 1989. Time of ovulation en the south Australian Merino ewe following synchronization of oestrus. *Theriogenology*, 3: 3 - 5.
- Webb R., Lamming G. E., Haynes N. B., Hafs H. D. and Manns J. G. 1977. Response of cyclic and postpartum suckled cows to injections of synthetic LH - RH. *J. Reprod. Fertil.* 50: 203 - 210.
- Wettemann R. P., Turman E. J., Wyatt R. D. and Totusek R. 1978. Influence of suckling intensity on reproductive performance of range cows. *J. Anim. Sci.* 47: 342 - 346.
- Whisnant, C.S., Kiser, R.E., Thompson, F.N. and Barb, C.R. 1986. Naloxone infusion increases pulsatile luteinizing hormone release in postpartum beef cows. *Domest. Anim. Endocrin.* 3: 49 - 54.
- Williams G. L., Gazal O. S., Guzman-Vega G. A. and Stanko R. L. 1996. Mechanism regulating suckling mediated anovulation in the cow. *Anim. Reprod. Sci.* 42: 289 - 297.
- Williams, A. H. 1984. *Reproduction in Sheep*. por Lyndsay, D. R. Y Pearce, D. T. (Eds). Australian Academy of Science. 272 - 273 pp.
- Williams, G. L. and Griffith M. K. 1995. Sensory and behavioral control of suckling-mediated anovulation in cows. In: C. D. Nancarrow and R. J. Scaramuzzi, (eds.), *Reproduction in Domestic Ruminants III*, *J. Reprod. Fert. Suppl.* 49: 463 - 475.
- Williams, G.L. 2002. Management of postpartum reproduction in the suckled beef cow. "IX Curso Internacional de Reproducción Bovina" UNAM. México, D. F. 22 al 24 de mayo. 1 - 10 pp.
- Wise, M.E. 1990. Gonadotropin releasing hormone secretion during the postpartum anoestrus period of the ewe. *Biology Reproduction.* 43: 719 - 725.
- Witkin, J., Paden, C. and Silverman, A. 1982. The luteinizing hormone-releasing hormone (LHRH) systems in the rat brain. *Neuroendocrinology.* 35: 429 - 438.
- Yavas, Y. and Walton J. S. 2000. Induction of ovulation in postpartum suckled beef cows. *Theriogenology.* 54: 1 - 23.
- Zaiem, I., Tainturier, D., Chemli, J. and Soltani, M. 1996. Vaginal Sponges and different PMSG doses to improve the performance of black thibar ewes in the nonbreeding season. *Revue de Medecine Veterinaire.* 147: 305 - 310 (Abstract).
- Zalesky, D.D., Forrest, D.W., McArthur, N.H., Wilson, J.M., Morris D. L. and Harms, P.G. 1990. Suckling inhibits release of luteinizing hormone releasing hormone from the bovine median eminence following ovariectomy. *Journal of Animal Science.* 68: 444 - 448.
- Zawadoswsky, M.M., Eskin, I.A. and Ovsjannikov, G.F. 1935. The regulation of the sexual cycle in cows. *Trudy-Din.Razv* 9: 75 - 81.