

01673



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PROGRAMA DE MAESTRIA EN PRODUCCION ANIMAL

CARACTERIZACION NUTRICIONAL DE ENSILADOS
DE EXCRETAS PORCINAS CON PLANTA DE MAIZ
COMPLETA Y BIOTRANSFORMACION DE AFLATOXINA B1

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN PRODUCCION
ANIMAL: NUTRICION
PRESENTADA POR:
JOSE ANTONIO SANTIBAÑEZ MURILLO

TUTORES:

FRANCISCO CASTREJON PINEDA

RENE ROSILES MARTINEZ

RAUL ULLOA ARVIZU



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

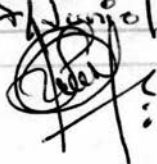
DEDICATORIAS

A MIS AMORES:

María (q.e.p.d.)

Por haberme enseñado que la libertad de un hombre radica en la educación y tus ejemplos de honestidad, trabajo y dedicación son la mejor herencia para ser diferente en el devenir cotidiano.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: José Antonio
Santibañez Murillo
FECHA: 17 de junio 04
FIRMA: 

Francisca

Tú eres el paso en mi arboleda que me ha indicado cual es el camino correcto para seguir luchando juntos y el pilar que me sostiene para seguir construyendo un futuro diferente y mejor para nuestros hijos.

Jonathan Vicente, Sharaziri y Paolo Antonio

Este esfuerzo esta dedicado con el más inmenso amor para Uds., que son junto con su madre lo que más quiero en esta vida.

AGRADECIMIENTOS

Francisco Castrejón Pineda

Gracias por el apoyo recibido y por su paciencia al haberme tolerado durante estos años.

Raúl Ulloa Arvizu

Por ser mas que mi tutor, un amigo sincero que siempre tuvo tiempo para escucharme y eso no tiene precio. Gracias, muchas gracias.

Hay hombres que luchan un día y son buenos,
hay quienes luchan un año y son mejores,
hay quienes luchan muchos años y son muy buenos,
pero hay hombres que luchan toda la vida, esos, son los imprescindibles.

BERTOLT BRECHT

RESUMEN

El estudio involucró dos experimentos con los siguientes objetivos: Exp. 1, identificar el nivel de inclusión de excretas porcinas (IE, 0, 15, 30 o 60%) que mezclado con planta de maíz completa en tres estados de maduración (EM) y 5% de melaza permita una fermentación rápida y un ensilado estable; Exp. 2, determinar el grado de biotransformación de la aflatoxina B1 (AFB1) en AFM1 y aflatoxicol durante el proceso de ensilaje. El Exp. 1 tuvo un diseño completamente al azar en arreglo factorial (4 niveles de inclusión de excretas porcinas x 3 EM) y tres repeticiones por tratamiento. El Exp. 2 tuvo un diseño completamente al azar, usando el tiempo de ensilaje como tratamiento. La interacción nivel de inclusión de excretas porcinas x EM fue significativa ($P < 0.0001$) para las variables del Exp. 1: pH, proteína total, extracto etéreo, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, cenizas, fibra detergente neutro, lignina, P, ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico. Los mejores resultados se obtuvieron con 15-30% IE, sin importar el estado de madurez de la planta de maíz. En el caso de proteína total, las concentraciones más elevadas (16%) se encontraron con 60% de excretas porcinas. De las 12 submuestras analizadas para la biotransformación de AFB1 (Exp. 2), sólo dos tuvieron cantidades detectables de AFB1, seis mostraron concentraciones medibles de AFM1 y en ninguna se encontró aflatoxicol. El ensilaje de excretas porcinas no evita la presencia de aflatoxina en los ensilados; por lo tanto, las excretas porcinas deberían ensilarse únicamente después de que una análisis de aflatoxinas indicara que las heces están libres de la micotoxina.

Palabras clave: Caracterización, Ensilados, Excretas porcinas, Maíz, Biotransformación, Aflatoxina B1.

ABSTRACT

The study involved two experiments with the following objectives: Exp. 1, to identify the proportion of swine feces (0, 15, 30 or 60%) that mixed with whole maize plant at three different stages of maturity (SM) and 5% sugarcane molasses would allow for a rapid fermentation and a stable silage; Exp. 2, to determine the degree of biotransformation of aflatoxin B1 (AFB1) into AFM1 and aflatoxicol during the ensiling process. Experiment 1 had a completely randomized design, with a factorial arrangement of treatments (4 levels of inclusion of swine feces x 3 stages of maturity) and three repetitions per treatment. Experiment 2 had a completely randomized design, using time of ensiling as the treatment. Most of the silages (83.33%) showed organoleptic characteristics that were compatible with a good fermentation process, with pH 3.88 and 26.7% DM, on average. The interaction level of inclusion of swine feces x SM was significant ($P < 0.0001$) for the following variables of Exp. 1: pH, total protein, ether extract, crude fiber, nitrogen-free extract, ash, neutral detergent fiber, lignin, P, acetic acid, propionic acid and butyric acid. The best results were obtained with 15-30% inclusion of swine feces, irrespective of the stage of maturity of the maize plant. In the case of total protein, the highest levels (16%) were found with 60% swine feces. Of the 12 sub-samples analyzed for the biotransformation of AFB1 (Exp. 2), only two had detectable amounts of AFB1, six showed measurable concentrations of AFM1 and none had aflatoxicol. Ensiling swine feces does not prevent the presence of aflatoxin in the silages; therefore, swine feces should be ensiled only after an aflatoxin analysis has proven that the feces are free of the mycotoxin.

Key words: Characterization, Silages, Swine feces, Maize plant, Biotransformation, Aflatoxin B1.

CONTENIDO

	Pag.
ÍNDICE DE ANEXOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Características nutricionales de las excretas de los animales productivos	4
2.2 Características fermentativas durante el ensilaje de excretas	7
2.3 Aflatoxinas	13
2.3.1 Clasificación moderna de <i>Aspergillus flavus</i>	13
2.3.2 Efectos biológicos de aflatoxinas	15
2.3.3 Proceso de biotransformación de las aflatoxinas	17
2.3.4 Método de análisis de las micotoxinas	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. OBJETIVOS	20
4.1.1 Objetivo General	20
4.1.2 Objetivos específicos: características nutricionales	20
4.1.3 Aflatoxina B1	20
5. HIPÓTESIS DEL PROYECTO	21
6. MATERIAL Y MÉTODOS	22
6.1 Experimento I: Caracterización nutricional	22
6.1.1 Unidades experimentales	22
6.1.2 Diseño de tratamientos	23
6.1.3 Variables en estudio	23
6.1.4 Diseño experimental	24
6.2 Experimento II: Biotransformación de aflatoxinas B1	25
6.2.1 Diseño de tratamientos	26
6.2.2 Diseño experimental	26
6.2.3 Medición de variables	27
6.2.4 Determinación de Aflatoxinas	28
7. RESULTADOS	30

7.1 Experimento I	31
7.1.1 Características organolépticas y pH	30
7.1.2 Materia seca y materia orgánica	31
7.1.3 Proteína total	34
7.1.4 Extracto estéreo, fibra cruda y elementos libres de nitrógeno	34
7.1.5 Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido	37
7.1.6 Celulosa, hemicelulosa y lignina	39
7.1.7 Cenizas insolubles en FDA	42
7.1.8 Calcio y fósforo	43
7.1.9 Acidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y butírico) y ácido láctico	45
7.2 Experimento II	48
7.2.1 pH, ácido láctico y materia seca	48
7.2.2 Aflatoxinas	50
8 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	52
8.1 Experimento I	52
8.1.1 Características organolépticas y pH	52
8.1.2 Efecto sobre la materia seca y materia orgánica	54
8.1.3 Efecto sobre el contenido de proteína	57
8.1.4 Efecto sobre el contenido de extracto ctéreo	58
8.1.5 Efecto sobre el contenido de fibra cruda	60
8.1.6 Efecto sobre el contenido de elementos libres de Nitrógeno	62
8.1.7 Efecto sobre el contenido de cenizas	63
8.1.8 Efecto sobre el contenido de fibra neutro detergente	64
8.1.9 Efecto sobre el contenido de fibra ácido detergente	65
8.1.10 efecto sobre el contenido de celulosa	66
8.1.11 Efecto sobre el contenido de hemicelulosa	77
8.1.12 Efecto sobre el contenido de lignina	68
8.1.13 Efecto sobre el contenido de cenizas insolubles en FDA	68
8.1.14 Efecto sobre el contenido de calcio	69
8.1.15 Efecto sobre el contenido de fósforo	70
8.1.16 Efecto sobre el contenido de ácidos grasos de cadena corta	70

8.2 Experimento II	74
8.2.1 Biotransformación de aflatoxina B1	74
9. LITERATURA CITADA	76

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pag.
Anexo 1. Análisis Univariado (Estado de Madurez) del Químico Proximal	92
Anexo 2. Resultados de contrastes polinominales (Estado de Madurez) del Químico Proximal	92
Anexo 3. Análisis Univariado (Porcentaje de Excretas Porcinas) del Químico Proximal	93
Anexo 4. Resultados de contrastes polinominales (Porcentaje de inclusión de Excretas Porcinas) del Químico Proximal	93
Anexo 5. Resultados de interacciones EM -%IE del Químico Proximal	94
Anexo 6. Coeficientes de correlaciones de MS, MO y CEN (Spearman's rho)	94
Anexo 7. De Análisis Univariado (Estado de Madurez) de Paredes Celulares Y sus componentes	95
Anexo 8. Resultado de contrastes polinominales (Estado de Madurez) de Paredes celulares y sus componentes	95
Anexo 9. Análisis Univariado (Porcentaje de Inclusión de Excretas Porcinas) Paredes Celulares y sus componentes	96
Anexo 10. Resultado de contrastes polinominales (Porcentaje de Inclusión de Excretas Porcinas) de Paredes Celulares y sus componentes	96
Anexo 11. Resultados de interacciones EM -%IE Paredes Celulares y sus Componentes	97
Anexo 12. Análisis Univariado (Estado de Madurez) de Calcio y Fósforo	97
Anexo 13. Contrastes polinominales (Estado de Madurez) de Calcio y Fósforo	97
Anexo 14. Análisis Univariado (Porcentaje de Inclusión de Excretas Porcinas) De Calcio y Fósforo	98
Anexo 15. Contrastes polinominales (Porcentaje de Inclusión de Excretas Porcinas) de Calcio y Fósforo	98
Anexo 16. Resultados de interacciones EM -IE de Calcio y Fósforo	98
Anexo 17. Análisis Univariado (Estado de Madurez) de Acidos Grasos Volátiles	99

Anexo 18. Análisis Univariado (Porcentaje de Inclusión de Excretas Porcinas) De Acidos Grasos Volátiles	99
Anexo 19. Resultados de interacciones EM -%IE de Acidos Grasos Volátiles	99
Anexo 20. Análisis Estadístico (Kruskal-Wallis)	100
Anexo 21. Prueba de Mann-Whitney para pH (variable dependiente: día)	100
Anexo 22. Prueba de Mann-Whitney para Acido Láctico (variable dependiente: Día)	100
Anexo 23. Análisis de Varianza para Acido Láctico	100
Anexo 24. Análisis de Varianza para MS	100

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Aflatoxinas	14
Figura 2. Efecto del porcentaje de inclusión de excretas porcinas sobre el Contenido de pH de los ensilados	101
Figura 3. Efecto de la Interacción sobre el contenido de pH de los ensilados	102
Figura 4. Efecto de la interacción sobre el contenido de PT de los ensilados	103
Figura 5. Efecto de la interacción sobre el contenido de EE de los ensilados	104
Figura 6. Efecto de la interacción sobre el contenido de FC de los ensilados	105
Figura 7. Efecto de la interacción sobre el contenido de Elementos libres de Nitrógeno de los ensilados	106
Figura 8. Efecto de la interacción sobre el contenido de Cenizas de los ensilados	107
Figura 9. Efecto de la interacción sobre el contenido de FDN de los ensilados	108
Figura 10. Efecto de la interacción sobre el contenido de Lignina de los Ensilados	109
Figura 11. Efecto de la interacción sobre el contenido de Fósforo de los Ensilados	110
Figura 12. Efecto de la interacción sobre el contenido de Ac. Acético de los Ensilados	111
Figura 13. Efecto de la interacción sobre el contenido de Ac. Propiónico de los Ensilados	112
Figura 14. Efecto de la interacción sobre el contenido de Butirato de los Ensilados	113
Figura 15. pH de los ensilados de excretas porcinas con maíz planta completa Con aflatoxinas	114
Figura 16. Acido láctico de los ensilados de excretas porcinas con maíz con Aflatoxinas	115
Figura 17. Contenido de MS de los ensilados de excretas porcinas (30%), Maíz (65%) y mclaza (5%), con aflatoxinas	116

I. INTRODUCCION

La intensificación de las explotaciones pecuarias, ha ocasionado que la contaminación ambiental aumente por el mal manejo de los desechos. Una manera de solucionar estos problemas es la de incorporar los desechos fecales de los animales a la dieta de la misma especie y mejor aún a la de otros animales, proceso que se conoce como reciclaje. Este proceso puede sustituir con buenos resultados parte del nitrógeno de las raciones y permitir una producción animal en forma económica. Además no hay reportes de riesgos a la salud animal como resultado del uso de estiércol procesado, para la alimentación de rumiantes (Arévalo, 1978). La composición de las excretas de bovinos, aves y cerdos, está influenciada por distintos factores, entre los cuales se encuentran: edad de los animales, composición de la dieta, digestibilidad de la ración y el tiempo de almacenamiento del estiércol, para los cerdos también afecta el porcentaje de sales en la ración (Brumm *et al.*, 1975; Sutton *et al.*, 1976). Para el caso de las excretas de bovinos y aves existen otros factores que afectan su composición, como son el tipo de explotación en aves el material usado como cama y en bovinos el volumen ingerido de materia seca (Kubena *et al.*, 1973; Evans *et al.*, 1978).

Los valores mas altos de proteína cruda lo tienen las excretas de aves (31%), los menores, los de los bovinos (18 - 20%) y en un valor intermedio están las de los cerdos (23 -24%). Las excretas de aves y cerdos muestran variación en su contenido de proteína; una importante causa de variación es la duración de almacenamiento de las excretas húmedas, conforme aumenta el periodo de almacenamiento hay una disminución lineal en el contenido de proteína (Bhattacharga y Taylor, 1975; Campabadal, 1995; Salazar, 1995)

El estiércol en su mayor proporción esta compuesto de material orgánico biodegradable; después de la excreción, continua su degradación debido a la acción microbiana, produciéndose gases, olores y contaminación de suelo y agua, cuando no se le da un manejo adecuado al estiércol (Iñiguez, 1991). Los olores orgánicos más fuertes de las excretas de cerdo se deben a la presencia de amidas, sulfidos y ácidos orgánicos (Conrad y Mayrose, 1971).

El aprovechamiento de la excreta animal como nutriente depende del tipo de manejo y tratamiento al que es sometida. Es imperativo que su colección sea regular para preservar nutrientes, especialmente nitrógeno (Arndt *et al.*, 1979; Peña, 1986).

El uso de excretas como ingredientes de alimentos ofrece un potencial para recuperar algunos de los nutrientes y para reducir el problema de contaminación. Los rumiantes parecen ser los animales ideales para dirigir la práctica del reciclaje, debido a su relación simbiótica con la microbiota ruminal, dado que ellos pueden utilizar fibra, nitrógeno no proteico y ácidos nucleicos en mucho más proporción que los no rumiantes (Kornegay *et al.*, 1977; Stanoigas y Pearce, 1978).

Las heces de no rumiantes son superiores en valor nutritivo a las de rumiantes, dado que contienen más nitrógeno y más bajo contenido de paredes celulares vegetales, las cuales reducen la digestibilidad de las excretas. El nitrógeno de las excretas en su mayor parte es nitrógeno no proteico, cuyo valor nutricional es limitado para aves y cerdos (Guerrero, 1985). Se estima que la excreta de cerdo es de 3 a 10 veces más aprovechable como fuente de proteína que como fuente de energía (Smith y Wheeler, 1979; Peña, 1986).

El promedio de heces que excreta un cerdo es de 1 kg de sólidos totales por cada 100 kg de peso vivo (Harmon *et al.*, 1972). La estimación más aceptada de la cantidad de desechos que en base húmeda produce un cerdo en crecimiento – finalización, es de 5 % de su peso vivo por día, del cual 10 a 15% es materia seca. El promedio según la literatura, es de 3.5 kg. de excreta húmeda y 0.45 kg de materia seca por cada 45 kg. La producción de orina, varía considerablemente, por ejemplo cerdas que consumen de 2 a 2.5 kg de agua/kg de materia seca generan desechos cuyo contenido de orina fluctúa entre 30% y 40% (Conrad y Mayrose, 1971).

Además, la contaminación de los alimentos con aflatoxinas es virtualmente inevitable, particularmente en áreas tropicales del mundo donde la temperatura ambiental y humedad favorecen el desarrollo del *Aspergillus*.

Las aflatoxinas son producidas por *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*. El consumo de granos conteniendo aflatoxinas reducen la ingestión de alimento y crecimiento e indirectamente afectan la reproducción en los animales productivos domésticos (Dierkman, 1991).

Estos metabolitos secundarios tóxicos pueden producirse en casi cualquier alimento o en productos alimenticios antes o después de la cosecha o durante el transporte o almacenamiento en condiciones idóneas. La gran mayoría de especies son saprofitas, se encuentran en el suelo, aire, vegetación en estado de madurez, semillas y granos. Existen factores intrínsecos y extrínsecos que influyen en el crecimiento fúngico y en la producción de micotoxinas sobre un sustrato dado. Entre los factores intrínsecos está la actividad hídrica, el pH y el potencial de reducción-oxidación, mientras que los factores extrínsecos que influyen en la producción de micotoxinas son la humedad relativa, la temperatura y la disponibilidad de oxígeno (Pitt, 1994; Lewis, 1997).

Aspergillus flavus es conocido como una causa de enfermedad pulmonar en humanos pero es más común en aves. También ha sido reportada de piel, uñas y ocasionalmente de infecciones sistémicas (Pitt, 1994). Por esta razón varias estrategias han sido desarrolladas con el fin de minimizar los efectos adversos de reciclar las excretas frescas en los animales domésticos y para evitar su exposición hacia los humanos.

Las estrategias desarrolladas para el control de la aflatoxicosis incluyen el uso de suplementos en la dieta, prevención a través de selección genética y la destoxificación de alimentos contaminados con aflatoxinas, mediante métodos físicos, químicos y bacteriológicos.

El proceso del ensilaje es un método de conservación de alimentos sencillo que puede ser empleado como un sistema alternativo dentro de una explotación animal, ya que, además de conservar el alimento por mucho tiempo, también ayuda a disminuir la contaminación ambiental producida por agentes patógenos presentes tales como bacterias, virus, hongos y parásitos de las excretas de cerdo, con muy poca modificación de las características nutritivas de los ingredientes que se ensilan. De los diferentes tratamientos que se recomiendan para el reciclaje de las excretas el ensilaje es uno de los más apropiados, ya que destruye o disminuye las bacterias, virus y otros microorganismos patógenos y también el crecimiento de hongos microscópicos, queda por estudiar cual es el efecto del ensilaje sobre la transformación de las aflatoxinas (Iñiguez, 1991; Serrano, 2001).

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Características Nutricionales de las excretas de los animales productivos

Los factores que más afectan el valor nutricional de la cerdaza es el tipo y calidad de alimento dietario de los cerdos, etapa productiva, manejo del cerdo, medio ambiente y almacenamiento de la cerdaza (Campabadal, 1995). Las heces porcinas son más altas en contenido de Proteína Total (PT) que las bovinas, así como Digestibilidad de Materia Seca (DMS) y Digestibilidad de la Materia Orgánica (DMO) y por un menor contenido de paredes celulares vegetales y lignina (Duarte, 1987).

El análisis químico proximal de las excretas de cerdo indican un contenido de PT promedio de 22 - 24%, con un 15.64% de Proteína Verdadera (PV), por lo que puede ser una alternativa para rumiantes, mas que para monogástricos(Kornegay, *et al.*, 1977; Hillard, *et al.*, 1979).

Las excretas de bovinos son bajas en contenido proteico con una gran cantidad de fibra y presentan una digestibilidad muy pobre (Thorlaciuss, 1976). Las excretas de aves son ricas en nitrógeno no proteico (75% del N total excretado), mientras que las de cerdo contienen un 66% de PV (Kornegay *et al.* 1977).

El nitrógeno de la cerdaza está compuesto por el nitrógeno aportado por la proteína no digerida, proteína de las células de descamación y de proteína de origen bacteriano. El perfil de aminoácidos de estos sólidos recuperables ha sido analizado; siendo similar a los de las pastas de oleaginosas. Sin embargo, a pesar de la aparente calidad de la proteína de la cerdaza, es necesario realizar más estudios de eficiencia de utilización y como fuente de aminoácidos esenciales, ya que puede ser que la calidad biológica de la proteína sea menor al incluir los conceptos de degradabilidad, digestibilidad, absorción y metabolización (Guerrero, 1985).

Cuando se colectaron sólidos de una fosa de fermentación se determinó un nivel de PT de 27.7% en base seca. Las partículas de menor tamaño obtenidas de la fosa de fermentación son las que tuvieron mayor contenido de Materia Seca (MS) y PT. En análisis subsecuentes se encontró un aumento lineal en la concentración de aminoácidos conforme el tamaño de la partícula fue disminuyendo (Arévalo, 1978).El estiércol pierde valor

nutritivo por la dilución acuosa o por el arrastre de materia en solución; hasta el 50% del nitrógeno es arrastrado en la fracción líquida al momento de la separación sólido-líquido (Salazar, 1995).

Kornegay *et al.*, (1977) compararon una dieta basal con pasta de soya con otra basándose en heces de cerdo, encontraron que esta última fue de menor valor nutritivo que la dieta basal. Las digestibilidades para materia seca, energía, cenizas, fibra cruda, extracto etéreo, proteína cruda, proteína verdadera y extracto libre de nitrógeno, calculados por diferencia usando el porcentaje de cada nutriente que le corresponden dentro de las heces, fueron: 48.0, 46.7, 31.6, 40.9, 54.1, 60.1, 51.4 y 45.9, respectivamente.

Uno de los riesgos más importantes a considerar en la práctica del reciclaje de los desechos animales es el peligro de transmisión de enfermedades bacterianas tanto en los animales receptores como en la población humana consumidora de carne, por esto el procesamiento de las excretas debe liberarlas de microorganismos patógenos (Peña, 1986). Además de que existe el riesgo de otros elementos nocivos como residuos de pesticidas, drogas y antibióticos, metales pesados, arsenicales, elementos traza y hormonas. Se necesita más información concerniente a los metales pesados en las excretas (Fontenot y Weeb, 1975; McCaskey y Anthony, 1979).

El cobre (como sulfato de cobre, óxido de cobre, carbonato de cobre), a niveles de 50 a 375 ppm en el alimento del cerdo mejora su ganancia de peso y su eficiencia alimenticia. Una porción de cobre absorbido es eliminada vía bilis dentro de las heces y el promedio de cobre en heces es aproximadamente 350 mg en cerdos que reciben cobre en sus dietas y puede llegar hasta 1660 mg/kg (Bhattacharga y Taylor, 1975; Duarte *et al.*, 1987; Campabadal, 1995). Es por esto, que una de las principales limitantes para la utilización de la cerdaza como alimento, puede ser el elevado nivel de cobre que contiene ésta (Hendrosoekargo y Pearce, 1978). Los niveles de cobre en el organismo, excepto músculo y órganos endocrinos, están relacionados con el consumo del mineral, siendo los órganos de principal almacenamiento, el hígado, riñón, corazón, pulmones y páncreas (Guerrero, 1985).

En borregos que es la especie más sensible a la intoxicación por cobre, para que haya signos de toxicidad los rangos son muy amplios; estos van de 30 a 576 ppm/kg de la

dieta base materia seca por un lapso de 114 o 45 días respectivamente (Jansen, 1978; Botswik 1982).

El riesgo de intoxicación por cobre depende de la disponibilidad biológica del cobre presente en las excretas. Los resultados de Guerrero (1985), muestran que el $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ se acumula progresivamente hasta llegar a la toxicidad, no así para niveles similares de cobre aportado por la cerdaza y la susceptibilidad a la intoxicación en borregos, donde no hubo respuesta tóxica alguna.

Hendrosoekarjo y Pearce (1978), estudiaron los efectos de la adición de excretas secas de cerdo, peletizadas con heno y melaza, en niveles de 15 y 30% de excretas, y niveles de cobre de 613 mg/kg de M.S. en 21 borregos, adicionando molibdeno a las dietas a una tasa de 90 mg/kg hasta 175 mg/kg de M.S., en un intento por contrarrestar los efectos tóxicos potenciales del cobre en las heces porcinas. El promedio de retención de cobre durante 70 días fue de 210 mg hasta 1,225 mg. Las concentraciones de cobre en hígado fueron de 718 mg/kg para la dieta sin excretas y 1,740 mg/kg para la dieta con 30% de excretas. Lesiones necróticas ocurrieron en algunos hígados y el daño al hígado fue más alto en el nivel de 30% de excretas. No hubo un efecto benéfico aparente por la adición de molibdeno. Las heces de cerdo fueron pobremente utilizadas por el alto contenido de cobre.

El N de excreta de cerdo sin procesamiento es de poco valor nutricional para la alimentación de monogástricos y puede ser más útil y efectivo como componente de raciones para rumiantes (Arndt *et al.*, 1979).

El procesamiento de la excreta de los cerdos puede ser benéfico para incrementar la palatabilidad, recuperar nutrientes, destruir patógenos y controlar olores. Los principales métodos son: secado (natural o aire caliente), tratamiento químico, separación de sólidos, tratamiento líquido aeróbico (fosa de oxidación) y ensilaje (Arndt, *et al.* 1979). La oxidación en zanja provee una manera factible de colectar excretas de cerdos y un medio ambiente para elevar biológicamente la proteína unicelular de la excreta. Los componentes volátiles constituyen el 82% de los sólidos de la excreta sujetos a oxidación. El proceso aeróbico es efectivo para estabilizar las excretas. Este método mejora la ganancia de peso y eficiencia alimenticia en cerdos en finalización, sin embargo su inclusión en la dieta no debe ser mayor a un 15%, con este nivel de inclusión la ganancia de peso deseado fue

similar a la del grupo de cerdos que recibieron maíz - pasta de soya (Harmon *et al.*, 1972; Harmon *et al.*, 1973).

2.2 Características fermentativas durante el ensilaje de excretas.

De acuerdo a lo investigado, el ensilaje es el mejor método para administrar cerdaza a los rumiantes. El ensilaje de excretas provoca: incremento en la aceptabilidad por los animales, poca pérdida de nutrientes, control de patógenos a las 3 semanas de ensilaje, además que desodoriza y permite el aprovechamiento de las fracciones líquidas y sólidas (Campabadal, 1995). El ensilaje es un método económico de preservación y eliminación segura de microorganismos potencialmente patógenos del ensilado de excretas. Durante el proceso de ensilaje, la producción de ácidos, el efecto del desarrollo de estos ácidos y el rápido establecimiento de condiciones anaeróbicas suprimen las actividades de microorganismos no deseables. Las excretas cuando se preservan en ensilado con forraje y/o granos, han sido exitosamente usados como alimento palatable para rumiantes (Martínez, 1999).

El ensilar cualquier ingrediente requiere de cuatro conceptos básicos para un buen proceso y obtención ensilados de buenas características: a) tamaño de la partícula, b) compactación, c) disponibilidad de carbohidratos solubles y d) tiempo dedicado para ensilar (12-36 horas, como óptimo).

El ensilaje consiste en el almacenamiento en condiciones anaeróbicas de forraje u otro material con bajo contenido de MS (20 - 25%), susceptible de descomponerse por la acción de microorganismos aeróbicos y enzimas oxidativas de las plantas. En el forraje usualmente se establece una fermentación láctica (de estabilización), en la cual, primeramente las bacterias generan ácido acético a partir de azúcares presentes en el forraje. Después la acidez < 5 fomenta la multiplicación de bacterias productoras de ácido láctico que constituyen solamente un pequeño porcentaje del total de la microflora de las plantas antes de la fermentación, pero durante el proceso de ensilaje, llegan a ser la microflora predominante. Los lactobacilos homofermentativos tales como *Lactobacillus plantarum* y *L. curvatus*, tienden a predominar en ensilados bien preservados, pero éstos

son remplazados por lactobacilos heterofermentativos, tales como *L. brevis* y *L. buchneri* en los estados terminales del ensilaje (Iñiguez, 1991).

Uno de los principales factores que afectan el tipo y éxito de la fermentación en los ensilajes es la actividad de los clostridios. Al principio de la fermentación estas bacterias se encuentran en forma de endoesporas las cuales al presentarse las condiciones favorables germinarán e iniciarán la fermentación secundaria (Langston *et al.* 1962; Gibson, 1965).

Los carbohidratos solubles en agua (fructosa, glucosa, sacarosa y fructosanos), los ácidos orgánicos (cítrico y málico) y los compuestos nitrogenados, son 3 grupos básicos de moléculas básicas que se consideran relevantes para la fermentación en el ensilaje y la eficiencia en el proceso. Las bacterias lácticas utilizan los azúcares, principalmente por la vía glucolítica como mecanismo de fermentación homoláctica, la heteroláctica sigue la vía hexosa monofosfato, esta reacción resulta en pérdida de 24% de materia seca y 1 -7 % de energía (McDonald *et al.*, 1973). Los citratos y malatos son metabolizados rápidamente durante el ensilaje. Las pérdidas de materia seca por la descomposición de los ácidos orgánicos durante el ensilaje pueden variar del 14 al 67%, dependiendo de la ruta seguida (Iñiguez, 1991). Varios investigadores han demostrado que la proteólisis se lleva a cabo en los primeros días después de ensilar, por lo que es recomendable adicionar azúcares fermentables de uso común, como son los granos molidos de cereales con melaza de caña de un 5 a 8% para incrementar la velocidad de producción de ácido láctico para bajar el pH y reducir la proteólisis, ya que se aprovechan los efectos de ambos aditivos y se logra por las diferencias de solubilidad, dar continuidad a la fermentación de la mezcla, además ayudan a regular el contenido de agua; la humedad idónea al ensilar los materiales con excretas de cerdo es de alrededor del 60%, las fuentes de carbohidratos actúan reduciendo el agua de la mezcla (Iñiguez, 1990a; Salazar, 1995).

Ciordia y Anthony (1969) ensilaron excretas bovinas con heno de pasto Bermuda de la costa molido con un bajo contenido de humedad. Mensualmente las muestras del ensilado de excretas, se prepararon para pruebas de alimentación. Se colectaron heces de los animales experimentales para recuperar e identificar cualquier parásito presente. Todas las muestras fueron negativas para larvas, no obstante que había huevos en las heces usadas en la preparación del ensilado (278 huevecillo/gramo de heces). Los nemátodos que había

antes del proceso de ensilaje eran: *Trichostrongylus axei*, *Ostertagia ostertagia* y *Cooperia oncophora*, no encontrando huevos de larvas a las cuatro semanas de haber ensilado. Esto indica que el ensilaje de excretas bovinas no sirve como vehículo para la transmisión de estos tres parásitos. Se ha demostrado que el proceso del ensilaje elimina bacterias potencialmente patógenas tales como *Salmonella*, *Mycobacterium* y *E. coli*, de excretas de ganado bovino en engorda. Estudios sobre ensilaje de excretas de cerdo, concluyen que toda larva infectiva pierde su viabilidad después de 50 días de ensilaje y huevos de larvas de *Ascaris suum*, *Parascaris equorum* y *Dyctiocaulus filaria* no son infectivos después de 90 días de ensilaje (Iñiguez, 1990b).

Al respecto varios autores concluyen que la utilización de excretas no presenta riesgos a la salud humana, cuando las excretas son manejadas y recicladas adecuadamente. Quizás el retiro de las excretas recicladas en la alimentación animal por un periodo corto (10-15 días) y antes del sacrificio, sea bueno para minimizar los riesgos potenciales de residuos en la carne (Fontenot, y Wcbb, 1975; McCaskey y Anthony, 1979; Peña, 1986)

Cornman *et al.* (1981), condujeron un estudio para determinar el tiempo de ensilaje y la proporción de excretas bovinas - paja de centeno para una óptima fermentación, en las siguientes proporciones: 30:70; 40:60; 50:50; 60:40; y 70:30. No encontraron reducciones en el contenido de carbohidratos solubles, cambio en el pH o ácido láctico en la primera semana del ensilaje. Sin embargo las *coliformes* totales, fecales y *salmonella*, *shigella* y *proteus* fueron destruidos en todas las mezclas después de una semana de ensilaje. El contenido de ácido láctico tendió a incrementarse como el nivel de excreta se incrementó. Esto concuerda con otros estudios, donde la adición de pollinaza al forraje de maíz al momento de ensilar, resultó en ensilados con concentraciones más grandes de ácido láctico y acético, que el ensilado control. Así mismo los ensilados con pollinaza (con 40% de humedad), tienen una buena actividad de fermentación y hay eliminación de todas las *coliformes* (Harmon *et al.*, 1975; Caswell *et al.*, 1975).

Knight *et al.* (1977), ensilaron excretas de bovino de carne a diferentes niveles (20, 40 y 60%), con una ración basal, en microsilos a una temperatura de 25 C. Las raciones con alta humedad desarrollaron un pH más bajo y ácido láctico más alto durante 10 días de ensilaje. Bacterias *coliformes* no fueron detectadas en niveles de 40 y 60% de excretas

después de cinco días y después de 10 días en el nivel de 20%; cuando el pH se acidificó de 4.7 a 4.4, todas las *coliformes* desaparecieron. Las bacterias predominantes en la combinación antes de ensilar fueron *Streptococcus faecalis*. Después de 10 días de ensilaje *Lactobacillus plantarum* fue el tipo predominante.

Kamra y Srivastava (1994), ensilaron heces de cerdo con forraje de pobre calidad (paja de trigo), a una proporción de 4:1, más melaza de caña a niveles de 0 - 10% de inclusión. La mezcla fue adicionada con *Lactobacillus plantarum* y *Streptococcus faecalis*. Después de 20 días de fermentación a una temperatura de 18-20 C, el pH declinó en todos los productos fermentados, pero la disminución de pH fue mínima en productos fermentados sin melaza. La adición de melaza a la mezcla causa una gran disminución en el pH, inhibe la producción de AGV y estimula la síntesis de ácido láctico durante la fermentación. Se recomienda la adición de mayor o igual del 5% de melaza para producir un ensilado de buena calidad de heces de cerdo con paja.

Castrejón *et al.* (1996), estudiaron el contenido de AGV, macro y microminerales en ensilados de excretas porcinas con bagazo de caña y melaza en microsilos de 2.5 kg, a una razón de, 50:45:5; 60:35:5; 70:25:5 y 80:15:5, respectivamente. La concentración (mmol) de ácido láctico, ácido acético, ácido propiónico y los minerales Ca, P, Na, Zn, Mo y Mn aumentaron ($P<0.01$), conforme se incrementó la proporción de excretas. Con el ensilaje disminuyeron ($P<0.05$), el ácido butírico, Mg, Cu y Mo y aumentaron ($P<0.05$), láctico, acético y propiónico, así como el Ca. Concluyen que los ensilados de excretas porcinas mezcladas con bagazo de caña y melaza producen cantidades elevadas de ácido láctico que favorece el proceso del ensilaje sin deterioro del aporte mineral. En la continuación del experimento anterior, Toledo *et al.*, (1996), aumentaron el porcentaje de excretas en las mezclas y encontraron un incremento lineal de ($P<0.01$) en PT, PV, digestibilidad *in situ* de la M.S., pH, una disminución ($P<0.01$) de la proporción de PV/PT, fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), celulosa, lignina en tanto que no se modificó, el contenido de hemicelulosa, cenizas insolubles en FDA y degradabilidad de la FDN. Los cambios fueron mínimos en paredes celulares, sólo disminuyó ($P<0.05$), el contenido de FDN en el ensilado. Se presentó una mayor ($P<0.05$) digestibilidad *in situ* de FDN y MS y una mayor ($P<0.05$) proporción de PV en relación a la PT, comparado con el material sin

ensilar. Encontrándose los mejores resultados en porcentajes de 70 y 80% de inclusión de excretas porcinas con bagazo de caña y melaza.

Iñiguez, (1990a), ensiló excretas porcinas con paja de trigo y melaza de caña a diferentes proporciones (11, 22, 44%) y 3 niveles de humedad (40.8, 54.4 y 69.0 %), por un periodo de 42 días de ensilaje a una temperatura de 28^o C, después del periodo de ensilaje los microsilos se abrieron y fueron evaluados; la concentración de ácido láctico y pH indicaron que ocurrió un buen proceso de ensilaje en todas las mezclas. Todas estuvieron libres de *coliformes* totales y fecales, así como de *Salmonella*, *Shigella* y *Proteus*. Conforme la proporción de excreta de cerdo en las mezclas disminuyó, los porcentajes de PT, EE, disminuyeron linealmente (P<0.01). La FC se incrementó linealmente conforme la proporción de las excretas disminuyó en las mezclas (P<0.01) y las cenizas se incrementaron linealmente a medida que la proporción de excretas se incrementó en las mezclas (P<0.01).

Berger *et al.*, (1981), ensilaron excretas de cerdo con heno de pasto Orchard molido o grano de maíz molido en microsilos (3.8 L), en las siguientes proporciones (B.H.): 80:20; 70:30; 60:40; 50:50; 40:60; 30:70 y 20:80. La fermentación más deseable así como la medición de pH y el nivel de ácido láctico ocurrió en las mezclas 40:60,50:50 y 60:40 de excretas de cerdo y heno de pasto Orchard. El número de *coliformes* totales fueron disminuyendo y las bacterias *coliformes fecales* fueron destruidas completamente. Las mezclas de ensilado de excretas con grano de maíz amarillo molido, conteniendo 60% o menos de excretas, exhibieron buena fermentación, pero las mezclas conteniendo igual o más del 70% de excretas tuvieron un olor ofensivo. Posteriormente en silos grandes (208 L) a proporciones de 40:60 y 60:40 de excretas: Orchard ó maíz en grano, observaron que los ensilados con Orchard tuvieron características de fermentación similares a los microsilos. En el silo grande combinado con maíz en grano, el pH fue de 4.4, indicando un buen proceso de ensilaje. La concentración de carbohidratos solubles fue más alta (P<0.01) en la mezcla 40:60 que en la de 60:40, antes y después del ensilaje; asimismo las concentraciones de ácido láctico se incrementaron (P<0.01), durante el ensilaje y fue más alta en la mezcla de 40:60 que en la de 60:40.

Iñiguez *et al.*, (1990b), ensilaron en 4 silos bunker de 16.5 ton, dos mezclas diferentes de excretas de cerdo, paja de trigo y melaza de caña, una mezcla tuvo 22% de excretas y la otra 44% de excretas base MS. Durante las primeras seis semanas tomaron muestras de los silos y las analizaron para pH, ácido láctico, *coliformes* totales, *clostridios*, y bacterias aerobias y ácido lácticas. El silo con 22% de excretas alcanzó un pH de 4.4, mientras que el ensilado con 44% de excretas presentó un pH de 4.6. Después de siete días de fermentación las *coliformes* totales fueron completamente destruidas. Los *clostridios* y bacterias aeróbicas tendieron a disminuir por el ensilaje.

De acuerdo a todo lo anterior, la utilización de cerdaza como ingrediente en la alimentación de rumiantes tiene ventajas sobre la utilización de bovinaza, gallinaza o pollinaza. Las excretas porcinas tienen mayor calidad proteica y menor contenido de paredes celulares vegetales y lignina comparada con las excretas de rumiantes que son bajas en contenido proteico, gran cantidad de fibra y presentan una digestibilidad muy pobre (Guerrero, 1985). Con respecto a las excretas de las aves, aunque son ricas en NNP (Kornegay, et al. 1977) su costo por kilogramo es elevado, haciendo que su uso en la alimentación de rumiantes sea en muchas ocasiones una limitante y las excretas porcinas en estos momentos de costo o valor en el mercado es mucho menor que las de las aves y se puede considerar como una alternativa como ingrediente en la dieta de rumiantes con niveles de inclusión no mayores del 60 % de inclusión porque a medida que se incrementa el nivel de cerdaza en la dieta disminuye la digestibilidad de esta y la utilización de maíz planta completa tiene la ventaja de una mayor calidad nutritiva (nitrógeno y energía) y menor contenido de fibra que las pajas o rastrojos, por lo tanto es necesario caracterizar su contenido nutricional y visualizar esta combinación como una alternativa en la alimentación de rumiantes.

No obstante que las excretas de cerdo puedan contener cobre y pueda considerarse una limitante en la utilización en borregos por ser más sensibles que los bovinos, de acuerdo a los reportes de varios investigadores se ha demostrado que se necesitarían cantidades muy elevadas y tiempos muy prolongados para que ocurriera la intoxicación, que en la práctica esto parece imposible.

2.3 Aflatoxinas

2.3.1 Clasificación moderna de *Aspergillus Flavus*.

Las aflatoxinas son un grupo de metabolitos producidos por hongos del género *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus* que fueron clasificados por Raper y Fennell en 1965 con el término de “Grupo *Aspergillus flavus*”, esta terminología fue remplazada por el término correcto de “*Aspergillus Sección Flavi*” (Gems, *et al.*, 1985; Pitt, 1994).

Las aflatoxinas pueden encontrarse como contaminantes naturales en los cereales (principalmente maíz) y subproductos de cereales, frutos, oleaginosas y toda una serie de productos de salchichonería, vinos, leches y sus derivados (Rosner, 1998).

Fueron identificados cuatro factores principales en el ambiente que afecta el desarrollo del hongo y producción de toxina: humedad, temperatura, aireación y sustrato. En el agroecosistema, estos factores ejercen un profundo efecto en un complejo de especies que interactúan incluyendo la planta, el hongo, artrópodos y otras plagas.

El *A. Flavus* y *A. Parasiticus* son considerados como hongos termotolerantes o termofílicos y son primariamente subtropicales en su distribución. Los rangos de temperatura para el crecimiento de *A. flavus* son: de 6° a 8° C - 36° a 38° C. Sin embargo *A. flavus* produce la máxima cantidad de Aflatoxina B1 (AFB1) a 25° C con mucho menos producción a 30° C. El *A. parasiticus* muestra máximo crecimiento a 35° C y máxima producción de aflatoxina a 25° C (Davis y Diener, 1983).

Los hongos, incluyendo especies productoras de aflatoxinas, son organismos aeróbicos. Existe variabilidad entre especies de hongos en sus requerimientos de gases atmosféricos y cambios sutiles en los gases del medio ambiente, pueden ejercer cambios dramáticos en los procesos celulares anabólicos y catabólicos. En estudios con cacahuetes cuando se incrementa el nivel de CO₂ por arriba del 20%, tanto el crecimiento del hongo como la producción de aflatoxina fueron inhibidas. El desarrollo microbiano y la biosíntesis de toxina fueron también bloqueadas cuando los niveles de oxígeno fueron reducidos de 5 a 1% (Lillehoj, 1983).

Existen hasta el momento 4 tipos de aflatoxinas, de las cuales el *Aspergillus flavus* toxigenico produce solamente Aflatoxinas B1 (AFB1) y B2 (AFB2) y el *Aspergillus*

parasiticus, B1, B2, G1 y G2 (Figura 1) (Davis y Diener, 1983; McLean y Dutton, 1995). Las letras “B” y “G” se refieren a los colores fluorescentes azul y verde producidos por estos componentes bajo la iluminación de luz ultravioleta en placas de capa delgada de cromatografía, mientras que los números del subíndice 1 y 2 se relacionan con su movilidad cromatografica (Stoloff, 1977).

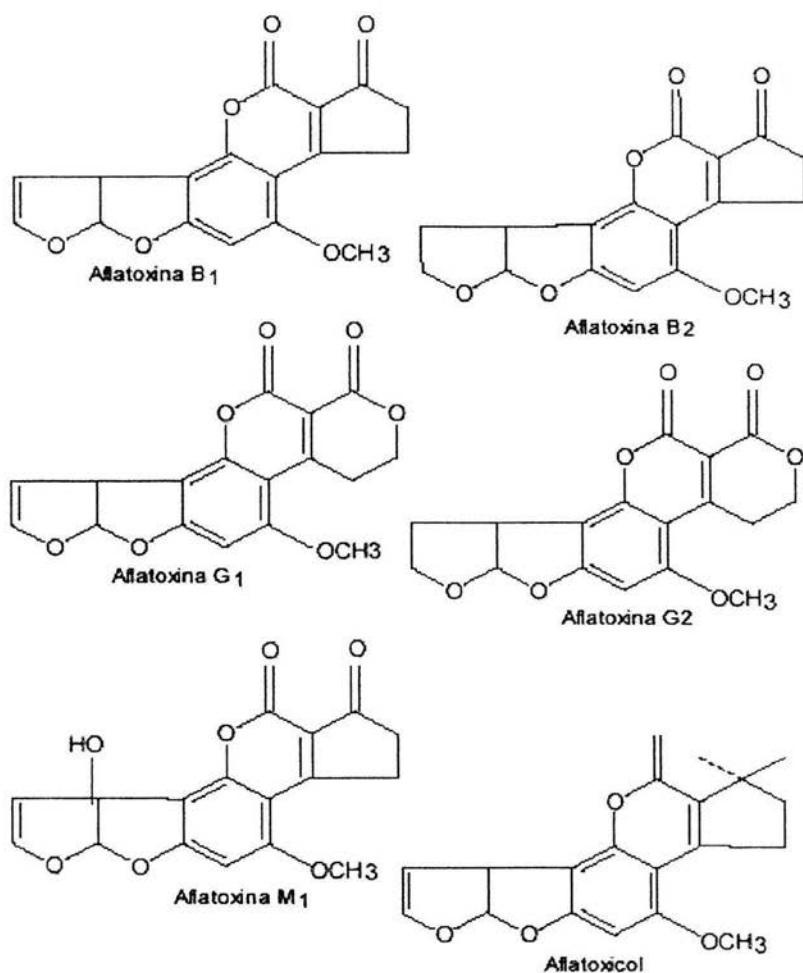


Figura. 1 Aflatoxinas

La aflatoxina M1 (AFM1) y Aflatoxicol son los dos metabolitos más importantes de la Aflatoxina B1, estas son producidas después de unas cuantas horas posteriores a la ingestión del alimento contaminado. Los principales síntomas que producen es el daño agudo al hígado, cirrosis hepática inducción de tumores y pueden provocar problemas renales. Los principales órganos afectados son: hígado y riñón (Schuler *et al.*, 1981; Van Egmond, 1989; Stoloff *et al.*, 1991; Rosner, 1998)

Bryden *et al.* (1980) en los análisis de 55 alimentos, todos ellos contaminados con agua o visiblemente enmohecidos obtuvieron AFB1 en 23 de las 55 muestras, en ellas la concentración promedio fue de 0.14 mg/kg, considerándose todas las muestras dentro de la categoría de “toxicidad media”, en un rango de 0.05 a 0.25 mg de AFB1/kg., concluyendo que a estos niveles puede causar toxicidad crónica en la mayoría del ganado.

Gabal *et al.* (1994), aislaron *Aspergillus flavus* en 103 (68.6%) de 150 muestras de raciones para pollos de engorda y gallinas de postura que contenían maíz, arroz, soya y semilla de algodón. Todas las muestras aisladas produjeron 1 o más aflatoxinas. Sin embargo, únicamente 41 (40%) de los aislamientos produjeron todas las aflatoxinas (B1, B2, G1 y G2). Treinta de estos aislamientos fueron en las raciones conteniendo maíz, de los cuales 23 correspondieron a maíz blanco y 7 a maíz amarillo. En las muestras con maíz blanco, observaron diferencias en las concentraciones de aflatoxinas entre muestras positivas de un mismo origen y de diferentes orígenes; 15 (85%) de las 23 muestras produjeron AFB1.

2.3.2 Efectos biológicos de las aflatoxinas

En los animales la aflatoxicosis incluye disfunción gastrointestinal, se reduce la actividad reproductiva y la eficiencia de utilización de los alimentos se ve afectada, produciendo anemia e ictericia (Horn *et al.*, 1995). Posiblemente el primer caso reportado de micotoxicosis fue reportado por Sipple, Burnside y Atwood, en el año de 1953, cuando vacas que comieron maíz contaminado, presentaron depresión del apetito, diarrea con sangre. A la necropsia el hígado estaba aumentado de tamaño e hinchado con ligeras áreas amarillas (Bodine y Mertens, 1983).

Albright *et al.* (1964) indicaron que maíz contaminado que se les proporciono en el alimento a becerros de entre 5 y 8 meses de edad por 17 días resulto en 69% de morbilidad dentro de los primeros 73 días. Nueve días después de haber empezado con esa ración, los becerros presentaron decaimiento y pobre condición corporal y se rehusaron a comer. A la necropsia, las lesiones más prominentes fueron hemorragias difusas, nueve de las vaquillas, presentaron hígado hinchado característico de hepatitis focal. La ración sospechosa se le dió a 4 becerros de 6 meses de edad y uno de ellos presentó un prolongado retraso en el tiempo de coagulación sanguínea.

Loosmore *et al.*, (1964,) realizaron un estudio en vacas que consumieron harinolina contaminada con AFB1, la producción de leche disminuyo 25 a 50% después de 3 a 4 semanas. Las vacas más afectadas fueron aquellas que tenían entre 4 -6 meses de haber parido. Cuando la harinolina fue retirada de la alimentación, se recuperaron en un lapso de una semana. Gopal *et al.*, (1968) señalaron que harina de cacahuate estuvo asociada con muertes en un hato lechero, encontraron que la harina estaba contaminada con AFB1. Los signos clínicos incluyeron: anorexia, perdida de condición, apatía, opacidad de cornea, ascitis en animales tanto jóvenes como viejos, diarrea intermitente y reducción o ausencia de producción de leche. Algunos animales presentaron desordenes nerviosos tales como excitación repentina o abrupta y caminar en círculos antes de caer en coma y muerte. Guthrie, (1979) en vacas que consumieron maíz contaminado con AFB1, encontró los siguientes signos: becerros neonatos con talla inferior al promedio, diarrea, brotes de mastitis aguda y metritis, desordenes respiratorios, producción de leche errática, abortos, prolapso de recto, pérdida de pelo, apetito deprimido y muerte. Similares respuestas han sido observadas en bovinos en trópico.

En rumiantes, que parecen ser más resistentes a aflatoxicosis que el cerdo, los signos clínicos agudos de aflatoxicosis son: reducción en la ingestión de alimento, disminución en la producción de leche y daño al hígado. Las aflatoxinas alteran la función ruminal por disminución en la digestión de la celulosa, formación de ácidos grasos volátiles, proteolisis y motilidad ruminal. En la exposición crónica a aflatoxinas tiende a bajar aún más la eficiencia alimenticia, deprime el sistema inmune y reduce la eficiencia reproductiva, esto ocurre generalmente cuando los niveles en la dieta exceden de 25 a 50

ppb, niveles que pueden causar residuos ilegales en la leche. (Duarte *et al.*, 2002; Diekman, 1992)

No obstante que los efectos crónicos y agudos de aflatoxicosis son importantes para la producción animal, el principal problema es el efecto que la aflatoxina puede tener en la contaminación de productos de origen animal, tal como la leche. Se estima que del total de aflatoxina B1 consumida, solo una tercera parte es excretada en leche como Aflatoxina M1. Esto indica que las vacas son relativamente eficientes en metabolizar la aflatoxina entre el grano contaminado y el producto para consumo humano. Aunque estos experimentos han sido desarrollados en vacas bajas productoras, se sugiere que vacas altas productoras pueden excretar una alta proporción de aflatoxina dentro de la leche (Bodine y Mertens, 1983).

Hasta el momento todas las investigaciones sobre la contaminación de hongos del género *A. flavus* y *parasiticus* productores de aflatoxinas se han centrado sobre cereales, principalmente maíz, no existen reportes sobre las excretas de cerdo como un vehículo de aflatoxinas, aunque este ingrediente es fácil de contaminarse con hongos, es necesario investigar si la cerdaza combinada con el maíz planta completa sirven como un sustrato para las aflatoxinas y su biotransformación hacia sus dos metabolitos principales (aflatoxicol y AFM1) cuando se les someta a un tratamiento como lo es el ensilaje.

2.3.3. Proceso de biotransformación de las Aflatoxinas

Las reacciones básicas enzimáticas de la biotransformación están conceptualmente divididas en dos fases: reacción I que consiste de oxidación, reducción e hidrólisis y la fase II en la cual los metabolitos producidos en la primera fase son conjugados con sustancias endógenas a fin de facilitar la excreción. La conjugación puede ocurrir con varios compuestos incluyendo ácido glucurónico, sulfato, aminoácidos y grupos metilo o acetilo. Durante el metabolismo de la fase I la AFB1 es biotransformada por la enzima citocromo p-450 hacia varios metabolitos solubles en agua que incluyen a la AFM1, Q1, P1 y Aflatoxicol. Las enzimas del retículo endoplasmico liso de la familia del citocromo p-450 están involucradas en la hidroxilación, O-demetilación y la epoxidación de la AFB1,

mientras que las reductasas del citosol son responsables de la reducción de la AFB1, lo cual resulta en la formación del Aflatoxicol (Stoloff, 1977; Valle y Lucas, 2000).

2.3.4. Métodos de análisis de las micotoxinas

De suma importancia en el diagnóstico de alimentos contaminados con micotoxinas es la precisión y seguridad en las pruebas para la cuantificación. Existen tres pasos básicos envueltos en la mayoría de los análisis y en cada uno se debe desarrollar la mejor metodología. Estos tres pasos son: extracción, limpieza y cuantificación. Las aflatoxinas son las más estudiadas de todas las micotoxinas y numerosos métodos han sido publicados para su análisis. Los alimentos rutinariamente más analizados para aflatoxinas incluyen sorgo, cacahuates, maíz y nueces. El método más moderno para el conteo de aflatoxinas es el HPLC con derivatización de B1 y G1 por fluorescencia. El método de columnas de inmunoafinidad ha recibido mucha atención hoy en día particularmente en el control de la calidad de alimentos, que es necesario para análisis rápidos (Moreno y Gil 1999; Dekman y Green, 1992).

3. JUSTIFICACION

La investigación sobre la utilización de excretas porcinas en la alimentación de los animales sea en forma fresca, deshidratada o con separación de sólidos, se ha efectuado principalmente en forma ensilada en combinación con forrajes de baja calidad como los rastrojos y pajas, dando resultados de poca utilidad para ser puestos en práctica; sin embargo, debido a que las excretas son ricas en N, P y otros minerales y mediante el ensilaje disminuyen las poblaciones de bacterias, *coliformes* patógenos, virus, parásitos y algunos hongos. En México uno de los forrajes más utilizados para el ensilaje es la planta de maíz que es un elemento que aporta energía más que proteína por lo que la combinación es estos dos ingredientes resulte en un alimento de mejor características nutricionales pero uno de los inconvenientes de este tipo de combinación es el contenido de alta humedad tanto de la planta del maíz como de las excretas que evite un buen proceso de fermentación durante el ensilaje y afecte el valor nutritivo de esta combinación. Con este tipo de ensilados se buscan alternativas que permitan disminuir la contaminación del medio ambiente con las excretas de cerdo. Cuando las excretas porcinas se utilizan ensiladas se mejora su olor, aumenta su ingestión, disminuye la concentración de parásitos, que en forma natural se encuentra en estos residuos sólidos y se reduce la posible transmisión de enfermedades. El maíz es uno de los principales substratos que se ven afectados por la contaminación por *A. flavus* y *parasiticus* productores de Aflatoxinas que ocasionan pérdidas económicas en la producción animal principalmente en rumiantes aunado a que no existe información consistente que nos diga que las excretas porcinas son un vehículo importante de contaminación de Aflatoxinas, por lo cuál como segunda parte e independiente de la caracterización nutricional de esta investigación, se inoculo AFB1 en una segunda mezcla de estos dos ingredientes que busca investigar si con el proceso del ensilaje se biotransforma la aflatoxina B1 a sus metabolitos principales: Aflatoxicol y AFM1 o al final del proceso no se detectan AFB1 y/o algunos de sus metabolitos en el interior del ensilado. Con ellos se contribuiría a establecer si el proceso del ensilaje elimina o evita que exista el riesgo de afectar en la salud de rumiantes y por consecuencia la salud pública.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivos :

4.1.1 Objetivo General:

La presente investigación busca estudiar combinaciones de 0%, 15%, 30%, 15% y 60% de excretas (fracción sólida) y plantas de maíz con diferentes estados de madurez (lechoso – masoso, masoso – lechoso y cristalino o vidrioso) para identificar un nivel óptimo de materia seca el cual permita la consecución rápida y estable del ensilado, sin deterioro del aporte de nutrimentos e investigar los cambios en las siguientes características nutricionales de los ensilados:

4.1.2. Objetivos específicos: características nutricionales

- 1) Evaluar las Características organolépticas y pH para determinar la calidad del proceso
- 2) Determinar el valor nutritivo de los ensilados a través del análisis químico proximal de: Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO), Proteína Total (PT), Extracto Etéreo (EE), Fibra Cruda (FC), Elementos Libres de Nitrógeno (ELN) y Cenizas (CEN).
- 3) Determinar las fracciones de fibra (FND, FAD, Celulosa, Hemicelulosa, Lignina y Mienerales)
- 4) Determinar el contenido de Ca y P
- 5) Evaluar los patrones de fermentación de los principales Acidos grasos de cadena corta (acético, propionico, butírico) y ácido láctico.

4.1.3. Aflatoxina B1

- 6) Capacidad de biotransformación de AFB1 por los ensilados que presentaron las mejores catacterísticas nutricionales durante el experimento y además se evaluó determinó el contenido de materia seca, ácido láctico y pH.

5.HIPOTESIS DEL PROYECTO

La adición de excretas porcinas (fracción sólida) en distintas proporciones con planta de maíz en diferentes estados de madurez y un nivel fijo de melaza, produce alteraciones en el proceso de ensilaje, que se ven reflejados en el valor nutritivo (composición química proximal, paredes celulares, Ca y P, AGV y pH) de los ensilados.

El proceso del ensilaje es capaz de biotransformar a la aflatoxina B1 y esto es diferente según el tiempo que tardan los ensilados en almacenamiento.

6. MATERIAL Y METODOS

El presente experimento se llevo a cabo en el laboratorio de Bromatología y Toxicología del Departamento de Nutrición Animal de la Fac. de Med. Vet. y Zoot en dos experimentos:

6.1 Experimento I: Caracterización nutricional

La excreta de cerdo se obtuvo del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina (CEIEEP), propiedad de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ubicada en el poblado de Jilotepec, Edo. de México. La región se encuentra a una altura de 2,250 m sobre el nivel del mar, con clima templado en verano y extremo en invierno con temperatura media de 18⁰ C, variando entre 12⁰ C y 24⁰ C con un régimen de lluvias de junio a septiembre, con un promedio de precipitación pluvial de 608 mm, iniciando las heladas en octubre y prologándose hasta marzo (García, 1981). La excreta se colecto en una fosa de captación para procesarla y obtener los sólidos de excretas mediante el proceso de separación en cascada (LISCO). Las plantas de maíz se obtuvieron a diferente edad (días posteriores a la siembra) en un cultivo localizado en la delegación Tlahuac, después de la cosecha en campo se procesaron en el laboratorio.

6.1.1. Unidades experimentales:

Se hicieron mezclas con diferente proporción (0, 15, 30 y 60%) de sólidos de excretas porcinas, planta de maíz a 3 diferentes estados de madurez (lechoso – masoso, masoso – lechoso y vidrioso o critslino) con un tamaño de partícula de 2 a 3 cm y un porcentaje (5%) fijo de melaza, se prepararon 10 kg de cada una de las mezclas de cada una de las combinaciones, estado de madurez-porcentaje de inclusión de excretas y se ensilaron (2 kg aproximadamente de cada combinación), en 3 botes de plástico sellados (microsilos) se coloco la mezcla por capas de aproximadamente de 5 cm y apisonándose con una botella de vidrio hasta su llenado a los cuales se les extrajo el aire residual con una bomba de vacío y se dejaron fermentar durante 30 días. El material sobrante se utilizo para el análisis inicial de laboratorio.

6.1.2. Diseño de tratamientos:

Se estudiaron la combinación de dos factores: el primer factor fue el porcentaje de inclusión de excretas porcinas a 0, 15, 30 y 60% y el segundo factor el estado de madurez del maíz, el cuál se corto a 140 días (lechoso-masozo), 160 días (masozo-lechoso) y 180 días (cristalino o vidrioso) y melaza (5%) resultando en 12 tratamientos (T) finales.

Tratam	%IE porcinas	EM 140 días	Melaza %	Tratam.	%IE porcinas	EM 160 días	Melaza %	Tratam.	%IE porcinas	EM 180 días	Melaza %
T1	0	95	5	T5	0	95	5	T9	0	95	5
T2	15	80	5	T6	15	80	5	T10	15	80	5
T3	30	65	5	T7	30	65	5	T11	30	65	5
T4	60	35	5	T8	60	35	5	T12	60	35	5

*De cada combinación se hicieron 3 repeticiones

6.1.3. Variables en estudio:

Tanto al inicio del ensilaje como al final se determinaron las siguientes variables:

- a) pH y características organolépticas de olor, color, textura y consistencia (de acuerdo a lo descrito por Jiménez, 1988)
- b) Materia Seca (MS).
- c) Materia Orgánica (MO).
- d) Proteína Total (PT).
- e) Extracto Etéreo (EE).
- f) Extracto Libre de Nitrógeno (ELN).
- g) Fibra Cruda (FC).
- h) Cenizas (CEN).
- i) Fibra Neutro Detergente (FND).
- j) Fibra Detergente Acida (FDA).
- k) Lignina (L).

- l) Celulosa (C).
- m) Hemicelulosa (H).
- n) Cenizas insolubles en FDA
- o) Calcio y Fósforo.
- p) Acidos grasos volátiles (Acético, Propiónico y Butírico).

Para todas las variables se utilizaron las técnicas de laboratorio para evaluación de forrajes y ensilados recomendadas por A.O.A.C., (1990) y Tejada, (1985)

6.1.4. Diseño Experimental:

El diseño experimental fue el completamente al azar con un arreglo factorial de 4x3 (Porcentaje de inclusión de excretas x Edades de la planta de maíz) con tres repeticiones cada uno, bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + EM_i + P_j + EM \times P_{ij} + E(ij)_k$$

Dónde:

Y_{ijk} = es el valor de k de la variable en estudio del j -ésima unidad experimental

μ = media de la población

EM_i = estado de Madurez de la planta del maíz ($i = 140, 160, 180$)

P_j = porcentaje de inclusión de las excretas porcinas ($j = 0, 15, 30, 60$)

$EM \times P_{ij}$ = interacción del i -ésimo estado de madurez con la j -ésimo % de inclusión

$E(ij)_k$ = es el error aleatorio $\sim N(0, \sigma^2)$ con el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianza.

La significancia para este modelo fue de 0.05. Para todas las variables se hicieron las pruebas para verificar los supuestos de normalidad (Shapiro y Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene). Se busco la transformación adecuada para las variables MS, FC, Cenizas, pH, Cenizas insolubles en FAD, Hemicelulosa, Celulosa, FAD, y Ca (Cuadro 2) que no cumplieron con los supuestos (Daniel, 2002).

Cuadro 1. Prueba de Levene de Igualdad de Varianzas

	F	gl 1	gl 2	Sig
PH*	3.068	11	24	0.010
MS*	3.894	11	24	0.003
PT	2.031	11	24	0.071
EE	1.463	11	24	0.210
FC*	3.231	11	24	0.008
ELN	1.819	11	24	0.107
CEN*	3.789	11	24	0.003
FND	1.214	11	24	0.330
FAD*	4.955	11	24	0.001
CEL*	3.800	11	24	0.003
HEMICEL*	2.375	11	24	0.037
LIGNINA	1.363	11	24	0.252
MINERALES*	2.966	11	24	0.013
CALCIO*	3.447	11	24	0.005
FÓSFORO	1.187	11	24	0.346

Se tomo una muestra compuesta de cada combinación antes de ensilar para el análisis de las variables a medir y se uso un intervalo de confianza al 95% dentro de cada combinación, para comparar el efecto de antes vs después de ensilar (Gill, 1981)

6.2. Experimento II: Biotransformación de aflatoxina B1

Con el propósito de evaluar la biotransformación de la aflatoxina B1, durante el proceso del ensilaje esta etapa inicio con el cultivo del hongo *Aspergillus Flavus* en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, bajo la siguiente metodología.

Se incubo una cepa de *Aspergillus Flavus* en el medio de cultivo de Agar Dextrosa Sabouraud durante 72 a 96 horas (Winter, 1975), después se resembró en 10 frascos esterilizados de 2 litros que contenían partes iguales de arroz como medio de crecimiento, durante 5 a 7 días a temperatura de laboratorio, posteriormente en el laboratorio de toxicología se esterilizaron nuevamente los frascos y el sedimento se analizo por cromatografía en placa fina (Stoloff, 1972).

6.2.1 Diseño de tratamientos.

Se ensilaron mezclas de fracciones sólidas de excretas porcinas (30%) con maíz planta completa (60%), con un tamaño de partícula de 2 –3 cm y un porcentaje fijo de melaza (5%). La unidad experimental fue el microsilo con un número de microsilos de 60. Los tratamientos fueron los días de apertura (14, 28, 42 y 56) y cada tratamiento consistió de 15 repeticiones cada uno, para ver efecto del día de apertura.

El peso de los microsilos fue de aproximadamente 1 kg y elaborados en la misma forma que fue descrita en el experimento 1 e inoculados con el cultivo previamente elaborado de AFB1 equivalente a una cantidad de 50ppb, que se colocaron en diferentes estratos dentro de los microsilos antes de ser sellados herméticamente. Las variables en estudio fueron: el potencial de hidrogeniones (pH), Materia Seca (MS), Acido Láctico y AFB1, Aflatoxicol y Aflatoxina M1.

6.2.2. Diseño experimental:

El diseño experimental fue completamente al azar, tomado el tiempo de ensilado como tratamiento (se destaparon 15 microsilos cada 14 días y con 15 repeticiones cada uno), bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = es el valor de pH, MS, ácido láctico, aflatoxina B1, aflatoxicol y M1, de la j-ésima unidad experimental

μ = Media de la población;

T_i = Tratamiento [Tiempo, $i = 0, 14, 28, 42, \text{ y } 56$ días]

E_{ij} = Error aleatoria $\sim N(0, \sigma^2)$.

Se hicieron las pruebas para verificar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Cuadro 3) . Solo la MS cumplió con los supuestos; se hizo una análisis de varianza con contrastes polinomiales hasta segundo grado para pH y Acido láctico, se busco una transformación de Box - Cox, pero no corrigió el problema (Gill, 1981) por lo

que los resultados se sometieron a un análisis de Kruskal - Wallis y de Mann – Whitney donde la significancia para este modelo fue de 0.05

Cuadro 2. Prueba de Homogenidad de Varianzas

	Estadístico Levene	gl 1	gl 2	Sig.
PH	19.481	3	56	0.0001
Láctico	9.225	3	56	0.0001
MS	1.701	3	56	0.177

6.2.3. Medición de las variables:

Se destaparon en el tiempo antes mencionado y después de desechar los primeros 10 a 15 cm de la parte superficial del microsililo, se mezcló el resto del contenido en una bolsa herméticamente cerrada e inmediatamente se midió pH y la evaluación de características organolépticas (color, olor, textura, consistencia y presencia de moho) de los ensilados. Así como se determinó la MS, bajo el método descrito por Tejada (1985). Enseguida se procedió a tomar una muestra de 250 a 300 gramos aproximadamente, la cual se congeló a -70°C , para su posterior análisis de laboratorio en la determinación de Acido Láctico con base al método de AOAC (1990) bajo el siguiente procedimiento:

- Se tomaron 50 gramos de muestra congelada y se mezcla con 100 ml de agua destilada en un recipiente de plástico con tapa de rosca, homogeneizando la mezcla y dejándose refrigerar por 12 – 24 horas.
- Se filtra la muestra a través de fibra de vidrio recibiendo el líquido en un tubo de ensaye, centrifugándose a 3000 rpm durante 30 minutos a una temperatura de 4 - 8°C
- Del sobrenadante se toman 5 ml y se les agrega 1 ml de una solución ácido metafosfórico + ácido fórmico al 25%, estas soluciones están en una proporción de 3:1.
- La mezcla se filtra a través de microfiltros (Nalgen de 0.45µl de 0.25mm), auxiliándose con una jeringa de plástico de 5ml para que pase la solución a través del microfiltro.

- e) En un tubo de ensayo 25 ml con tapón de rosca se toma 1 ml del extracto filtrado y se le adiciona 2 ml de metanol y 0.4 ml de una solución de ácido sulfúrico al 50%. Colocando la mezcla en baño María a una temperatura constante de 55° C durante 30 minutos y luego se deja enfriar durante 5 a 10 minutos.
- f) Una vez enfriada la solución se le agrega 1 ml de agua destilada y 0.5 ml de cloroformo, se cierra el tubo y se mezcla por inversión para evitar que se forme emulsión.
- g) Se centrifuga a 2000 rpm por 10 minutos en una centrífuga International Equipment Co. (Model K No. 31993p Size 2, USA), con el objeto de separar dos capas (oleosa y líquida).
- h) Con una micro-jeringa se extrae 1 μ l de la parte acuosa (capa inferior de la solución) y se inyecta en un cromatógrafo de gases modelo Varian 3700, equipado con una columna de acero inoxidable GP 10% SP1200/1% de ácido fosfórico en cromosor waw.80/100 malla Metil silicona empaque preparado GP de tipo esterácido.

Curva estandar:

Se prepararon soluciones de ácido láctico al 1%, 0.5% y 0.25%, estas fueron de acuerdo a lo descrito por AOAC (1990).

6.2.4 Determinación de Aflatoxinas.

La determinación de aflatoxinas y sus metabolitos fue realizada por el laboratorio del CINVESTAV, como un servicio externo.

El análisis de AFB1 y sus metabolitos aflatoxicol y M1, se hizo mediante una selección completamente al azar mediante un sub-muestreo, con un mínimo número de análisis y al salir negativas las submuestras, no tuvo objeto hacer el análisis del total de muestras y el error de varianza de los análisis se muestra según Dickens y Whitaker (1983). Las muestras seleccionadas fueron: 6, 8, 13 (día 14); 18,20, 29 (día 28); 33, 35, 43 (día 42) y 49, 50 y 55 (día 56) y analizadas en base al método de AOAC modificado por Guzmán, 1992.

El error total de varianza del análisis esta de acuerdo a la fórmula de Dickens y Whitaker (1983).

$$V=S + C + F + Q$$

Donde:

V= Es el error total

S= Es el error debido al muestreo del maíz molido

C= Es el error debido al submuestreo del material residual toscos

F= Es el error debido al muestreo del material residual fino

Q= Es el error en cuantificación de aflatoxina en el extracto de cloroformo de las submuestras finamente molidas.

$$W_s= 9.5 \text{ kg}$$

$$W_c= 2.250 \text{ kg}$$

$$W_f= 0.150 \text{ kg}$$

$$N_q= 17 \text{ cuantificaciones}$$

Donde:

W_s= Es el peso de la muestra en kg

W_c= Es el peso de la submuestra toscamente molida en Kg

W_f= Es el peso de la submuestra finamente molida en Kg

N_q= Es el numero de veces que la aflatoxina es cuantificada en el solvente en un plato de Cromatografía de placa fina (TLC) y μ son las ppb de concentración de aflatoxina en el lote.

$$S= 3.9539 \mu/W_s$$

$$C= 0.1196 \mu/W_c$$

$$F= 0.0125 \mu/W_f$$

$$Q= 0.0699 \mu/N_q$$

$$V= 0.5556 + 0.0709 + 0.11125 + 0.0073 = 0.745$$

7. RESULTADOS

7.1 Experimento I

7.1.1 Características organolépticas y pH

Los ensilados con 0, 15 y 30 % IE y en todos los Estados de Madurez (EM) y uno de 60 %IE en cada EM (140, 160 y 180 días) presentaron un olor parecido a frutas fermentadas (olor dulce – ácido), color café claro, estructura del ensilado suave y consistente y ausencia de hongos, característico de un buen proceso de fermentación, estos representaron el 83.33% de los ensilados. Solo seis de 60 %IE (dos de cada EM) presentaron un olor a excretas con humedad y algunos de ellos tuvieron contaminación con hongos en la parte superior del microsilo.

Por un error el pH solo se midió después del procesamiento de ensilaje, por lo que no se tuvieron los datos de pH en los pre-ensilados. Se analizaron dos fuentes de variación; una con respecto a su Estado de Madurez (EM) y la segunda con respecto al Porcentaje de Inclusión de Excretas (%IE) porcinas. Esto fue para todas las variables en estudio.

El pH de los tratamientos, se vio afectado significativamente ($P < 0.001$) por la interacción EM-%IE porcinas en los ensilados (Cuadro 3), teniendo un incremento lineal ($P < 0.0001$) conforme se incremento el % de inclusión de excretas porcinas (Anexo 3) siendo diferentes ($P < 0.05$) sus promedios marginales entre los cuatro niveles de excretas (Figura 2). En promedio los ensilados con pH menos ácidos ($P < 0.05$) se observaron en las interacciones con planta de maíz de 140 días (Figura 3), observándose una disminución ($P < 0.0001$) del primer al segundo EM, para volver a incrementarse ($P < 0.0001$) del segundo al tercer EM (Anexo 2). La interacción del EM de 160 días tuvieron el pH más ácido. En promedio los ensilados con 60% inclusión de excretas porcinas presentaron los pH menos ácidos. El pH en todos los ensilados estuvieron por debajo de 4 que se considera como óptimo para cualquier tipo de ensilado.

Cuadro 3. Efecto de la interacción del EM-%IE porcinas sobre el pH de los ensilados

EM	% de INCLUSIÓN			
	0	15	30	60
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$
140 días	3.6133+ 0.015 ^c	3.6167+ 0.015 ^c	3.6900+ 0.015 ^b	3.8733+ 0.015 ^a
160 días	3.1633+ 0.015 ^b	3.1900+ 0.015 ^b	3.3033+ 0.015 ^{e,f}	3.4233+ 0.015 ^d
180 días	3.2533+ 0.015 ^f	3.3533+ 0.015 ^e	3.3400+ 0.015 ^e	3.4367+ 0.015 ^d

a,b,c,d,e,f= Distintas literales en la misma columna e hilera indican diferencias significativas (P< 0.05)
 \bar{x} = Media estadística e e= error estándar

7.1.2 Materia Seca y Materia Orgánica

El contenido de MS y MO disminuyeron por el proceso de ensilaje (P<0.05), observándose una reducción similar en el contenido de MS (21.42%) y MO (27.41%), al final del proceso del ensilaje (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto del proceso del ensilaje sobre el contenido de MS y MO

Proceso	% MS	%MO
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$
Pre-ensilados	34.389 \pm 0.972 ^a	26.794 \pm 1.082 ^a
Ensilados	27.020 \pm 0.479 ^b	19.448 \pm 0.643 ^b

^{a,b} = Distintas literales en la misma columna indican diferencias significativas (P< 0.05)
 \bar{x} = Media estadística e e = error estándar

En los pre-ensilados el contenido de MS disminuyó linealmente (P<0.05), conforme aumentaba el EM; teniendo un efecto significativo (P<0.05) el proceso del ensilaje en los tres EM de la planta sobre el contenido de MS*, donde la media marginal de los pre-ensilados fue diferente al contrastarla con los ensilados a través de su intervalo de confianza al 95% (IC 95%), esta comparación se hizo para todas las variables en estudio. En los ensilados el EM tuvo un efecto significativo (P<0.007) sobre el contenido de MS (Anexo 1) de los ensilados, aumentando (P<0.003) en su contenido del primer EM al segundo para volver a disminuir para el tercer EM (Anexo 2), siendo diferentes (P<0.05) las medias marginales de 140 y 160 con 180 días (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto del EM de la planta del maíz sobre el contenido de MS en los pre-ensilados y ensilados.

E M	% MS		Intervalo de C. al 95% de los ensilados		Diferencia debida al ensilaje
	Pre-ensilados	Ensilados	Valor mínimo	Valor Máximo	%
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$			
140	37.068 \pm 1.47 ^a	26.768 \pm 0.434 ^{a,b}	25.872	27.663	10.3*
160	35.160 \pm 0.98 ^b	28.145 \pm 0.434 ^a	27.249	29.041	7.0*
180	30.940 \pm 0.85 ^c	26.160 \pm 0.434 ^b	25.122	26.913	4.8*

a,b,c= Distintas literales por columna, dentro de cada variable indican diferencias significativas (P<0.05)

\bar{x} = Media Estadística e e = error estándar

* = Efecto significativo (P<0.05) del proceso del ensilaje (antes vs después) sobre el contenido de MS

El %IE porcinas afecto significativamente (P<0.0001) el contenido de MS en los ensilados, de 15 a 60% (Anexo3), teniendo un comportamiento lineal (P<0.0001) ascendente conforme se incremento el %IE (Anexo 4) Existieron diferencias significativas (P<0.05) debidas al proceso del ensilaje al disminuir el contenido de MS* en los ensilados y siendo diferentes (P<0.05) las medias marginales de los ensilados con 60%IE porcinas con todas las demás (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto del %IE porcinas sobre el contenido de MS de los pre-ensilados y ensilados

%IE	% MS		Intervalo de C. al 95% de los ensilados		Diferencia debida al ensilaje
	Pre-ensilados	Ensilados	Valor mínimo	Valor Máximo	%
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$			
0	32.043 \pm 1.430 ^a	24.559 \pm 0.501 ^c	23.527	25.593	7.5*
15	33.307 \pm 2.027 ^a	25.171 \pm 0.501 ^c	24.137	26.205	8.1*
30	36.467 \pm 2.388 ^b	27.666 \pm 0.501 ^b	26.631	28.700	8.9*
60	35.700 \pm 1.594 ^b	30.511 \pm 0.501 ^a	29.477	31.545	5.2*

a,b,c = Distintas literales por columna, dentro de cada variable indican diferencias significativas (P<0.05)

\bar{x} = Media Estadística e e = error estándar

* = Efecto significativo (P<0.05) del proceso del ensilaje (antes vs después) sobre el contenido de MS

En mayor contenido de MO estuvo en el EM de 160 días en los ensilados, pero no fue diferente (P>0.05) respecto a sus promedios marginales (Cuadro 7). El EM tuvo un efecto significativo (P<0.004) sobre el contenido de MO (Anexo 1) y el proceso del ensilaje

tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el contenido de MO*, aumentando del primer al segundo EM y disminuir para el tercer EM (Anexo 2).

Cuadro 7. Efecto del EM de la planta del maíz sobre el contenido de MO en los pre-ensilados y ensilados.

E M	% MO				Intervalo de C. al 95%		Diferencia debida al ensilaje
	Pre-ensilados		Ensilados		de los ensilados		
	\bar{x}	$\pm e e$	\bar{x}	$\pm e e$	Valor Mínimo	Valor Máximo	%
140	26.665	$\pm 0.740^a$	18.323	$\pm 0.534^a$	17.592	19.797	8.3*
160	30.178	$\pm 1.710^b$	21.098	$\pm 0.534^a$	19.993	22.198	9.0*
180	23.540	$\pm 1.400^c$	18.535	$\pm 0.534^a$	17.452	19.657	5.0*

a,b,c,)= Distintas literales por columna, dentro de cada variable indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

\bar{x} = Media Estadística e e = error estándar

* = Efecto significativo ($P < 0.05$) del proceso del ensilaje (antes vs después) sobre el contenido de MO

En el Cuadro 8 se observa que la materia orgánica se vio afectada ($P < 0.004$) por la inclusión de excretas porcinas (Anexo 3). Existiendo un incremento lineal ($P < 0.0001$) de 0 a 60%, para ambos estados de conservación, pre-ensilados y ensilados (Anexo 4). Habiendo en los ensilados una diferencia de medias de 30 y 60% con 0 y 15 %IE porcinas. Se observó un efecto significativo ($P < 0.05$) en la disminución en el contenido de MO* debido al proceso del ensilaje en todos los niveles de inclusión.

Cuadro 8. Efecto del %IE porcinas sobre el contenido de MO de los pre-ensilados y ensilados

%IE	% MO				Intervalo de C. al 95%		Diferencia debida al ensilaje
	Pre-ensilados		Ensilados		De los ensilados		
	\bar{x}	$\pm e e$	\bar{x}	$\pm e e$	Valor Mínimo	Valor máximo	%
0	23.713	$\pm 1.542^a$	16.310	$\pm 0.617^b$	15.061	17.067	7.4*
15	26.440	$\pm 2.579^b$	17.067	$\pm 0.617^b$	15.623	18.169	9.4*
30	27.897	$\pm 2.382^{b,c}$	20.400	$\pm 0.617^{a,b}$	19.124	21.670	7.5*
60	29.127	$\pm 1.706^c$	23.497	$\pm 0.617^a$	22.893	25.439	5.6*

a,b,c = Distintas literales por columna, dentro de cada variable indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

\bar{x} = Media Estadística e e = error estándar

* = Efecto significativo ($P < 0.05$) del proceso del ensilaje (antes vs después) sobre el contenido de MO

7.1.3 Proteína Total

En el Cuadro 9 se presenta el contenido promedio de PT (11.352%) de los pre-ensilados que fue similar al de los ensilados (10.933%), donde no existieron diferencias significativas ($P>0.05$) debido al proceso del ensilaje sobre el nivel de proteína.

Cuadro 9. Efecto del proceso del ensilaje sobre el contenido de PT

Proceso	% PT		
	\bar{x}	\pm	e e
Pre-ensilados	11.352	\pm	1.062 ^a
Ensilados	10.933	\pm	0.595 ^a

\bar{x} = Media estadística e e = error estándar

En el Cuadro 10 se observa que existió un efecto ($P<0.0001$) en las interacciones EM-%IE, sobre el contenido de PT en los ensilados, conforme se incremento el nivel de excreta porcina aumento ($P<0.0001$) el contenido de PT. Existiendo una interacción significativa ($P<0.05$) entre los tratamientos por EM a sus diferentes porcentajes de inclusión de excretas (Figura 4), con una diferencia ($P<0.05$) de medias dentro de cada EM. En los EM sin excretas, se observa un efecto significativo ($P<0.05$) conforme avanza el EM, disminuyó el contenido de PT.

Cuadro 10. Efecto de la interacción del EM - %IE porcinas sobre el contenido de PT.

EM	% de INCLUSIÓN							
	0		15		30		60	
	\bar{x}	\pm e e	\bar{x}	\pm e e	\bar{x}	\pm e e	\bar{x}	\pm f e e
140 días	6.87	\pm 0.341 ^e	9.26	\pm 0.341 ^d	11.59	\pm 0.341 ^b	15.42	\pm 0.341 ^a
160 días	6.70	\pm 0.341 ^e	10.07	\pm 0.341 ^{e,d}	11.26	\pm 0.341 ^{b,c}	15.60	\pm 0.341 ^a
180 días	5.10	\pm 0.341 ^f	10.82	\pm 0.341 ^{b,c}	12.09	\pm 0.341 ^b	16.42	\pm 0.341 ^a

a,b,c,d,e,f.) Distintas literales en la misma columna e hielera, indican diferencias significativas ($P<0.05$)
 \bar{x} = Media estadística e e = error estándar

7.1.4 Extracto Etéreo, Fibra Cruda, Elementos Libres de Nitrógeno y Cenizas.

El promedio de EE y ELN de los ensilados no se vieron afectados ($P>0.05$) por el proceso de ensilaje a diferencia de la FC y CEN que el proceso fue significativo ($P<0.05$) sobre su contenido, disminuyendo la FC y aumentando CEN (Cuadro 11).

Cuadro 11. Efecto del proceso del ensilaje sobre el contenido de EE, FC, CEN y ELN

Proceso	%EE	%FC	%ELN	%CEN
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$
Pre-ensilados	5.591 ± 0.987 ^a	19.460 ± 1.268 ^a	56.528 ± 0.235 ^a	7.070 ± 0.274 ^b
Ensilados	5.967 ± 0.242 ^a	18.578 ± 0.721 ^b	56.954 ± 0.992 ^a	7.576 ± 0.296 ^a

a,b) Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas (P<0.05)

\bar{x} = Media estadística

ee = error estándar

El EE se vio afectado (P<0.0015) por la interacción EM - %IE porcinas (Anexo 5), el tratamiento 180-0% fue el que presentó el menor (P<0.05) contenido de EE y el tratamiento 140-60% fue el de mayor contenido (P>0.05) de EE. Todos los tratamientos, tendieron a incrementar en forma lineal (P<0.0001) en su contenido de EE (Anexo4). Los tratamientos con 0 y 15 %IE porcinas en los 3 EM, fueron los que tuvieron menor contenido de EE (Figura 5), presentando una diferencia en sus promedios marginales dentro de los tratamientos por EM (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de las interacciones EM-%IE porcinas sobre el contenido de EE en los ensilados.

EM	% de INCLUSIÓN			
	0	15	30	60
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$
140 días	4.210±0.350 ^{f,g}	4.620±0.350 ^{f,g}	7.060±0.350 ^{b,c}	9.100±0.350 ^a
160 días	5.003±0.350 ^{e,f}	5.373±0.350 ^{d,e,f}	6.640±0.350 ^{b,c,d,e}	7.657±0.350 ^b
180 días	3.263±0.350 ^g	5.097±0.350 ^{e,f}	6.190±0.350 ^{c,d,e}	7.387±0.350 ^{b,c}

a,b,c,d,e,f,g= Distintas literales en la misma columna e hielta, indican diferencias significativas (P<0.05)

\bar{x} = Media estadística ee = error estándar

La FC se vio afectada (P<0.0004) por la interacción del EM - %IE porcinas (Anexo 5), presentándose un efecto de disminuir y volver a aumentar (P<0.04) en su contenido en las diferentes interacciones de acuerdo a su EM; los tratamientos en el EM de 160 días fueron los que menor contenido de FC presentaron (Figura 6), en comparación del resto de los tratamientos que registraron en promedio un mayor contenido de FC (P<0.004) siendo los tratamientos 140-30% y 180-15% los de mayor contenido de FC (Cuadro 13).

Cuadro 13. Efecto de la interacción del EM del maíz y el %IE porcinas en los ensilados, sobre el contenido de FC

EM	% de INCLUSIÓN							
	0		15		30		60	
	\bar{x}	+ ee	\bar{x}	+ ee	\bar{x}	+ ee	\bar{x}	+ ee
140 días	17.746	+ 0.538 ^{b,c,d,e}	19.436	+ 0.538 ^{a,b,c}	22.026	+ 0.538 ^a	19.463	+ 0.538 ^{a,b,c}
160 días	17.320	+ 0.538 ^{c,d,e}	17.593	+ 0.538 ^{c,d,e}	16.896	+ 0.538 ^e	17.056	+ 0.538 ^{d,e}
180 días	19.046	+ 0.538 ^{b,c,d}	20.160	+ 0.538 ^{a,b}	17.866	+ 0.538 ^{b,c,d,e}	18.320	+ 0.538 ^{b,c,d,e}

a,b,c,d,e = Distintas literales en la misma columna e hilera, indican diferencias significativas (P<0.05)
 \bar{x} = Media estadística e e = error estándar

Los ELN en ensilados se vieron afectados (P<0.0001) por la interacción EM-%IE (Anexo 5), con una disminución lineal (P<0.0001) en su contenido conforme se aumento el contenido de excretas (Anexo 2) donde los tratamientos con 0 %IE porcinas fueron los que presentaron mayor contenido de ELN (Figura 7), pero existió un efecto (P<0.0001) en las interacciones, aumentando del primer al segundo EM para volver a disminuir en su contenido de ELN para el tercer EM, excepto en las interacciones con 0% de IE, con una diferencia significativa (P<0.05) de medias entre el tratamiento 180 - 0% con los demás (Cuadro 14).

Cuadro 14. Efecto de la interacción EM-%IE porcinas sobre el contenido de ELN de los ensilados

EM	% de INCLUSIÓN							
	0		15		30		60	
	\bar{x}	+ ee	\bar{x}	+ ee	\bar{x}	+ ee	\bar{x}	+ ee
140 días	62.343	+ 0.684 ^{a,b}	57.777	+ 0.684 ^{c,d}	51.537	+ 0.684 ^{a,h}	49.243	+ 0.684 ^h
160 días	62.650	+ 0.684 ^{a,b}	60.043	+ 0.684 ^{b,c}	58.553	+ 0.684 ^{c,d}	53.397	+ 0.684 ^{f,g}
180 días	64.507	+ 0.684 ^a	54.923	+ 0.684 ^{e,f}	56.480	+ 0.684 ^{d,e}	51.907	+ 0.684 ^{a,h}

a,b,c,d,e,f,g,h) Distintas literales en la misma columna e hilera, indican diferencias significativas (P<0.05)
 \bar{x} = Media estadística e e = error estándar

Las cenizas se vieron afectadas por la interacción EM-%IE (Anexo 5), siendo diferentes estadísticamente (P<0.011) entre sí, con una disminución lineal (P<0.0001) conforme se aumentaba la inclusión de excretas, no presentando diferencias los ensilados con 0 %IE, donde las interacciones de 15 y 30% disminuyeron (P<0.005) en su contenido del primer al segundo EM para volver a aumentar (P<0.005) al tercer EM (Figura 8).

Observándose que las interacciones con menor contenido de cenizas se presentaron en los niveles de 30 y 60 %IE porcinas.

Cuadro 15. Efecto de la interacción del EM y el %IE porcinas en los ensilados, sobre el contenido de CEN.

EM	% de INCLUSIÓN							
	0		15		30		60	
	\bar{x}	$\pm ee$	\bar{x}	$\pm ee$	\bar{x}	$\pm ee$	\bar{x}	$\pm ee$
140 días	8.830	± 0.339 ^{a,b}	8.903	± 0.339 ^a	7.783	± 0.339 ^{a,b,c,d}	6.777	± 0.339 ^{d,e,f}
160 días	8.327	± 0.339 ^{a,b}	6.923	± 0.339 ^{c,d,e,f}	6.653	± 0.339 ^{e,f,g}	6.293	± 0.339 ^{f,g}
180 días	8.087	± 0.339 ^{a,b,c}	9.000	± 0.339 ^a	7.370	± 0.339 ^{b,c,d,e}	5.967	± 0.339 ^g

a,b,c,d,e,f,g) Distintas literales en la misma columna e hilera, indican diferencias significativas (P<0.05)
 \bar{x} = Media estadística e e=error estándar

7.1.5 Fibra Detergente Neutro y Fibra Detergente Acido

En el Cuadro 16, se muestran los resultados de FDN, FDA, no existió efecto significativo (P>0.05) del proceso del ensilaje sobre el contenido promedio de estos dos componentes, manteniéndose estables la FDN y FDN durante la fermentación.

Cuadro 16. Efecto del proceso del ensilaje sobre el contenido de FDN y FDA

Proceso	%FDN		%FDA	
	\bar{x}	$\pm ee$	\bar{x}	$\pm ee$
Pre-ensilados	44.978	± 2.874 ^a	28.085	± 1.410 ^a
Ensilados	45.153	± 1.800 ^a	27.306	± 1.469 ^a

a) Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas (P<0.05)
 \bar{x} = Media estadística e e=error estándar

Las interacciones de FDN, se presentan en el Cuadro 17, se observó que existió un efecto significativo (P<0.002) en el contenido de FDN (Anexo 11) debido a la interacción %IE – EM, con un incremento lineal (P<0.05) conforme se aumentaba el nivel de excretas en los tratamientos con 140 días de EM, presentando el menor contenido (P<0.05) de FDN los ensilados con 0%IE porcinas con un efecto significativo por EM al aumentar (P<0.002) el FDN del primer al segundo EM y bajar (P<0.002) el contenido de FDN para el tercer EM en todas las interacciones (Figura 9) con una diferencia (P<0.05) entre sus promedios

marginales; presentando el contenido de FDN más estable con 30% de inclusión de excretas porcinas.

Cuadro 17. Interacciones de FDN en los ensilados de excretas porcinas con maíz

EM	% de INCLUSIÓN			
	0	15	30	60
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$
140 días	39.09 + 1.670 ^{c,f}	41.55 + 1.670 ^{d,e,f}	44.01 + 1.670 ^{c,d,e,f}	46.03 + 1.670 ^{a,b,c,d}
160 días	47.63 + 1.670 ^{a,b,e,d}	49.29 + 1.670 ^{a,b,e}	45.37 + 1.670 ^{b,c,d,e}	52.31 + 1.670 ^a
180 días	37.58 + 1.670 ^f	51.89 + 1.670 ^{a,b}	43.81 + 1.670 ^{e,d,e,f}	43.26 + 1.670 ^{e,d,e,f}

a,b,c,d,e,f = Distintas literales en la misma columna e hilera, indican diferencias significativas (P<0.05)

x = Media estadística e e = error estándar

En el Cuadro 18 se muestra el contenido de FDA de los pre-ensilados donde el EM de 160 días presento el mayor contenido de FDA (P<0.05) con respecto a los otros dos EM. Los ensilados se vieron afectados (P<0.051) por el EM de la planta de maíz (Anexo 7), siendo el EM de 140 días el que tuvo mayor contenido de FDA con una disminución lineal (P<0.017) de 140 a 160 días y no siendo diferentes (P>0.05) en sus promedios marginales 160 con 180 días (Anexo 8). La FDA* se modifico por el proceso del ensilaje, en diferente forma en los tres EM.

Cuadro 18. Efecto del EM sobre el contenido de FAD

EM Días	Pre-ensilados	Ensilados	Intervalo de C al 95% de los ensilados		Diferencia debida al ensilaje
	% FAD		Valor mínimo	Valor máximo	%
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$			
140	25.65 + 0.754 ^a	30.240 + 0.717 ^a	28.761	31.719	5.0*
160	30.54 + 2.789 ^b	25.972 + 0.717 ^b	24.492	27.451	4.5*
180	28.07 + 1.768 ^a	25.708 + 0.717 ^b	24.228	27.187	2.4*

a,b = Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas (P<0.05)

x = Media estadística

e e = error estándar

* = Efecto significativo (P<0.05) del proceso del ensilaje (antes vs después) sobre el contenido de FAD

En el Cuadro 19 se presentan las variaciones en el contenido de FDA (P<0.001) por la inclusión de excretas porcinas (Anexo 9), siendo el nivel de 0 % IE diferente a los otros tres niveles, este efecto se presentó tanto para pre-ensilados como en los ensilados, con un

efecto lineal ($P < 0.0001$) ascendente en el contenido de FDA (Anexo 10), solo el nivel de 0 %IE fue diferente ($P < 0.05$) en su promedio con los otros ensilados y solo el nivel de 60 %IE se vio afectado por el proceso del ensilaje.

Cuadro 19. Efecto del %IE sobre el contenido de FDA de los ensilados

%IE	Pre-ensilados	Ensilados	Intervalo de C al 95% de los ensilados	
	% FDA		Valor mínimo	Valor máximo
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$		
0	23.660 \pm 0.739 ^a	24.050 \pm 0.828 ^a	22.342	25.758
15	28.427 \pm 1.634 ^b	27.724 \pm 0.828 ^b	26.016	29.433
30	28.740 \pm 1.733 ^b	28.090 \pm 0.828 ^b	26.382	29.798
60	31.313 \pm 3.205 ^c	29.361 \pm 0.828 ^{b*}	27.653	31.069

a,b,c = Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

\bar{x} = Media estadística e e = error estándar

* = Efecto significativo ($P < 0.05$) del proceso del ensilaje (antes vs después) sobre el contenido de FND

7.1.6. Celulosa, Hemicelulosa y Lignina

El ensilaje no tuvo efecto significativo ($P > 0.05$) sobre el contenido de Celulosa y Hemicelulosa pero la Lignina se vio afectada ($P < 0.05$), disminuyendo su nivel debido al proceso del ensilaje (Cuadro 20).

Cuadro 20. Efecto del proceso del ensilaje sobre Celulosa, Hemicelulosa y Lignina en los ensilados.

Proceso	%CELULOSA	%HEMICELULOSA	%LIGNINA
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$
Pre-ensilados	19.485 \pm 0.712 ^a	18.098 \pm 1.500 ^a	6.723 \pm 0.406 ^a
Ensilados	20.175 \pm 0.671 ^a	17.848 \pm 0.742 ^a	5.279 \pm .0482 ^b

a,b = Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

\bar{x} = Media estadística e e = error estándar

En los pre-ensilados EM 140 días tuvo el menor contenido de celulosa, siendo diferente ($P < 0.05$) a los otros dos EM. Con lo que respecta a los ensilados, la celulosa no se vio afectada significativamente ($P > 0.149$) por el EM de la planta de maíz, (Anexo 7), en la comparación de medias marginales el EM de 140 días presenta el mayor contenido de celulosa y solo el EM de 140 días se vio afectado ($P < 0.059$) por el proceso de ensilaje (Cuadro 21).

Cuadro 21. Efecto del EM sobre el contenido de Celulosa

EM	%CELULOSA		Intervalo de C al 95 % de los ensilados	
	Pre-ensilados	Ensilados	Valor mínimo	Valor máximo
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$		
140	16.97 + 1.498 ^a	22.187 + 0.755 ^{a*}	20.628	23.745
160	20.08 + 2.145 ^b	18.642 + 0.755 ^b	17.083	20.200
180	21.41 + 0.967 ^b	19.696 + 0.755 ^{b,a}	18.139	21.256

a,b = Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas (P<0.05)

x = Media estadística e e =error estándar

* = Efecto significativo (P<0.05) del proceso del ensilaje (antes vs después) sobre el contenido de CEL

En los pre-ensilados la celulosa con 0% de IE porcinas fue diferente estadísticamente (P<0.05) con los otros tres niveles. En los ensilados la celulosa no se vio afectada significativamente (P>0.126) por el %IE porcinas (Anexo 9). Pero en el análisis por contrastes polinomiales hubo una tendencia (P<0.030) de incrementarse el contenido de Celulosa al aumentar el nivel de inclusión de excretas porcinas (Anexo 10) con una tendencia de menor contenido de celulosa en los niveles 0 y 15 %IE con respecto a los niveles 30 y 60%; el contenido de celulosa no se vio afectado (P>0.05) por el proceso del ensilaje (Cuadro 22).

Cuadro 22. Efecto del %IE sobre el contenido de Celulosa

%IE	%CEL		Intervalo de C al 95 % De los ensilados	
	Pre-ensilados	Ensilados	Valor mínimo	Valor máximo
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$		
0	18.007 + 2.168 ^a	18.361+0.872 ^a	16.562	20.160
15	18.517 + 2.048 ^b	19.990+0.872 ^a	18.191	21.789
30	20.760 + 1.169 ^b	21.376+0.872 ^a	19.574	23.173
60	20.647 + 2.525 ^b	20.977+0.872 ^a	19.177	22.776

a,b = Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas (P<0.05)

x = Media estadística e e =error estándar

* = Efecto significativo (P<0.05) del proceso del ensilaje (antes vs después) sobre el contenido de CEL

La hemicelulosa de los pre-ensilados tuvo una disminución lineal (P<0.05) en su contenido conforme avanzó el EM de la planta y en los ensilados se vio afectada (P>0.005) por el EM de la planta del maíz (Anexo 7), presentando diferencias significativas (P<0.05) entre sus promedios marginales. Aumentado (P<0.004) del primer al segundo EM y

disminuir para el tercer EM (Anexo 8), teniendo el mayor nivel de hemicelulosa el EM de 160 días (Cuadro 23); la hemicelulosa* se vio afectada ($P<0.05$) por el proceso del ensilaje en los diferentes EM.

Cuadro 23. Efecto del EM sobre el contenido de Hemicelulosa

EM	%HEMICELULOSA		Intervalo de C al 95% de los ensilados	
	Pre-ensilados	Ensilados	Valor mínimo	Valor máximo
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$		
140	22.09 \pm 2.286 ^c	12.432 \pm 1.062 ^{c *}	10.989	15.374
160	18.39 \pm 3.068 ^b	22.680 \pm 1.062 ^{a *}	20.487	24.873
180	13.82 \pm 1.428 ^a	18.428 \pm 1.062 ^{b *}	17.485	21.870

a,b,c.) Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas ($P<0.05$)

\bar{x} = Media estadística ee = error estándar

* = Efecto significativo ($P<0.05$) del proceso del ensilaje (antes vs después) sobre el contenido de HEMICEL

Los pre-ensilados presentaron una disminución lineal ($P<0.05$) de hemicelulosa conforme aumenta el %IE porcinas. En los ensilados la hemicelulosa en los diferentes niveles de inclusión los promedios marginales no presentaron diferencia estadísticamente significativa ($P<0.05$), no viéndose afectada por el % de IE porcinas ($P>0.336$). La hemicelulosa se vio afectada ($P<0.05$) por el proceso de ensilaje, excepto en el nivel de 30% IE (Cuadro 24).

Cuadro 24. Efecto del %IE sobre el contenido de Hemicelulosa

%IE	%HEMICELULOSA		Intervalo de C al 95% de los ensilados	
	Pre-ensilados	Ensilados	Valor mínimo	Valor máximo
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$		
0	22.047 \pm 4.254 ^c	17.384 \pm 1.227 ^{a *}	16.519	21.583
15	17.247 \pm 3.566 ^b	19.853 \pm 1.227 ^{a *}	18.321	23.385
30	18.267 \pm 2.346 ^b	16.310 \pm 1.227 ^a	13.778	18.842
60	14.833 \pm 2.540 ^a	17.838 \pm 1.227 ^{a *}	15.306	20.370

a,b,c.) Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas ($P<0.05$)

\bar{x} = Media estadística ee = error estándar

* = Efecto significativo ($P<0.05$) del proceso del ensilaje (antes vs después) sobre el contenido de HEMICEL

En los ensilados el contenido de lignina se modificó significativamente ($P<0.05$) por el %IE porcinas (Anexo 9), hubo un incremento lineal ($P<0.011$) en su contenido (Anexo 10), todos los niveles de inclusión se vieron afectados ($P<0.05$) por el proceso de ensilaje,

excepto el nivel de 30% que permaneció sin cambios significativos ($P>0.05$) en su contenido de lignina (Cuadro 25).

Cuadro 25. Efecto del %IE sobre el contenido Lignina

%IE	%LIGNINA		Intervalo de C al 95% de los ensilados	
	Pre-ensilados	Ensilados	Valor mínimo	Valor máximo
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$		
0	5.840 \pm 0.847 ^a	3.982 \pm 0.561 ^b *	2.824	5.141
15	7.217 \pm 1.299 ^a	5.456 \pm 0.561 ^{b,a} *	4.297	6.614
30	6.253 \pm 0.660 ^a	5.364 \pm 0.561 ^{b,a}	4.206	6.523
60	7.580 \pm 0.115 ^b	6.313 \pm 0.561 ^a *	5.155	7.472

a,b,c.) Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas ($P<0.05$)

\bar{x} = Media estadística ee = error estándar

* = Efecto significativo ($P<0.05$) del proceso del ensilaje (antes vs después) sobre el contenido de Lignina

En el Cuadro 26 se presentan los valores de la lignina, que se vio afectada significativamente ($P<0.034$) por la interacción EM - % IE porcinas (Anexo 11), presentando un efecto lineal conforme se aumentaba ($P<0.011$) el contenido de excretas en los ensilados, excepto en el EM de 180 días; siendo los ensilados con 0 % IE porcinas en los tres EM los que de menor contenido de lignina presentaron y sus medias marginales en los dos primeros EM fueron diferentes ($P<0.05$) con los ensilados de 60 %IE porcinas, que en promedio presentaron el mayor contenido de lignina (Figura 10).

Cuadro 26. Efecto de las interacciones de EM-%IE sobre el contenido de lignina

EM	% de INCLUSIÓN			
	0	15	30	60
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$
140 días	3.39 \pm 0.972 ^c	8.55 \pm 0.972 ^a	5.64 \pm 0.972 ^{a,b,c}	6.79 \pm 0.972 ^{a,b,c}
160 días	3.61 \pm 0.972 ^{b,c}	4.16 \pm 0.972 ^{b,c}	5.63 \pm 0.972 ^{a,b,c}	7.50 \pm 0.972 ^{a,b,c}
180 días	4.95 \pm 0.972 ^{a,b,c}	3.66 \pm 0.972 ^{b,c}	4.83 \pm 0.972 ^{a,b,c}	4.66 \pm 0.972 ^{a,b,c}

a,b,c = Distintas literales en la misma columna e hilera, indican diferencias significativas ($P<0.05$)

\bar{x} = Media estadística ee = error estándar

7.1.7 Cenizas insolubles en FDA (CIFDA)

Por un error las CIFDA solo se midieron después del procesamiento del ensilaje, por lo que no se tuvieron los valores en los pre-ensilados. En el cuadro 27, se muestran que no hubo efecto del EM sobre el contenido de CIFDA en los ensilados ($P>0.438$). En el

Anexo 7 puede observarse que no hubo efecto del EM ($P>0.05$) sobre los promedios marginales de CIFDA.

Cuadro 27. Efecto del EM sobre el contenido de CIFDA en los ensilados

EM Dias	CIFDA		
	\bar{x}	\pm	ee
140	1.855	\pm	0.239 ^a
160	2.181	\pm	0.239 ^a
180	2.276	\pm	0.239 ^a

a) Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas ($P<0.05$)
 \bar{x} = Media estadística e e =error estándar

En el Cuadro 28 se muestra que las CIFDA no se vieron afectadas significativamente ($P>0.150$) por el %IE porcinas (Anexo 9) permaneciendo estables ($P>0.05$) al comparar sus promedios marginales

Cuadro 28. Efecto del %IE sobre el contenido de CIFDA en los ensilados

%IE	CIFDA		
	\bar{x}	\pm	ee
0	1.740	\pm	0.276 ^a
15	2.379	\pm	0.276 ^a
30	1.783	\pm	0.276 ^a
60	2.515	\pm	0.276 ^a

a) Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas ($P<0.05$)
 \bar{x} = Media estadístico e e =error estándar

7.1. 8 Calcio y Fósforo

En el Cuadro 29 se muestra el contenido promedio de Ca en los pre ensilados (0.224%) y ensilados (0.203%), permaneciendo constante ($P>0.05$) durante el proceso de ensilaje, de igual manera para el P donde no se encontraron diferencias ($P>0.05$) de los pre-ensilados (0.181%) con los ensilados (0.183%)

Cuadro 29. Efecto del proceso del ensilaje sobre el contenido de Ca y P

Proceso	Ca %	P %
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$
Pre-ensilados	0.224 \pm 0.011 ^a	0.181 \pm 0.007 ^a
Ensilados	0.203 \pm 0.008 ^a	0.183 \pm 0.005 ^a

a = Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas (P<0.05)

\bar{x} = Media estadístico e e =error estándar

Los pre-ensilados tuvieron un incremento lineal en el contenido de Ca con respecto al EM. En los ensilados la concentración de Ca no se vio afectada (P>0.637) por efecto del EM de la planta de maíz (Anexo 12) aunque el mayor contenido de Ca se registró en los ensilados con EM de 180 días; no hubo diferencias (P<0.05) entre sus medias marginales y solo el EM de 180 días afectó significativamente (P<0.05) el contenido de Ca* en los ensilados (Cuadro 30).

Cuadro 30. Efecto del EM sobre el contenido de Calcio en los ensilados

EM	%CALCIO		Intervalo de C al 95% de los ensilados	
	Pre-ensilados	Ensilados	Valor mínimo	Valor máximo
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$		
140	0.170 \pm 0.014 ^c	0.174 \pm 0.014 ^a	0.144	0.204
160	0.190 \pm 0.012 ^b	0.168 \pm 0.014 ^a	0.139	0.198
180	0.250 \pm 0.030 ^a	0.187 \pm 0.014 ^a *	0.157	0.216

a,b,c.) Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas (P<0.05)

\bar{x} = Media estadística e e =error estándar

* = Efecto significativo (P<0.05) del proceso del ensilaje (antes vs después) sobre el contenido de Calcio

Los pre-ensilados con niveles de 0 y 15 % fueron diferentes (P<0.05) en su contenido de calcio con respecto a 30 y 60 %IE. En los ensilados el contenido de Ca en los diferentes niveles de excretas (Cuadro 31) no fue afectado (P>0.22) por el %IE porcinas (Anexo 14), sin embargo en los análisis de contrastes polinomiales se presentó un efecto lineal (P<0.05) de 0 a 30 %IE porcinas (Anexo15), no habiendo diferencias (P>0.05) al comparar sus medias marginales y solo los niveles de 30 y 60% fueron afectados (P<0.05) por el proceso del ensilaje.

Cuadro 31. Efecto del %IE sobre el contenido Calcio

%IE	%CALCIO		Intervalo de C al 95% de los ensilados	
	Pre-ensilados	Ensilados	Valor mínimo	Valor máximo
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$		
0	0.182 + 0.027 ^a	0.171 + 0.017 ^a	0.114	0.183
15	0.184 + 0.012 ^a	0.198 + 0.017 ^a	0.140	0.209
30	0.228 + 0.025 ^b	0.226 + 0.017 ^{a*}	0.156	0.224
60	0.232 + 0.045 ^b	0.217 + 0.017 ^{a*}	0.158	0.227

a,b,c.) Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas (P<0.05)

x = Media estadística

e e =error estándar

* = Efecto significativo (P<0.05) del proceso del ensilaje (antes vs después) sobre el contenido de Calcio

El contenido de P (Cuadro 32), se vio afectado (P<0.034) por la interacción EM - %IE porcinas (Anexo 16) notándose claramente un efecto lineal (P<0.0001) conforme se aumentaba el nivel de excretas porcinas en todos los tratamientos (Figura 11), notándose que el menor (P<0.0001) contenido de P se presentó en los ensilados con 0%IE. En los ensilados con 30 y 60 %IE porcinas disminuyó (P<0.0001) el contenido de P del primer al segundo EM para volver a incrementarse (P<0.006) para el tercer EM (Anexo 14 y 15). Los ensilados con 60% IE presentaron en promedio el nivel más alto de P, siendo diferente (P<0.05) con los ensilados de 0 y 15 %IE porcinas.

Cuadro 32. Efecto de la Interacción EM-%IE porcinas sobre el contenido de P

EM	% de INCLUSIÓN			
	0	15	30	60
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$
140 días	0.142+0.008 ^{e,f}	0.1723+0.008 ^{d,e}	0.2090+0.008 ^{a,b,c}	0.2270 + 0.008 ^a
160 días	0.146+0.008 ^{e,f}	0.1777+0.008 ^d	0.1837+0.008 ^{c,d}	0.1863 + 0.008 ^{b,c,d}
180 días	0.136+0.008 ^f	0.1913+0.008 ^{b,c,d}	0.1993+0.008 ^{a,b,c,d}	0.2167 + 0.008 ^{a,b}

a,b,c,d,e,f) Distintas literales en la misma columna e hilera, indican diferencias significativas (P<0.05)

x = Media estadístico e e =error estándar

7.1.9 Acidos grasos de cadena corta (Acético, Propiónico, Butírico) y Acido Láctico

El contenido promedio de ácidos grasos volátiles en los pre-ensilados y ensilados se muestran en el Cuadro 33. La concentración de los ácidos acético y láctico en los ensilados fue afectada (P<0.05), debido al proceso de ensilaje, dando como resultado su aumento al

final del proceso de fermentación. El contenido promedio del propiónico y butírico, se mantuvieron constantes ($P>0.05$), antes y después del proceso de fermentación.

Cuadro 33. Efecto del proceso del ensilaje sobre el contenido promedio de ácidos grasos volátiles

Proceso	Acético %	Propiónico %	Butírico %	Láctico %
	$\bar{x} + ee$	$\bar{x} + ee$	$\bar{x} + ee$	$\bar{x} + ee$
Preensilados	0.1519 + 0.0113 ^a	0.0158 + 0.0020 ^a	0.0145 + 0.0038 ^a	0.2562 + 0.0246 ^a
Ensilados	0.3781 + 0.0219 ^b	0.0136 + 0.0013 ^a	0.0151 + 0.0016 ^a	1.3769 + 0.0407 ^b

a,b) Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas ($P<0.05$)

\bar{x} = Media estadístico

e e =error estándar

El contenido de ácido acético se vio afectado ($P<0.0001$) por la interacción EM-%IE porcinas (Anexo 19), donde los niveles en promedio más altos se presentaron en los tratamientos con 60%, excepto en la interacción 160 días - 30%IE. En el Cuadro 34 se observa que los tratamientos con EM de 160 días presentaron un incremento lineal ($P<0.05$) de 0 a 30%IE porcinas a diferencia de los otros tratamientos que su comportamiento fue muy variable (Figura 12) y se puede observar en el Cuadro 35 que al elevarse el %IE porcinas en los ensilados aumentó ($P<0.0001$) el contenido de ácido acético.

Cuadro 34. Efecto de la interacción EM-%IE porcinas sobre el contenido de Acido Acético de los ensilados

EM	% de INCLUSIÓN			
	0	15	30	60
	$\bar{x} + ee$	$\bar{x} + ee$	$\bar{x} + ee$	$\bar{x} + ee$
140 días	0.310 + 0.0103 ^{d,e,f}	0.418 + 0.1008 ^{b,c,d}	0.280 + 0.0078 ^{d,e,f}	0.505 + 0.0353 ^{a,b}
160 días	0.226 + 0.0022 ^f	0.282 + 0.0113 ^{d,e,f}	0.662 + 0.0432 ^a	0.471 + 0.0261 ^{b,c}
180 días	0.367 + 0.0086 ^{b,c,d,e,f}	0.262 + 0.0132 ^{e,f}	0.348 + 0.0408 ^{c,d,e,f}	0.406 + 0.0058 ^{b,c,d}

a,b,c,e,f = Distintas literales en la misma columna e hilera, indican diferencias significativas ($P<0.05$)

\bar{x} = Media estadística e e =error estándar

Cuadro 35. Efecto del %IE porcinas sobre el contenido de Acido Acético

%IE	Acético %	
	\bar{x}	$\pm ee$
0	0.3008	$\pm 0.0209^b$
15	0.3203	$\pm 0.0383^b$
30	0.4302	$\pm 0.0612^a$
60	0.4607	$\pm 0.0193^a$

a,b) Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas (P<0.05)
 \bar{x} = media estadística ee = error estándar

El ácido propiónico se vio afectado (P<0.001) se vio afectado por la interacción EM-%IE porcinas donde los tratamientos con 60 %IE porcinas (Anexo 19) presentaron el mayor contenido de ácido propiónico (Cuadro 36) y los tratamientos de 160 y 180 días en los niveles de inclusión de 15 a 60% de inclusión de excretas presentaron un incremento (P<0.05) en el contenido de ácido propiónico (Figura 13).

Cuadro 36. Efecto de la interacción EM-%IE porcinas sobre el contenido de Acido Propiónico de los ensilados

EM	% de INCLUSIÓN			
	0	15	30	60
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
	$\pm ee$	$\pm ee$	$\pm ee$	$\pm ee$
140 días	0.005 + 0.0003 ^e	0.012 + 0.0014 ^{d,e}	0.008 + 0.0001 ^{d,e}	0.020 + 0.0023 ^b
160 días	0.009 + 0.0000 ^{d,e}	0.005 + 0.0007 ^e	0.014 + 0.0045 ^{b,c,d}	0.018 + 0.0016 ^{b,c}
180 días	0.014 + 0.0025 ^{b,c,d}	0.008 + 0.0007 ^{d,e}	0.015 + 0.0022 ^{b,c,d}	0.032 + 0.0006 ^a

a,b,c,d,= Distintas literales en la misma columna e hielra, indican diferencias significativas (P<0.05)
 \bar{x} = Media estadístico
 ee =error estándar

El ácido butírico fue afectado (P0.035) por la interacción EM-%IE porcinas (Anexo 19) y los mayores contenidos de ácido butírico se presentaron en los EM con 60% de inclusión (Figura 14) siendo sus promedios marginales diferentes estadísticamente (P<0.0001) con respecto a todas las demás interacciones (Cuadro 37). Al igual que el ácido acético al incrementarse el %IE porcinas se elevo (P<0.0001) el contenido de ácido butírico (Cuadro 38). El tratamiento 160 – 0% no se pudo detectar (ND) durante el análisis de laboratorio.

Cuadro 37. Efecto de la interacción EM-%IE porcina sobre el contenido de Acido Butírico de los ensilados.

EM	% de INCLUSIÓN			
	0	15	30	60
	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$	$\bar{x} \pm ee$
140 días	0.009 \pm 0.0001 ^{c,d,e}	0.017 \pm 0.0069 ^{b,c,d}	0.010 \pm 0.0024 ^{c,d,e}	0.022 \pm 0.0012 ^b
160 días	ND	0.009 \pm 0.0006 ^{c,d,e}	0.019 \pm 0.0011 ^{b,c}	0.033 \pm 0.0006 ^a
180 días	0.007 \pm 0.0025 ^{d,c}	0.005 \pm 0.0000 ^c	0.012 \pm 0.0054 ^{b,c,d,e}	0.018 \pm 0.0012 ^{b,c}

a,b,c,d,e = Distintas literales en la misma columna e hielra, indican diferencias significativas (P<0.05)

x = Media estadístico e e =error estándar

ND = No Detectado

Cuadro 38. Efecto del nivel de excretas porcinas sobre el contenido promedio de ácido butírico en los ensilados

%IE	Butírico %
	$\bar{x} \pm ee$
0	0.0084 \pm 0.0013 ^b
15	0.0107 \pm 0.0026 ^b
30	0.0142 \pm 0.0022 ^b
60	0.0245 \pm 0.0022 ^a

a,b) Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas (P<0.05)

x = Media estadístico

e e =error estándar

El ácido láctico no fue afectado (P>0.47) por la interacción EM - %IE porcinas ni por los componentes principales, EM de la planta o %IE porcinas. Estos resultados se discutirán en el próximo capítulo.

7.2 Experimento II (Ensilados con aflatoxinas)

7.2.1 pH, Acido láctico y Materia Seca

En el Cuadro 39 se muestra el contenido de pH, materia seca y ácido láctico de los ensilados que fueron inoculados con aflatoxinas. Las tres variables fueron afectadas (P<0.0001) por el tiempo de apertura de los microsilos (Anexo 20). El pH del pre-ensilado (5.16) fue diferente (P<0.05) con todos los ensilados a diferentes días de apertura. El pH

del día 28 (4.01) fue diferente ($P < 0.0001$) y menos ácido con el resto de los ensilados (Anexo 21), encontrándose el promedio general del pH en 3.876, todos los valores permanecieron por debajo de un pH de 4.4, indicando que los promedios de los cuatros estadios de apertura tuvieron un buen proceso de fermentación (Figura 15).

El ácido láctico de los pre-ensilados (día 0) fue diferente ($P < 0.05$) a los otros días (14,28,42 y 56) de apertura de los microsilos (Cuadro 39). El ácido láctico en los ensilados se vio afectado significativamente ($P < 0.0001$) por el día de apertura de los microsilos (Anexo 20). En el análisis de Mann-Whitney (Anexo 22) se contrastaron el día 14 vs 28, se encontró que hubo diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.019$), entre estos dos estadios de apertura; así mismo al contrastar el día 42 con 56 también mostraron diferencias significativas ($P < 0.020$). La concentración promedio de Acido láctico más alta se encontró en el estadio 42 (2.040%), siendo diferente a todos los demás días, que fueron diferentes entre si. En el análisis de varianza (Anexo 23) con contrastes polinomiales hasta segundo grado entre los grupos se observó un efecto ($P < 0.0001$) combinado láctico-días (14,28,42 y 62), con incremento lineal ($P < 0.0001$), hasta el estadio 42, para luego tener un efecto cuadrático ($P < 0.01$) en el día 56 (Figura 16)

El contenido promedio de MS de los pre-ensilados fue diferente ($P > 0.05$) a todos los ensilados. En estos últimos el día de apertura tuvo un efecto significativo ($P < 0.0001$) sobre el contenido de MS (Anexo 24), el contenido más alto de MS se presentó el día 14, siendo este superior ($P < 0.05$) a los estadios 28 y 42 (Cuadro 39). El análisis de varianza (Anexo 24) muestra que hubo un descenso lineal ($P < 0.023$) entre ensilados del día 14 al día 42, luego el comportamiento fue cuadrático ($P < 0.0001$) para el día 56 (Figura 17), similar a lo ocurrido con ácido láctico.

Cuadro 39. Contenido promedio y error estándar de pH, Acido Láctico y MS de los ensilados de excretas porcinas, de acuerdo al día de apertura de los microsilos

Día	PH			Ac. Láctico (%)			% MS		
	\bar{x}	+	ee	\bar{x}	+	ee	\bar{x}	+	ee
0	5.640	+	0.00350 ^c	0.510	+	0.0320 ^e	30.71	+	0.1350 ^c
14	3.810	+	0.01117 ^b	1.252	+	0.1386 ^d	30.42	+	0.2908 ^a
28	4.010	+	0.08192 ^a	1.598	+	0.1143 ^c	29.43	+	0.1711 ^b
42	3.860	+	0.08452 ^b	2.040	+	0.0602 ^a	28.89	+	0.1576 ^b
56	3.823	+	0.02207 ^b	1.870	+	0.0430 ^b	29.90	+	0.1641 ^{a,b}
\bar{x} general	3.8760	+	1.236E-02	1.6903	+	0.0061	29.658	+	0.1237

a,b,c,d = Distintas literales en la misma columna, indican diferencias significativas (P<0.05)

\bar{x} = Media estadística e e = error estándar

7.2.2 Aflatoxinas

En el cuadro 40 se muestra el resultado del análisis de AFB1, M1 y Aflatoxicol en los ensilados inoculados con 50 ppb de aflatoxina B, inicialmente se realizó un muestreo con un sorteo completamente al azar y enseguida un submuestreo resultando seleccionadas 12 submuestras representativas de los microsilos y una submuestra del pre ensilados. Se realizó la aplicación de 25 μ l de extracto de cada muestra y 5 μ l de cada estándar (B1, aflatoxicol y M1), corriéndose en las placas en los solventes indicados. Al observarse la placa bajo luz ultravioleta ninguna de las muestras presentó fluorescencia que correspondiera a algunos de los estándares, por lo que se puede decir que por esta técnica las muestras fueron negativas, tanto control como las muestras de los ensilados. A pesar de ello todas las submuestras y control fueron cuantificados por Cromatografía de Líquidos de Alta Presión (HLPC).

Los análisis de las submuestras del control, indican que ninguna de ellas contenían ni aflatoxina B1, ni aflatoxicol. Se detectó Aflatoxina M1 en un promedio de 4.78 μ g de M1/50 g de submuestra de silo. A pesar de que se llevo a cabo el experimento II de acuerdo a la metodología establecida, desde la incubación de la cepa *A. Flavus* hasta la inoculación de AFB1 en los ensilados los niveles detectadas en el laboratorio y bajo las más estrictas medidas con una sensibilidad de detección de 0.1 μ g/20 μ l, sólo fue posible detectar AFB1 en 2 de las 12 muestras con niveles de 0.531 μ g/50g de la muestra 6 y 2.14 μ g/50g de la

muestra 43, que convertidos a $\mu\text{g}/\text{kg}$ de ensilado representan $10.62 \mu\text{g}/\text{kg}$ y $42.8 \mu\text{g}/\text{kg}$, respectivamente, con un promedio de $26.71 \mu\text{g}/\text{kg}$ de AFB1. El metabolito Aflatoxicol no fue detectado en ninguna de las muestras, a pesar de que la sensibilidad de detección fue de $0.1\mu\text{g}/20 \mu\text{l}$ y la AFM1 en 6 muestras con un promedio de $4.78 \mu\text{g}/\text{kg}$ de ensilado. Los valores encontrados en cada muestra se ven el Cuadro 41.

Los resultados en la detección de AFB1 y sus metabolitos, por ser muy variables y que en ninguna de las muestras se detecto Aflatoxicol y solo en un par Aflatoxina B1 y en algunas M1, sus resultados no se pudieron someter a algún análisis estadístico y contrastar con las variables pH, MS y Acido láctico, por lo que estos resultados se discutirán en el capítulo siguiente..

Cuadro 40. Resultados del HPLC de las muestras para detectar Aflatoxina B1, Aflatoxicol y M1.

Muestra	Area B1	Concentración Mg/50g	Concentración Aflatoxicol $\mu\text{g}/50\text{g}$	Area M1	Concentración $\mu\text{g}/50\text{g}$
659 ₁	-	-	-	365,731	4.02
659 ₂	-	-	-	433,764	4.77
659 ₃	-	-	-	567,650	6.24
659 ₄	-	-	-	289,818	3.18
659 ₅	-	-	-	520,686	5.72
6	37,813	0.531	-	97,120	1.07
8	-	-	-	613,397	6.74
13	-	-	-	265,744	2.92
18	-	-	-	-	-
20	-	-	-	291,330	3.20
29	-	-	-	-	-
33	-	-	-	-	-
35	-	-	-	-	-
43	152,779	2.14	-	-	-
49	-	-	-	141,225	1.55
50	-	-	-	-	-
55	-	-	-	-	-

8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

8.1 Experimento I

8.1.1 Características organolépticas y pH

Un alimento bien conservado por medio del proceso de ensilaje presenta adecuadas características organolépticas como son: ausencia de crecimiento de hongos microscópicos, ligeros cambios en el color característico del alimento que se procesa, olor ácido dulzón picante (ideal a ácido láctico) y pH ácido (<4.2); que en conjunto permite la estabilización de la fermentación de modo que no ocurran pérdidas importantes en los nutrimentos que se desean conservar (Jiménez, 1988). En condiciones óptimas de anaerobiosis, humedad y temperatura, durante el ensilaje debe ocurrir la fermentación de los carbohidratos solubles del material que se está ensilando, estos carbohidratos son transformados principalmente por bacterias homo y heterolácticas en ácido láctico y otros ácidos de cadena corta (acético, propiónico, butírico, etc.), que dan por resultado la acidificación del pH del ensilado. El olor a ácido láctico favorece la preferencia de los animales que consumen adecuadamente el ensilado en el que predomina este olor (Aubert, 2001).

En esta investigación la mayor parte de ensilados (83.33%) presentaron características organolépticas correspondientes a un buen ensilado y solamente el 16.67% de los ensilados, correspondientes a los que se elaboraron con el mayor porcentaje de inclusión de excretas porcinas presentaron olor a excretas con humedad y contaminación por hongos en la parte superior del microsililo. Lo anterior pudo ser debido a un mal sellado de la tapa de los microsililos con el silicon que permitió la entrada de aire a varios de ellos y se tuvo que volver a sellarlos pero en 6 microsililos con 60 %IE existió crecimiento de hongos, ya que otros microsililos que también tuvieron un mal sellado pero con menor nivel de excretas no presentaron contaminación, por lo que quizá, la contaminación por hongos estuvo directamente relacionada con el nivel de excretas. Los ensilados con 60 %IE porcinas fueron los que presentaron también el pH menos ácido, sin embargo el pH en todos los ensilados estuvo dentro del intervalo que la literatura señala para un buen ensilado.

Buttler y Bailey desde 1973, propusieron un método fácil y rápido para evaluar la calidad de los ensilados según el pH, aquellos investigadores indicaron la siguiente clasificación: bueno pH <4.2; regular pH entre 4.3 – 4.5; malo pH>4.5, así de acuerdo con esta clasificación, los ensilados de la presente investigación fueron evaluados como ensilados de buena calidad. El crecimiento de hongos en ningún caso se presentó debajo de los 2 cm más superficiales o en las paredes de los recipientes. De acuerdo con aquellos investigadores el desarrollo de hongos en la superficie no debe ser mayor al 1% de la biomasa total y puede considerarse como un crecimiento normal, que puede eliminarse fácilmente y no demerita la calidad del ensilado.

El pH de los ensilados fue afectado por la interacción ($P<0.0001$) EM-%IE porcinas donde el pH menos ácido ($P<0.05$) se presentó en los ensilados con 140 días de madurez, de acuerdo a Bal *et al.*, (1977) hay menor contenido de almidones en EM tempranos, los cuales se incrementan en la planta conforme progresa el EM hasta que se alcanza el nivel fenológico óptimo (estado lechoso – masoso a estado masoso – lechoso). En el presente estudio el pH más ácido se presentó en el EM de 160 días en todos los niveles de inclusión de excretas a diferencia de las interacciones del EM de 180 días que presentó un pH más elevado, debiéndose esperar que por tener mayor cantidad de carbohidratos debieron tener un pH más ácido que las interacciones de 160 días, pero un día anterior a la cosecha del EM de 180 días se presentó una tormenta que provocó que el maíz al cosecharlo tuviera un alto contenido de humedad y por lo tanto el pH fuera menos ácido, pero aún así el pH estuvo por debajo de 4. El % IE favoreció principalmente el efecto lineal ya que en todos los EM estudiados, los ensilados con 0 %IE registraron un pH más ácido y con 60 %IE, presentaron el pH significativamente menos ácido ($P<0.05$).

Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Hernández (1997) en ensilados de caña de azúcar con excreta de cerdo en proporciones de 60 y 70%, en el mismo laboratorio donde se hizo el presente estudio, pero distintos a los que obtuvo León (1993) en una investigación similar a la presente en la que ensilo maíz planta completa picada, sola o con excretas de bovino o cerdo en dos proporciones (20 y 40%), los ensilados de maíz sin excreta manifestaron el pH más ácido (4.3) a diferencia de los que incluyeron excreta tuvieron pH de 4.6 y 4.7 (ensilados con bovinaza y cerdaza, respectivamente). Por su parte

Berger (1981), Cobos (1987), Archila (1989), Martínez (1990), Iñiguez, (1990b y 1991), López (1998), Serrano (2001) y Bórquez (2002) evaluando ensilados con excretas bovinas, porcinas o de aves en niveles similares a la de esta investigación (40 a 80 %), mezcladas con pajas de cereales (maíz y trigo) o grano molido y melaza a diferentes niveles de inclusión (5 - 30 %), obtuvieron ensilados con un pH que varió de 4.0 a 4.9. Esto quizá se debió a la falta de carbohidratos solubles para un buen proceso de fermentación

El presente estudio demuestra que la variación en el contenido de humedad de los distintos tratamientos fue determinante sobre el pH de los ensilados, permitiendo que los microorganismos participantes en la fermentación anaerobia del ensilaje, principalmente bacterias homo y hetero lácticas, encontraran condiciones favorables para transformar los carbohidratos solubles de los componentes del ensilaje (maíz planta completa, excretas y melaza) en ácido láctico o otros ácidos grasos de cadena corta, en cantidades elevadas que permitieron la acidificación del ensilado, donde un contenido 30 a 40% de MS es considerado como óptimo para un buen proceso de fermentación y el incremento en la inclusión de excretas porcinas en los ensilados aumentó en forma lineal el pH pero sin rebasar el nivel de 3.88. A diferencia de las investigaciones arriba señaladas que los niveles de pH siempre fueron > 4 y que utilizaron como material vegetativo, pajas o rastrojos y en algunas de ellas tuvieron que agregar agua para homogeneizar las mezclas, pero trajo consigo menor calidad del ensilado y un nivel de pH por arriba de lo recomendado.

En general se puede concluir que durante el proceso del ensilaje los ensilados presentaron buenas características organolépticas, evaluadas cualitativamente y un pH adecuado para un buen proceso de fermentación, principalmente los ensilados de 0, 15 y 30%IE porcinas.

8.1.2 Efecto sobre la Materia Seca y Materia Orgánica

En cualquier planta en forma natural conforme avanza el EM se incrementa su contenido de MS, hasta cierto punto, donde alcanza su mayor estado fenológico porque a partir de ese momento se estabiliza su contenido de MS, que en esta investigación los pre

ensilados presentaron un efecto contrario ya que disminuyó su contenido conforme avanzó el EM. Las causa que pudo influir sobre este comportamiento, quizá sean por el periodo de lluvias tan intenso que se presento en el momento de la cosecha del segundo al tercer EM, pero aún estos resultados el contenido promedio de MS al inicio del proceso en promedio estuvieron por arriba del 34%, que se considera adecuado (30 al 40%) para el proceso de ensilaje y se obtuvo un 27% de MS al final que se considera como óptimo para ensilados que contenga maíz planta completa, que esta dentro de lo recomendado para ensilados donde se utiliza forraje con niveles altos de humedad de 65 a 70%, esto se considera lo más adecuado para el inicio del proceso del ensilaje, con un nivel de $\geq 6\%$ de carbohidratos solubles y que al final contengan de 26 a 30% de MS (McKaskey and Anthony, 1979).

La disminución en el contenido de MS y MO en el proceso del ensilaje inicialmente es debido a la compactación por una pérdida natural de nutrientes por lixiviación y también hay pérdida durante la fermentación. Así la acción de bacterias heterolíticas sobre los carbohidratos solubles producen, además de ácido láctico, manitol, etanol y bióxido de carbono y la producción de este último representa la pérdida de MS (Cobos, 1987; López, 1998). Las pérdidas de MO son debidas a la oxidación y fermentación, lo que puede estar relacionado con pérdidas de origen microbiano al disponer estas de mayor cantidad de energía para mantenimiento y crecimiento (Cobos, 1987; Bórquez, 2002).

El presente estudio la MS y MO se vieron afectadas ($P < 0.05$) por el proceso del ensilaje con una disminución en su contenido de 21.42% y 21.09%, respectivamente que coincide por lo señalado por Cobos (1987) que reporta pérdidas de 18.25% de MS en sus ensilados de excretas y está por arriba de lo que mencionan Bernal (1983), López (1998), Serrano (2001), Bórquez (2002) y que reportan pérdidas de entre 6 y 14% de MS y autores como Cornman et al. (1981), Hernández (1997), Ramírez y Rodríguez (1988) y León (1993), Aubert (2001) no reportan pérdidas de MS debidas al proceso del ensilaje e inclusive Toledo (1996) reporta ganancias de MS en ensilados con excretas porcinas con bagazo de caña; de 40.35% (antes) a 43.51% (después). Aunque las pérdidas de MS y MO en la presente investigación estuvieron por arriba del 10%, se consideran normales y sin efecto en la calidad nutricional del ensilado (López, 1998).

La variabilidad de resultados entre los diferentes reportes de los autores arriba mencionados y que difieren en gran medida con los resultados del presente estudio, quizá se deban en primer termino en que el material vegetativo utilizado por estos autores son básicamente pajas y rastrojos y el contenido de carbohidratos solubles es limitado y por lo tanto las pérdidas son mínimas.

Los contenidos de MS y MO fueron afectados ($P<0.007$) por el EM aumentando ($P<0.003$) del primer al segundo EM y disminuyendo para el tercer EM. Este comportamiento donde los EM de 140 y 180 días fueron menores en su contenido que el segundo EM, quizá fue debido a que cuando se cosecho la presentación de lluvias fue constante y casi a diario llovía y en el tercer y último corte de la planta de maíz, un día anterior a la cosecha se presentó una lluvia intensa y esto quizá aumentó el contenido de humedad del forraje en el tercer EM, pero se puede decir que el contenido de MS en los tres EM se mantuvo constante y dentro de los márgenes adecuados para este tipo de ensilados. Estos resultados difieren a lo reportado por Bernal (1983) y Bal *et al.*, (1997) que trabajaron con ensilados de maíz a diferentes cortes donde vieron que el EM afecta el contenido de MS reportando que el último corte tuvo el mayor contenido de MS.

En lo que respecta al %IE, la MS y MO aumentaron en su contenido ($P<0.0001$) conforme se aumentaba la inclusión de excretas. Estos resultados no coinciden con Cornman (1981), Berger (1981a), Berger (1981b), Cobos (1987), Archila (1989), Martínez (1990), Iñiguez *et al.* (1990a) y Toledo *et al.*, (1996), reportando que conforme se incrementa el %IE (25 a 80%) disminuye el contenido de MS, pero Ramírez (1990) no encontró diferencias en el contenido de MS con niveles de inclusión de 10 – 30% de excretas.

Las investigaciones anteriormente señaladas se realizaron principalmente con forrajes toscos y excretas de bovino con un alto contenido de lignina y cenizas que están correlacionadas negativamente con el contenido de MS y MO y al agregarles a este tipo de forraje excretas frescas o fracciones sólidas y en algunos casos agua para homogeneizar la mezcla, por consecuencia baja el contenido de MS conforme aumenta el %IE.

Los contenidos MS y MO de los ensilados estuvieron positivamente correlacionadas ($P<0.0001$) entre si y negativamente ($P<0.001$) correlacionados con cenizas, es decir un

aumento en MS y MO disminuyó el contenido de cenizas en los ensilados. Esto se puede considerar normal porque las cenizas son la porción inorgánica que representa los minerales y contaminantes naturales en este tipo de material, como lo es la tierra. Un aumento en el contenido de cenizas en la dieta de los rumiantes provoca una disminución en la digestibilidad de la dieta; niveles de excretas por arriba de 44% de inclusión en la dieta para ovinos, provocan menor disminución en la ingestión de MS, ganancia diaria de peso por una disminución en la digestibilidad del alimento (Iñiguez, 1990b)

Estos resultados que difieren de otras investigaciones quizá sean por haber utilizado maíz planta completa y esto provocó un mayor aporte de carbohidratos que permitió aumentar el contenido de estos dos nutrientes aún en el último EM y que es adecuado combinar maíz planta completa con excretas, porque mantienen un contenido de MS y MO aceptable.

Por lo que se concluye que los porcentajes de inclusión de excretas de 15 a \leq 60% con ensilados de maíz planta completa son adecuados para rumiantes, sin un efecto negativo sobre el contenido de MS, MO.

8.1.3 Efecto sobre el contenido de proteína

Durante el proceso del ensilaje las bacterias requieren de carbohidratos solubles y fuente de N, para la síntesis de proteína. La ausencia de variación o disminución de PT durante la fermentación puede indicar que el aporte de melaza como fuente de energía para una adecuada producción de proteína bacteriana es un factor limitante que fue lo que ocurrió en esta investigación donde el contenido de PT no se vio afectada ($P > 0.05$) por el proceso de ensilaje (11.35 vs 10.99). Cobos (1987) y León (1993) reportan un aumento en el contenido de proteína al final del proceso del ensilaje, esto debido a que las mezclas contenían melaza en niveles de 10 a 40% y/o urea. A diferencia de Toledo (1996) y López (1998) que el contenido de PT disminuye por el proceso del ensilaje, aún adicionaron 5 y 19 % de melaza, respectivamente, a sus ensilados.

La interacción EM - %IE tuvo un efecto significativo ($P < 0.0001$) sobre el contenido de PT de los ensilados, donde el mayor contenido de proteína se presentó en los tratamientos

con el mayor contenido de excretas. El aumento de PT se vio afectado más por el %IE porcinas en las mezclas que se incremento conforme aumentaba la inclusión de excretas en todos los EM. Estos resultados coinciden con Berger (1981a), Cobos (1987), León (1993) y Toledo (1996) reportan que el contenido de proteína se incrementa en los ensilados conforme se aumenta la inclusión de excretas.

En las interacciones con 0 %IE porcinas disminuyó ($P<0.05$) conforme aumentaba el EM que coincide con lo reportado por Bal *et al.* (1997, estableciendo que el contenido de PT disminuye conforme aumenta el EM en ensilados de maíz. Contrario a Bernal (1983) reporta un incremento en la PT de ensilados del primer al tercer EM; se esperaría que conforme aumente el EM disminuya el contenido de PT, pero Bernal (1983) explica que en el último EM existieron más carbohidratos solubles para la síntesis de proteína bacteriana.

El contenido promedio de PT fue de 10.93 que coincide con Berger (1981a), Archila (1989), Martínez (1999), Alvarez y Gutiérrez (2001), y Bórquez (2002) que reportan niveles de PT de 9 a 14% en ensilados de excretas con pajas de cereales, maíz o sorgo molido, maíz forrajero y melaza con niveles de excretas de 30 a 80%.

De acuerdo a lo anterior se puede concluir que el maíz planta completa ensilada con excretas porcinas mejoran el contenido de N de los ensilados conforme se incrementa el contenido de excretas porcinas que fueron de 6% de PT para 0%IE; 10% para 15%IE; 11.5% para 30%IE y 16% para 60%IE,. Pero se debe tomar en cuenta que niveles de inclusión $>60\%$ de excretas porcinas pueden disminuir la digestibilidad de la dieta. Los ensilados con 60% IE tuvieron el mayor contenido de proteína no viéndose afectados por el EM de la planta de maíz y el proceso del ensilaje no tuvo efecto sobre el contenido de proteína al final de la fermentación; pero de acuerdo a otros resultados que reportan un aumento en su contenido de proteína durante el proceso de ensilaje se relaciona con el contenido de carbohidratos solubles y nitrógeno soluble presentes en la mezcla al momento de ensilar.

8.1.4 Efecto sobre el contenido de Extracto Etéreo

El EE estadísticamente no se vio afectado ($P<0.05$) por el proceso del ensilaje, permanciendo sin variación en promedio su contenido al final de la fermentación, aunque

hubo un ligero aumento equivalente a un 6%. Esto coincide con León (1993), López, (1998) y Aubert (2001) al encontrar que el EE aumenta en su contenido por el proceso de fermentación en ensilados de maíz planta completa con excretas de bovino y cerdo, siendo el porcentaje de incremento mayor en las mezclas de cerdaza que en las de bovino (33 % vs 11 %, respectivamente). El incremento en el EE está directamente relacionado con la pérdida de materia orgánica. Van Soest (1982) menciona que los lípidos del forraje son alterados por la fermentación anaeróbica que ocurre durante la fermentación. Estos cambios involucran hidrólisis e hidrogenación de ácidos grasos insaturados. Mientras que la saturación y reducción ocurre en los ácidos grasos del forraje ensilados; el proceso del ensilaje generalmente preserva la fracción de carotenoides, manteniendo la vitamina A. En el caso de los forrajes el glicerol y galactosa son fermentados a AGV'S y los ácidos grasos se adhieren a las partículas del alimento.

El EE se vio afectado ($P<0.015$) en forma lineal ($P<0.0001$) ascendente en todas las interacciones, conforme se incrementaba el %IE porcinas de 0 a 60% (Figura 8). Berger (1981b) y Iñiguez (1990a) reportan un incremento en el contenido de EE conforme se incrementa el nivel de excretas en los ensilados de (11 a 60%).

Los ensilados en las interacciones con 0% de inclusión de excretas, se vieron afectados significativamente ($P<0.009$) conforme se incrementaba el EM de la planta del maíz, con una disminución lineal ($P<0.005$) del EM de 140 días a 180 días que fue el de menor contenido (3.26 %). Esto coincide con Bórquez (2001) reporta una disminución en el contenido de EE en sus ensilados (1.8 a 1.1) de maíz a diferentes EM, con un rango de disminución de EE de 1 a 2%, después del ensilaje.

El contenido promedio de EE fue de 5.697, que está por arriba de lo reportado por Martínez (1999) y Alvarez y Gutiérrez (2001) donde obtuvieron niveles de 3.9% y 3.04 % de EE en ensilados de excretas porcinas con niveles de inclusión de 30 y 35%, respectivamente. Martínez (1990) reporta bajos contenido de EE, 1.25%, en ensilados de estiércol de bovino con rastrojo de maíz y melaza.

El Extracto Etéreo no representa una fracción uniformemente nutricional y es por eso que tiene una digestibilidad constante a través de los alimentos. Los ácidos grasos tienen una fracción uniforme con una digestibilidad verdadera de 95 –100% cuando las

dietas contienen 3% o menos de Extracto Etéreo (Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 2001)

La determinación de EE en el caso de forrajes verdes ricos en clorofila y pigmentos por el método usado sobre estima el contenido de grasa (Tejada, 1985) de ahí una de las razones de los valores promedio de EE en el presente estudio fueron mayores que los de otras investigaciones que utilizaron pajas o rastrojos como forraje en sus mezclas con excretas. Aunque también hay que decir que las heces tienen cantidades significantes de ácidos grasos indigestibles en forma de jabones de calcio o magnesio que son insolubles en éter (Van Soest, 1982).

Por lo que se puede concluir que los ensilados que mejor nivel de EE de acuerdo a lo recomendado por el NRC, para tener una digestibilidad verdadera adecuada se obtiene con los ensilados de 0 a 30% de inclusión de excretas no importando el EM. Y los niveles más altos de EE con los ensilados con 60%IE porcinas están directamente relacionados con la pérdida de MO y un exceso ácidos grasos saturados interfieren en la digestibilidad de la dieta al adherirse a las paredes del forraje.

8.1.5 Efecto sobre el contenido de Fibra Cruda

La definición de fibra dietaria esta basada en la resistencia a la digestión por las enzimas de los mamíferos. Donde el contenido de fibra es un índice negativo de calidad. La relación de la fibra con cualquier otro indicador de calidad nutricional dependerá de la asociación de los principales componentes (celulosa y hemicelulosa). Tal asociación esta controlada por factores medio ambientales del crecimiento de la planta (Van Soest, 1985). El nivel de FC esta estrechamente relacionado con el EM de la planta, por la relación celulosa:lignina, conforme avanza el estado fenológico de la planta disminuye la celulosa y aumenta la lignina, haciendo más tosco el forraje y disminuyendo su calidad nutrimental.

La FC se vio afectada ($P < 0.0004$) por la interacción EM-%IE porcinas y presentándose un aumento ($P < 0.0004$) en los ensilados sin excretas. El efecto de la interacción estuvo dado más por el EM de la planta del maíz que por el %IE, mostrando una variación estadísticamente significativa ($P < 0.0001$) por efecto del EM de la planta del

maíz al disminuir ($P < 0.0001$) del primero al segundo EM y volver aumentar para el tercer EM, en los niveles de 15 a 60 % de inclusión de excretas.

El contenido de FC, no se vio afectado ($P > 0.179$) por el %IE porcinas. León (1993) reporta que la FC no se ve afectada por el %IE para ensilados de maíz con excretas de bovino y cerdo, con 40 vs 20 %IE, con valores de 24% vs 23.25% y 20.45 vs 18.45 %, respectivamente; presentado contenidos mayores de FC los ensilados con excretas de bovino.

El contenido promedio de FC fue de 18.578 %, siendo afectada ($P < 0.05$) por el proceso del ensilaje, disminuyendo en su contenido promedio de 19.460 a 18.578 %, que coincide con Aubert *et al.*, (2001) al reportar que la FC se ve afectada por ensilaje (13.1 a 8.5 %).

La FC disminuye durante el proceso de fermentación por acción bacteriana que comienza a degradar parte de la fibra en especial la hemicelulosa. Esto difiere con lo reportado por León (1993) donde la FC se incremento por efecto del proceso de fermentación en ensilados de maíz con excretas de bovino y de cerdo; de 13 a 15.5 % y 13.5 a 17.5 %, respectivamente.

En este tipo de ensilados el contenido de FC va a depender de dos factores como los son el EM de la planta a ensilar y el nivel de melaza, como aditivo en esta mezcla. Berger (1981b), Martínez (1990), Martínez (1999), Alvarez y Gutiérrez (2001) y Aubert *et al.*, (2001) reportan niveles de FC que van del 15 al 30%, donde utilizaron como fuentes de forraje pajas, henos o planta de maíz donde los ensilados con pajas y rastrojos con niveles bajos de melaza <10% presentaron niveles de FC >25% y ensilados con maíz planta completa o pajas y henos con niveles de melaza del 20 al 30% reportan niveles de FC <22%.

La FC al ser una mezcla heterogénea de glúcidos (celulosa y hemicelulosa) y otros materiales como lignina, indigeribles por animales de estómago simple al someter muestras en laboratorio a una doble digestión (ácido sulfúrico y sosa) se ha probado que la combinación de estas dos digestiones disuelve hasta el 80% de hemicelulosa, del 20 al 50% de celulosa y del 50 al 90% de lignina presente en la muestra, lo que subestima el contenido de FC (Tejada, 1985).

A pesar de los inconvenientes en la determinación de FC por los métodos tradicionales es valioso conocer el nivel de FC que aporta un alimento o ración porque en bovinos niveles por abajo del 17% de fibra en la dieta afecta la digestibilidad, la tasa de pasaje y problemas digestivos, principalmente diarreas mecánicas en los rumiantes y problemas fisiológicos en el rumen al no haber una estimulación de la fibra sobre las papilas ruminales, caso contrario con niveles mayores al 30% de FC en la dieta tienen efectos negativos que se puede decir inversamente proporcionales a los niveles bajos en fibra.

Se puede concluir que el contenido de FC de los ensilados en este estudio está dentro de los rangos aceptables para la alimentación y nutrición de los rumiantes. Y las mejores combinaciones se presentaron en los ensilados con 15 y 30 %IE porcinas en cualquier EM de la planta.

8.1.6 Efecto sobre el contenido de Elementos Libres de Nitrógeno

Este valor se estima por diferencia restando de 100 los porcentajes de humedad, PC, EE, FC, y CEN. Está constituido por almidones, azúcares solubles, pectinas, ácidos orgánicos, mucilagos y también incluyen cantidades variables de celulosa y lignina. Esta forma de calcular los glúcidos aprovechables es sumamente deficiente y a que adiciona las deficiencias de los otros métodos de análisis. Lo más grande de estos errores es debido a la solubilización y pérdida de lignina y hemicelulosa en la preparación de FC. Además de que en forrajes maduros y pajas muy poco de los ELN son carbohidratos utilizables (Van Soest, 1985).

La interacción EM-%IE fue significativa ($P<0.0001$) sobre el contenido de los ELN con una disminución lineal ($P<0.0001$) conforme se incremento el nivel de excretas en los ensilados, siendo diferentes los promedios marginales entre los cuatro niveles de excretas; con un promedio de 56.94% de ELN y aumentado ($P<0.0001$) del primer al segundo EM para disminuir del segundo al tercer EM con 15 a 60%IE porcinas.

Esto se puede considerar normal porque las excretas tienen un alto contenido de NNP y N verdadero, lo que provoca una disminución de ELN en los ensilados con excretas

porcinas y los resultados del presente estudio coinciden con Martínez (1999) y Alvarez y Gutiérrez (2001) que reportan porcentajes mayores de ELN en ensilados sin excretas.

A diferencia de Berger (1981b); Martínez (1990) y Aubert *et al.*, (2001) reportan niveles de ELN en ensilados con altos niveles excretas porcinas o de bovino (50 a 83%) con promedios por debajo del 50 % (45 a 48%).

De acuerdo a lo anterior se puede concluir que los ELN no son el método más adecuado para determinar los glúcidos aprovechables por la serie de errores al determinar los componentes arriba señalados, pero aún así es un buen indicador del contenido de estos azúcares; por lo que el nivel de ELN en los ensilados con 15 y 30% en cualquier EM, son buenos para el proceso de fermentación por la disponibilidad adecuada de carbohidratos y N, para la síntesis bacteriana, niveles de 60% o más limitan el proceso de fermentación al aumentar el N disponible pero disminuyen los azúcares disponibles.

8.1.7 Efecto sobre el contenido de Cenizas

Son los residuos de la calcinación de la muestra o sea la eliminación de la materia orgánica y el agua. Nutricionalmente esta fracción es demasiado cruda y carece de importancia, ya que no indica que minerales la componen y en que proporción se encuentran. Sin embargo es el punto de partida en la determinación de minerales específicos, además es necesaria para el cálculo de la materia orgánica de un alimento (Tejada, 1985).

En los ensilados del presente estudio se incremento ($P<0.05$) el contenido de CEN por el proceso del ensilaje. Cobos, 1987) y León (1993) reportan que el contenido de CEN se vio afectado por el proceso del ensilaje, aumentando su contenido a valores que fluctuaron entre 13 a 20% de CEN.

El contenido de cenizas se vio afectada ($P<0.001$) por la interacción EM-%IE porcinas, con una disminución lineal ($P<0.0001$) por efecto del nivel de inclusión de excretas porcinas, presentando el menor ($P<0.05$) nivel de cenizas los ensilados con 30 y 60% de inclusión de excretas en cualquier EM, con un contenido promedio de CEN de 7.57%.

Niveles de CEN >10% en ensilados con excretas interfiere en la digestibilidad de la MS y MO, dado que tiene una correlación negativa con estas dos variables y con el EM, aumentando el contenido de cenizas en forrajes maduros o toscos. Aunque en la presente investigación el nivel de CEN presentó un efecto cuadrático, no habiendo diferencia ($P>0.05$) entre el primer EM con el tercer EM.

Quizá este efecto sea por que al aumentar el EM de la planta debe aumentar el contenido CEN en los ensilados, pero como ya se menciona, niveles crecientes de inclusión de excretas disminuyen el nivel de CEN en los ensilados como lo reportan Berger (1981b), Archila (1989), Martínez (1990), Martínez (1999), Aubert *et al.*, (2001), Alvarez y Gutiérrez (2001) ensilados con altos niveles de excretas (hasta 83%) el contenido de CEN es $\leq 10\%$ y ensilados basándose en rastrojos o pajas el contenido de CEN fluctúan de 10 – 19.3% de CEN. El alto contenido de CEN disminuye el contenido de energía bruta y la digestibilidad de la dieta (Battacharya, 1975).

Se puede concluir que los ensilados tomando como indicador a las CEN los mejores ensilados fueron los de 30 y 60% IE porcinas con niveles $\leq 7\%$ que se consideran adecuados para no interferir en los indicadores nutricionales anteriormente descritos.

8.1.8 Efecto sobre el contenido de Fibra Neutro Detergente

El contenido de FDN se vio afectado ($P<0.002$) por la interacción EM-%IE, presentando los mayores ($P<0.003$) contenidos en los ensilados con 15 a 60%IE porcinas en los tres EM, aumentando ($P<0.003$) del primer al segundo EM y disminuyendo ($P<0,002$) para el tercer EM. El EM de 140 días presentó un efecto lineal ($P<0.003$) conforme se incrementaba el %IE porcinas en los ensilados y los menores contenidos de FDN se presentaron en el nivel de 0% de inclusión de excretas. Esto coincide con Cobos (1987) donde reporta que el FDN se incrementa a medida que se incluye mayor proporción de excretas. Ramírez y Rodríguez (1988), Archila (1989), Ramírez (1990), Toledo (1996) reportan una disminución de FDN al incrementar la proporción de excretas en ensilados pero con altos niveles de inclusión de melaza.

El promedio marginal de FDN fue de 45.15% que fue menor por lo reportado por Martínez (1990), Martínez (1999) y Bórquez (2002), pero estos autores sus ensilados se basaron en rastrojos, donde el contenido de FDN en este tipo de forrajes son elevados. Alvarez y Gutiérrez (2001) reportan niveles bajos de FDN (<25%) esto debido a que en sus ensilados la melaza ocupó un nivel elevado dentro de las mezclas (35%), que provocó una disminución de FDN en los ensilados.

El contenido promedio de FND (45.153) que se obtuvo en la presente investigación está de acuerdo a lo que recomienda el NRC para vacas altas productoras de leche (25 – 42%) y para ganado productor de carne que se recomienda que la dieta contenga entre 30 y 57 % de FND. (Nutrient R. of Beef. Cattle., 2000).

8.1.9 Efecto sobre el contenido de Fibra Acido Detergente

La determinación de FDA es a través de un método más como un paso preliminar para la determinación de lignina y la diferencia entre FDN y FDA es una estimación de las hemicelulosa y la FDA consiste de celulosa, lignina, cutina y cenizas insolubles ácido detergente. Los contenidos de FDA y lignina se consideran como indicadores de la digestibilidad relativa mientras que el FDN se considera como un indicador del potencial de consumo entre o en una especie de forraje (Church, 1988).

El contenido de FDA se vio afectado ($P<0.05$) por el EM, presentando una disminución lineal ($P<0.017$) conforme se incrementaba el EM. Bal (1997) reporta una disminución de FDA conforme avanza el EM del maíz. El declive en el contenido de FDA, está relacionado al incremento en la proporción de grano de maíz de la planta madura, es decir que no obstante que aumenta la fibra del maíz como avanza la madurez el contenido de FDA de la planta declina porque la proporción de grano con el maíz planta completa se incrementa.

El contenido promedio fue de 27.30% y se vio afectado por el %IE con un efecto lineal ($P<0.0001$) ascendente, presentándose los mayores contenidos en los ensilados con 60%IE porcinas, que coincide con lo reportado por Cobos (1987).

Por último la FDA no se vio afectada por el proceso del ensilaje ($P>0.05$) que coincide por lo reportado por Cobos (1987) y Toledo (1996). Esto es lógico si se considera

que la FDA está formada por lignina y celulosa; además, dado que la lignina es indigerible y la digestión de la celulosa en esta fracción depende del grado de lignificación, estos resultados hacen concluir que el grado de lignificación fue bajo.

El contenido promedio de FAD fue de 27.306 % está ligeramente por arriba de lo recomendado (17 a 21%) por el NRC para ganado bovino productor de leche.

Las diferencias en el contenido de MS, MO, PC, FND, FDA y Cenizas, se deben a varios factores del forraje y del medio ambiente: especie, condición del cultivo, condiciones climáticas, estado de madurez a la cosecha y concentración de grano.

Pero lo más importante es el estado de madurez al corte y condiciones medio ambientales; ya que una alta densidad luminosa y una alta fotosíntesis incrementan el contenido de azúcares, pero altas temperaturas reducen el contenido de azúcares simples y aumentan los carbohidratos estructurales, debido a una mayor tasa metabólica.

8.1.10 Efecto sobre el contenido de Celulosa

La celulosa es el carbohidrato más abundante en el mundo, representa del 20 – 40% de la MS de las plantas en crecimiento. La celulosa esta combinada en mayor o menor proporción con lignina, hemicelulosa, cutina y minerales en la estructura total de la pared celular de la planta (Van Soest, 1985; Church, 1988).

El contenido promedio de celulosa estuvo en 20.175% no viéndose afectada ($P>0.723$) por el proceso del ensilaje, ni en forma individual por sus dos componentes principales (EM o %IE). Aunque se presento un efecto lineal ($P<0.03$) ascendente por efecto de la inclusión de excretas. Bal *et al.*,(1997) reporta que el contenido de celulosa aumenta conforme avanza el EM en los ensilados de maíz. Esto debido a que el contenido de pectina desciende según envejece la planta y se produce simultáneamente un aumento en el contenido de lignina y de celulosa. En la mayoría de las gramíneas forrajeras la celulosa aumenta desde el 20% en la fase de crecimiento inicial de las hojas hasta un 28% cuando se ha completado la floración y entre 25 y 45% cuando las semillas de la planta se han cosechado o caído y la planta ha muerto.

Por lo que se pude concluir que los niveles promedios de celulosa están dentro de lo normal para ensilados con excretas porcinas y se pude ensilar sólidos de excretas porcinas

con maíz planta completa con niveles de 0 a 60% sin importar el EM de la planta de maíz, sin afectar significativamente el contenido de celulosa.

8.1.11 Efecto sobre el contenido de Hemicelulosa

El contenido promedio de hemicelulosa no se vio afectada ($P>0.05$) por el ensilaje similar a Toledo (1996) no encontrando efecto del proceso de fermentación sobre el contenido de hemicelulosa, diferente a Cobos (1987) en su estudio reporta un incremento en el contenido de hemicelulosa por efecto del ensilaje. Dependiendo del grado de lignificación la hemicelulosa puede ser degradada por bacterias anaerobias, por lo tanto el contenido debe ser menor en los ensilados, por lo que en el proceso debe haber degradación de hemicelulosa a compuestos más sencillos; pero no ocurrió así y este efecto se debe a la diferencia entre el contenido inicial y final como un reflejo del aumento en el contenido de FDN.

La hemicelulosa se vio afectada ($P<0.005$) por efecto del EM de la planta de maíz, presentándose un aumento ($P<0.004$) del primer al segundo EM y disminuir para el tercer EM, similar a lo descrito por Church (1988), donde reporta cambios en el contenido de hemicelulosa según avanzaba la maduración de cuatro especies de gramíneas donde en dos de ellas presentaron un efecto cuadrático similar a esta investigación. La hemicelulosa al formar parte de la FDN muestra un comportamiento similar a la FDN que como se describió anteriormente tuvo un comportamiento cuadrático.

La hemicelulosa no se vio afectada ($P>0.336$) por el %IE porcinas, igual que Martínez y Rodríguez (1990) y Toledo (1996) no encontraron diferencias por debidas al nivel de excretas con un contenido promedio de 17.84% que es similar a lo reportado por Church (1988), Goering (1997) y Martínez (1999) con promedios de 19 a 22 % de hemicelulosa.

Por lo que se puede concluir que la hemicelulosa siendo parte de FDN presenta un comportamiento similar, en la presente investigación la falta de variación en el contenido debido al proceso del ensilaje quizá se debió principalmente al número tan bajo de repeticiones (3), al tamaño tan pequeño de los recipientes y/o el forraje no fue homogéneo (relación hoja/tallo) o deficiente mezclado

8.1.12 Efecto sobre el contenido de Lignina

La lignina se vio afectada ($P < 0.034$) por la interacción EM-%IE porcinas con un contenido promedio de 5.27%. Martínez y Rodríguez (1988) y Goering (1997) reportan contenidos similares de 3 a 5%.

El contenido de lignina en los forrajes es bastante variable pero según avanza la maduración fisiológica de una planta aumenta el contenido de lignina, en el presente estudio el componente EM no afectó el contenido de lignina. Bal *et al.*, (1997) reporta que ensilados de maíz cosechados a una dentición temprana tienen mayor contenido de lignina por la baja proporción de grano de maíz/planta en estados tempranos del maíz, que es lo mismo que ocurrió en el presente estudio. La lignina se vio afectada por la inclusión de excretas presentando una tendencia lineal ($P < 0.011$) conforme aumentaba el contenido de excretas en los ensilados sobre todo en el EM de 160 días y viéndose afectada por el proceso del ensilaje disminuyendo ($P < 0.05$) en su contenido. Diferente a lo descrito por Martínez y Rodríguez (1988) y Toledo (1996), reportan que la lignina disminuye conforme se incrementa el contenido de excretas en los ensilados.

Por lo que se pudo concluir que el contenido de lignina en los ensilados y el aumento en el contenido por efecto de las excretas porcinas, se debe como consecuencia del mayor contenido FDA en los ensilados.

El contenido de FC, ELN, Cenizas, Celulosa, Hemicelulosa y Lignina estuvieron en niveles normales o ligeramente por debajo de lo reportado por otros autores por lo que se consideran adecuados los niveles de estos nutrientes en los ensilados de la presente investigación.

8.1.13 Efecto sobre el contenido de Cenizas Insolubles en FDA

La determinación de cenizas CIFDA es una manera de estimar el contenido de silicio que en muchos forrajes, es factor sobresaliente en la reducción de la digestibilidad (Tejada, 1985). Por factores ajenos a nuestra voluntad las CIFDA no se pudieron medir en los pre-ensilados, solo se midieron los minerales en los ensilados. Las CIFDA no se vieron afectadas por el EM ($P > 0.438$), %IE ($P > 0.150$) porcinas ni por la interacción ($P > 0.732$) de

estos dos componentes. El contenido promedio de CIDFDA fue de 2.104 % (Cuadro 61), indicando un nivel medio a bajo, estos están correlacionados positivamente con las cenizas. No se encontró otro reporte que describiera el contenido de minerales con el cual se pudiera contrastar estos resultados

8.1.14 Efecto sobre el contenido de Calcio

La mayoría de los cereales son deficientes en Ca mientras que los forrajes contienen niveles de Ca que superan las necesidades de los rumiantes. El ensilado de maíz inmaduro contiene aproximadamente 0.6% de Ca, aunque esta cantidad desciende hasta 0.3% en el ensilado maduro (Church, 1988). El contenido promedio de Ca fue de 0.176% (Cuadro 61) que son valores menores a lo reportado por Martínez (1999).

El contenido de Ca no se vio afectado ($P>0.05$) por el proceso del ensilaje ni por la interacción o por EM o %IE porcinas, pero se presentó un incremento lineal de 0a 30%IE. Castrejón (1996) y Cabrera (1998) reportan que el Ca se incrementa conforme se eleva el contenido de excretas porcinas (50 a 80%) en los ensilados y el Ca se ve afectado por el proceso del ensilaje, aumentado su contenido al final del proceso de fermentación. La variación que reportan estos autores es debida a la relación tiempo:proporción y el tiempo quizá el principal factor, ya que un sistema como el microsilo en el cual una vez cerrado fue resultado de diferentes factores entre los que sobresalen la heterogeneidad en la composición química de los ingredientes que integran los microsilos, cierto grado de error en el mezclado al momento de elaborarlos y principalmente a un proceso de sedimentación o lavado que se presenta dentro de los microsilos al transcurrir el tiempo, de manera que los minerales más solubles probablemente se desplazan hacia debajo de los recipientes. Los resultados del presente estudio difieren de algunos reportes quizá a factores ya anteriormente señalados en otras variables como son el número tan bajo de repeticiones, falta de homogeneidad al momento de elaborar las mezclas y a que el ensilado de maíz es bajo en su contenido de Ca

8.1.15 Efecto sobre el contenido de Fósforo

El contenido de P se vio afectado por la interacción ($P < 0.034$), que se observa en las interacciones con 0% de inclusión de excretas que tienen niveles de P menores ($P < 0.05$) a las otras interacciones, presentándose un incremento lineal ($P < 0.0001$), donde el factor EM de la planta como el %IE porcinas intervinieron en la concentración de P en los ensilados. EL porcentaje de P aumenta conforme se incrementa el %IE porcinas de 0 - 60% (0.141 - 0.210%, respectivamente) que esta por arriba de lo reportado por Ruiz (1993) y Castrejón (1996) pero inferiores a las descritas por Cabrera (1998) y Martínez (1999).

Se puede decir que la cantidad de P en los ensilados de la presente investigación fue determinada principalmente por la planta de maíz y las cantidades de P aumentaron por la proporción de excretas porcinas. El contenido P en los ensilados con fracciones sólidas de excretas porcinas es superior a muchos granos, subproductos y forrajes que se utilizan en la alimentación de rumiantes, por lo que son una buena fuente de este mineral. Y los mejores contenidos de P se presentaron con los niveles de 15 y 30%IE porcinas sin importar el EM.

Además el contenido promedio de Ca (0.17%) y P (0.18%) de los ensilados de esta investigación representan el 50% de los requerimientos que establece el NRC (2001) para ganado lechero y el 75% de los requerimientos para ganado bovino de engorda (0.15 - 0.36% para Ca y 0.11 - 0.27% para P) que recomienda el NRC (2000), de acuerdo a la etapa de la vida productiva o reproductiva en que se encuentre el bovino.

Para ovinos los niveles de Ca y P basándose en el % de MS de los ensilados de este estudio casi cubren los requerimientos de Ca (0.20 - 0.82%) y P (0.16 - 0.38%) que recomienda el NRC para ovinos (1985).

8.1.16 Efecto sobre el contenido de Acidos grasos de cadena corta

La concentración de los ácidos acético y láctico en los ensilados (0.3781 y 1.3769 %, respectivamente) se vieron afectados significativamente ($P < 0.05$) debido al proceso del ensilaje y en correspondencia con las modificaciones del pH, que se acidificó por el incremento en el contenido de estos ácidos grasos. El contenido promedio del ácido propiónico y butírico se mantuvieron constantes ($P > 0.05$) durante el proceso de

fermentación. El contenido promedio de ácido acético, propiónico, butírico y láctico fueron de: 0.378, 0.0135, 0.0144 y 1.3656, que difiere de lo reportado por Knight (1997) reportando contenidos de acético, propiónico y butírico de 1.46, 0.126 y 0.137 %, respectivamente; Martínez (1990) reporta contenidos de acético, propiónico, butírico y láctico (gl^{-1}) de: 1.87, 0.90, 0.62 y 4.20, respectivamente.

Acido Acético. Se encontró efecto significativo de la interacción: edad de la planta de maíz y nivel de inclusión de excretas porcinas, sobre el contenido de ácido acético en los ensilados. El nivel de excretas dentro de los ensilados fue el principal factor que hizo variar las concentraciones de ácido acético en los ensilados, en general una mayor proporción de excretas incluidas produjo el incremento de la cantidad de ácido acético. Este comportamiento fue similar al que registró Toledo (1996) y ligeramente mayores a las que encontró Cabrera (1998) en ensilados con excretas porcinas y puntas de caña de azúcar a los 30 días de ensilaje (0.36 %), en esa investigación no hubo diferencia en el contenido de ácido acético de los ensilados a los 60 días (0.413 %). Flores (1994) menciona que cantidades menores a 1.5 % de ácido acético son óptimas para considerar a un ensilado de excretas como de buena calidad, mientras que en ensilados de maíz se habla de un 0.41 % como permisible. Se ha determinado una correlación negativa entre consumo y contenido de ácido acético en la MS (Wilkins, 1981, Ramírez *et al.*, 1985).

Acido propiónico. Se observó significativa la interacción EM - %IE sobre el contenido de ácido propiónico de los ensilados. Estas cantidades fueron inferiores a las que obtuvo Cabrera (1998) en ensilados con puntas de caña de azúcar y 60 o 70 % de fracción sólida de excretas porcinas (0.072 y 0.077 %, respectivamente). En esta investigación también se incrementó la concentración de ácido propiónico al aumentar el contenido de excretas en los ensilados y este efecto fue mayor en el tratamiento con 60 %IE porcinas y 180 días de EM de la planta de maíz. Bal, *et al.*, (1997) en ensilados de maíz encontró que el ácido propiónico tiende a aumentar en la medida que madura la planta de maíz, variando de 0.22 a 0.47 % con relación a la MS. Toledo (1996) reportó que la concentración de ácido propiónico aumentó significativamente ($P < 0.01$) y conforme fue mayor la proporción de

excretas de cerdo en los ensilados, este efecto se manifestó desde 50 % de fracción sólida de excretas porcinas.

Acido Butírico. Se manifestó un efecto significativo de la interacción EM - %IE sobre el contenido de ácido butírico de los ensilados. La mayor concentración la presentó el tratamiento 8 (0.033 %) y la menor cantidad correspondió al tratamiento 10 (0.0055 %). Toledo (1996) encontró un aumento en la concentración de este ácido al incluir mayor cantidad de excretas porcinas en los ensilados, no obstante en la presente investigación ese comportamiento no fue muy marcado. Sólo con el nivel de 60 % de excretas porcinas en las tres edades de la planta, se manifestó una diferencia que alcanzó a ser significativa respecto a los otros tres ensilados con plantas de una misma edad. Las cantidades producidas de ácido butírico fueron pequeñas, de acuerdo con Wilkins (1981) es favorable, ya que desde un punto de vista nutricional y de efectividad en la preservación del material ensilado, la fermentación aceto-butírica es indeseable, puesto que como se mencionó anteriormente, se ha determinado una correlación negativa entre consumo y contenido de ácido acético o butírico en la MS. Por otro lado, mientras que una fermentación láctica inhibe la actividad microbiana que produce las transformaciones de N-proteínico en amonio y aminas e inhibe la proliferación de bacterias patógenas y de levaduras, todo esto sucede en una fermentación de tipo aceto-butírica, donde el pH tiende a ser superior a 4, causando un deterioro del producto ensilado.

Acido láctico. En el contenido de este ácido en los ensilados no se manifestó diferencia significativa ($P < 0.05$) alguna por los factores bajo estudio o la interacción. Estos resultados fueron similares a los que obtuvo Cabrera (1998) y difirieron de los de Toledo (1996) quien encontró un incremento significativo conforme aumentó la proporción de excreta en los ensilados, probablemente debido a una menor cantidad de melaza respecto a la cantidad de excretas en los ensilados en los que se incluyó mayor porcentaje de estas en la mezcla. Al respecto, Cobos (1987) realizó un ensilado de excretas de vaca: rastrojo de maíz: melaza, realizando 4 mezclas diferentes. Encontró que la concentración total de AGV aumentó a medida que la proporción de melaza en los ensilados fue mayor y se determinó una correlación significativa y positiva ($r = 0.82$) entre la concentración de melaza y AGV. A

diferencia la concentración de ácido láctico disminuyó a medida que se incremento la proporción de melaza, determinándose una correlación altamente significativa y negativa ($r = 0.97$) entre la concentración de melaza y ácido láctico. Los resultados indicaron que la inclusión de melaza tendió a cambiar el tipo de fermentación entre los ensilados. Con menor contenido de melaza se caracterizaron por una mayor concentración de ácido láctico, pH entre 3 y 4 y una proporción molar acético: propiónico: butírico similar a la que se tiene en los rumiantes alimentados basándose en forraje.

En la presente investigación las cantidades de ácido láctico fluctuaron entre 1.633 y 1.152%. Otros estudios con ensilados de maíz señalaron que la cantidad de ácido láctico considerada como óptima para la estabilización del proceso y que no disminuyo el consumo, se encontró entre 1.5 y 2.5 % (Castañeda, 1998).

Goering y Smith (1977) cuando ensilaron estiércol con planta de maíz entera, encontraron un pH de 3.83, una producción de ácido láctico de 7.62 % en relación a la MS, una concentración de 3.24 % de AGV en relación a la MS y una relación acético: propiónico: butírico de 81: 15: 4. Por otra parte Hardy y Elias (1976) reportaron que en el proceso de ensilaje se producen ácido láctico y ácidos grasos volátiles, principalmente ácido acético, pero al aumentar la cantidad de estiércol en la mezcla (70: 30 estiércol: melaza), se incremento la cantidad de ácido láctico y AGV totales, disminuyendo la producción de acético y aumentando la de propiónico.

Las concentraciones de ácido acético, propiónico, butírico y láctico que se determinaron en esta investigación se consideran como óptimos y considerar a los ensilados de excretas porcinas con porcentajes de inclusión de 0 a 30% como de buena calidad.

Las diferentes proporciones de ácidos grasos que se registraron, permiten concluir que es necesaria mayor investigación sobre el contenido de ácidos grasos en los ensilados que son elaborados con excretas porcinas, principalmente cuando estos ensilados van a ser utilizados en la alimentación de rumiantes, ya que estos ácidos grasos son utilizados por los microorganismos que se encuentran en el rumen y determinan cambios en el metabolismo, consumo y la productividad de estos animales.

Las concentraciones de ácido acético, propiónico, butírico y láctico que se determinaron en esta investigación se consideran como óptimos para considerar a los

ensilados de excretas porcinas con porcentajes de inclusión de 0 a 30 % como de buena calidad.

8.2 Experimento II

8.2.1 Biotransformación de Aflatoxina B1

El contenido de MS (29.658 %), el ácido láctico (1.6903) y pH (3.876) estuvieron en los porcentajes adecuados para un buen proceso de fermentación; pero al no tener datos suficientes de la biotransformación de Aflatoxina B1 (AFB1), no se pudo realizar ningún tipo de análisis estadístico para realizar la contrastación o correlación entre variables.

Van Egmond (1989) y Moreno y Gil (1991) reportan que los niveles de tolerancia para aflatoxinas son: Aflatoxinas B1 en alimentos de 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$; la suma de aflatoxinas (B1,B2,G1,G2) en alimento es de 10 a 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$; Aflatoxinas en leche de 0.05 – 0.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$; Aflatoxinas en alimentos para ganado lechero de 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Esto indica que los niveles encontrados de AFB1 (10.62 $\mu\text{g}/\text{kg}$) rebasan los niveles permisibles reportados por estos autores.

La detección de AFB1 en 2 de las 12 submuestras, 6 de las 12 submuestras de AFM1 y la falta de detección de Aflatoxicol, quizá nos indica que su comportamiento es similar a la variabilidad que presentan los hongos, especialmente cuando se cultivan en medios sintéticos. Este comportamiento puede afectar negativamente los estudios sobre regulación de síntesis y control de aflatoxinas. La variabilidad en la presencia de *A. Flavus* o *parasiticus* esta más dado por fuentes de carbono y pH de entre 4.5 – 6.6 en medios de crecimiento sintéticos (Anguiano, 2002).

Con respecto a biotransformación de las aflatoxinas se pudo haber debido a lo siguientes factores: las submuestras del control no se pudo detectar AFB1 ya que la determinación se hizo después de 3 meses de tener las muestras en refrigeración, la AFB1 que no se pudo detectar quizá por efecto del pH que provocho su rápida desaparición de las muestras, la distribución del inóculo dentro del ensilados pudo ser heterogéneo y la inexistencia de reportes similares a este estudio para haber tenido un punto de referencia para el desarrollo de este experimento. En las 12 muestras que se analizaron otros factores

que quizá influyeron en la no detección de AFB1 y sus metabolitos son: la concentración de AFB1 en el inóculo fue muy variable; la distribución heterogénea del inóculo en los ensilados al colocarlo por capas en el ensilado en lugar de mezclarlos para que la distribución sea la más homogénea posible; el tipo de molienda pudo favorecer esta distribución heterogénea, es decir que debió haberse molido finamente el inóculo ya que la molienda se realizó en un molino de mano y la partícula fue demasiado gruesa; la falta de homogeneización antes de tomar las submuestras para el análisis de AFB1; aún cuando se hubieran analizado las 60 muestras, lo más probable es que no se hubieran detectado AFB1.

Se sugiere que por la gran variabilidad en el comportamiento de estos metabolitos, los estudios sobre aflatoxinas se realicen con un mínimo de cinco repeticiones por muestra y al menos repetir tres veces el mismo experimento. Aunado a lo anterior se han identificado 4 principales factores del ambiente que afectan el desarrollo y la producción de aflatoxinas: a) humedad, b) temperatura, c) aereación y d) sustrato, como lo reportan Shuch (1988), Purchio (1988), Skrnjar (1992), Shain (1994), Prasad (1997), Correa (1997), Etcheverry (1999), De Silva (2000) y Dutta (2001) donde los niveles de AFB1 detectados oscilaron de 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ hasta 287 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y están fuertemente relacionados con el porcentaje de humedad, tiempo de almacenamiento, temperatura prevaleciente, precipitación pluvial y los estudios deben ser por períodos prolongados de 1 hasta 3 años ya que la época del año influye fuertemente.

9. LITERATURA CITADA

1. Abbas, H. K.; Williams, W. P.; Windham, G. L.; Pringle, H. C. 3rd; Xie, W.; Shier, W.T. Aflatoxin and fumonisin contamination corn (*Zea mays*) hybrids in Mississippi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50 (18): 5246-54 (2002).
2. Albright, J. L., Aust, S.D., Byers, J. H., Fritz, T. E., Brodie, B. O., Olson, R. E., Link, R. P. Simon, J., Rhoades, H. E. and Brewer, R. L. Moldy corn toxicosis in cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 144:1013-1019 (1964).
3. Anguiano, R. G. L.; Rodríguez, A. Y.; Bucio, V. C. M. y Guzmán, de P. D. Variación del comportamiento toxigenico de *Aspergillus parasiticus* y *A. flavus*. *Memorias del XXIX Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología F-17, Monterrey Nuevo León* (2002).
4. Alvarez, S. P. C. y Gutiérrez-Vázquez, E. Engorda de toretes a base de estiércol fresco de cerdo y dos fuentes de fibra en una empresa comercial. *Livestock Research for Rural Development* (13) 4 (2001), on line www.cipav.org.co/lrrd.
5. A.O.A.C.: Official Methods of Analysis. 15th edn. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. (1990).
6. Arévalo, B.J.A. : Utilización de estiércol de bovinos, cerdos y aves en la nutrición animal (Revisión bibliográfica). Tesis de Licenciatura, de la Fac. de Med. Vet. y Zoot. de la Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. (1978).
7. Archila, C. W. Evaluación nutritiva de maíz, sorgo forrajero ensilado con excreta y melaza. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Chapingo, México (1989).

8. Arndt, D.L., Day, D.L. and Hatfield, E.E.: Processing and handling of animal excreta for recycling. *J. Anim. Sci.* 48 (1): 157-162 (1979)
9. Aubert, de la P. I.; Martínez, M. J. J. y Borbolla, S. G. Efecto del ensilaje y la biodegradación con larva de mosca sobre las características nutricionales y bacterianas de la excreta de cerdo. *Vet. Méx.*, 32 (4) 249-256 (2001).
10. Bal, M. A.; Coors, J. G. and Shaver, R. D. Impact of maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion and milk production. *J. Dairy Sci.* 80:2497-2503 (1997).
11. Bernal, P. R. Efecto de la época de corte sobre el rendimiento en grano y la calidad del forraje de maíz (*Zea Mays*). Tesis de maestría en ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Chapingo, México. (1983)
12. Berger, J.C.A., Fontenot, J.P., Kornegay, E.T. and Weeb, Jr. K.E.: Feeding swine waste . I. Fermentation characteristics of swine ensiled with ground hay or ground corn grain. *J. Anim. Sci.* 52(6):1388-1403 (1981a).
13. Berger, J. C. A.; Fontenot, J. P. ; Kornegay, E. T. and Webb, Jr. K. E. Feeding swine waste. II. Nitrogen utilization, digestibility and palatability of ensiled swine waste and orchard hay or corn grain fed to sheep. *J. of Anim. Sci.*, Vol. 52, No. 6, 1404-1416 (1981b).
14. Bhattacharga, A.N. and Taylor, J.C.: Recycling animal wastes as a feedstuff: A review. *J. Anim. Sci.* 41(5):1438-1457 (1975).
15. Bodine, A. B. and Mertns, D. R. Toxicology, metabolism and physiological effects of aflatoxin in the bovine. Edit. By Diner. L. U.; Asquith, L. R. and Dickens, J. W Southern Cooperative series bulletin 279 for Southern regional research project s-132. Published at

Departament information Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama 46-50 (1983)

16. Bórquez, G. J. L. Valor nutritivo de ensilados de estiércol bovino, rastrojo de maíz y melaza, con sebo de res y subproductos de galletería y panadería. Tesis de Doctor en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Chapingo, México (2002).

17. Botswick, K.J.L.: Cooper toxicosis in sheep. J. Am. Vet. Ass. 108:386-387 (1982)

18. Brumm, M.C., Sutton, A.L., Mayrose, V.B. and Jones, J.W.: Effects of feeding arsenic on swine waste composition. J. Anim. Sci. 41:240 (1975).

19. Bryden, W. L., Lloyd, A. B. and Cumming R. B. Afltoxin contamination of Australian animal feeds and suspected cases of mycotoxicosis. Australian Veterinary Journal, vol. 56. 176-180 (1980).

20. Campabadal, C.: Utilización de cerdaza en el ganado de carne. Acontecer Bovino Vol.1(3): 4-10 (1995).

21. Cabrera, M. P. Acidos grasos de cadena corta, macro y microminerales en ensilados de excretas porcinas (fracción sólida) con caña de azúcar picada. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. (1998).

22. Castañeda, N. Y. Sistemas de pastoreo y sus variantes. Capitulo II Principios del manejo de pastizales. SUA-UNAM-FMVZ. México, D. F. p. 37-42.

23. Castrejón, P.F.A., Toledo, B.A., Corona, G.L., Aguirre, G.M.A., Arcos, G.J.L., Pérez, G.E.P.: Acidos grasos volatiles, macro y microminerales en ensilados de excretas porcinas

(fracción sólida), con bagazo de caña y melaza. Memorias XX Congreso Nacional de Buiatría, Acapulco, Gro., p:293-296 (1996)

24. Caswell, L.F., Fontenor, J.P. and Weeb, Jr. K.E.: Ensiled broiler litter with diferent moisture levels. *J. Anim, Sci.* 40:200 (1975).

25. Ciordia, H. and Anthony, W.B.: Viability of parasite nematodes in wastelage. *J. Anim. Sci.* 28:133-134 (1969).

26. Cobos, P. M. A. Evaluación nutricional de ensilados a base de estiércol, melaza y rastrojo de maíz en la alimentación de ovinos Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Chapingo, México (1987).

27. Conrad, J.H. and Mayrose, V.B.: Animal waste handling and disposal in confinement production of swine. *J. Anim. Sci.* 32(4):811-815 (1971).

28. Cornman, A.W., Lamm, W.D., Weeb, Jr. K.E. and Fontenot, J.P.: Ensiling cattle waste with ryc straw as a diet supplement for ruminants. *J. Anim. Sci.* 52(6):1233-1239 (1981).

29. Correa, B.; Galhardo, M.; Costa, E.; Sabino, M. Distribution of molds and aflatoxins in dairy cattle feeds and raw milk. *Revista de Microbiología* 28 (4):279-283 (1997).

30. Cotty, J. P. and Cardwell, F. K. Divergence of west African and north American communities of *Aspergillus section flavi*. *Applied and Enviromental Microbiology*, May. 2264-2266 (1999).

31. Church, D. C. El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición. Editorial ACRIBIA, S. A. Zaragoza, España (1988)

32. Da Silva, J. B.; Pozzi, C. R.; Mallozzi, M. A.; Ortega, E. M.; Correa, B. Microflora and occurrence of Aflatoxin B1 y fumonisin B1 durante el almacenamiento de sorgo en Brasil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48 (9):4352-56 (2000)
33. Daniel, W. W. *Bioestadística. Bases para análisis de las ciencias de la salud*. Cuarta Edición. Ed. LIMUSA, México, D. F. 2002.
34. Davis, D. N. and Diener, L. U. Some characteristics of toxigenic and nontoxigenic isolates of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. Aflatoxin and *Aspergillus flavus* in corn. Edit. By Diener, L. U.; Asquith, L. R. and Dickens, J. W. Southern Cooperative series bulletin 279 for Southern regional research project s-132. Published at Department of Information Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama 1-5 (1983)
35. Dickens, J. W. and Whitaker, T.B. Aflatoxin Testing procedures for corn. Aflatoxin and *Aspergillus flavus* in corn. Edit. By Diener, L. U.; Asquith, L. R. and Dickens, J. W. Southern Cooperative series bulletin 279 for Southern regional research project s-132. Published at Department of Information Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama 35-37 (1983)
36. Diggs, B.C., Baker, Jr. B. and James, F.G.: Value of pig faeces in swine finishing rations. *J. Anim. Sci.* 24(1):291 (1965).
37. Dieckman, M.A. and Green, M. L. Mycotoxins and reproduction in domestic livestock. *J. Anima. Sci.* 70:1615-1627 (1992).
38. Dorner, W. J. Mycotoxins in food: Methods of analysis. *Handbok of food Analysis*. Editd. by Nollet, L. M. L, Marcel Dekker, In. 1089- 1111 (1996).

39. Duarte, N.F., Magaña, C.A., Rodríguez, G.F.: III. Reciclaje de heces en vaquillas lecheras de recemplazo. Memorias Reunión de Investigación Pecuaria en México, pag:109 (1986).
40. Duarte, N.F., Magaña, C.A., Rodríguez, G.F.: Caracterización químico nutricional de heces de bovinos y porcinos. Memorias Reunión de Investigación Pecuaria en México. pag:298 (1987).
41. Duarte, E. Díaz, Winston, M Hagler J. y Lon W. Whitlow. Micotoxicosis en bovinos. México Holstein, vol. 33 No. 8 11-13 (2002).
42. Dutta, T. K.; Das, P. Isolation of aflatoxigenic strains of *Aspergillus* and detection of Aflatoxin B1 from feed in India. *Mycopathologia (Abstract)* 151 (1):29-33 (2001).
43. Etcheverry, M; Nesci, A; Barros, G. Torres, A.; Chulze, S. Occurrence of *Aspergillus section flavi* and afltoxin B1 in corn genotypes and corn meal in Argentina. *Mycopathologia* 147 (1):37-41 (1999).
44. Evans, E., Moran, Jr. E.T., Walker, J.P.: Laying hen excreta as ruminant feedstuff. 1. Influence of practical extremes in diet, waste management procedure and age of production on composition. *J. Anim. Sci.* 46(2) 520-526 (1978)
45. Flores, M. *Bromatología animal*. Editorial México: UTEHA, Limusa, México, D. F. (1994).
46. Fontenot, J.P. and Weeb, Jr. K.E.: Health aspects of recycling animal wastes by feeding. *J. Anim. Sci.* 40(6):1267-1277 (1975).
47. Gabal, M. A., Hegazi, S. A. and Hassanin, N. Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* field isolates. *Vet. Human Toxicol.* 36(6) 519-521 (1994)

48. García, M. E.: Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República mexicana. 3ra. Edición, Dirección General de Geografía e Informática SPP, México, D.F. (1981)
49. Gems, W., Chirstensen, M., Onions, A.H.S., Pitt, J. I. And Samson, R. A.: Infrageneric taxa of *Aspergillus* In "Advances in Penincillium and Aspergillus Systematics", Eds. R.A. Samson and J.I. Pitt. New York: Plenum Press. Pp 55-62 (1985).
50. Gibson, T.: Clostridia in silage. *J. Appl Bact.* 28:56 (1965)
51. Gill, L. G.: Desing and analysis of experiments (in the animal and medical sciences) First Edition, Vol. 1 The Iowa State University Press, Ames, Iowa (1978).
52. Gopal, T., Zaki, S., Narayanaswami, M. and Premlata, S. Aflatoxicosis in dairy cattle. *Indian Vet.* 45:707-712 (1968).
53. Guerrero, A.F.E.: Utilización de nitrógeno y disponibilidad del Cu ante el reciclaje de excretas porcinas en ratas y borregos. Tesis de Licenciatura, Fac. de Med. Vet. y Zoot. de la Universidad Nacional Autónoma de México (1985).
54. Guthrie, L. D. Effects of aflatoxin in corn on production and reproduction in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 62:134 Suppl. 1 (1979).
55. Guzmán-de-Peña D., Anguiano R.G.L., Medina J.J.: Modification of the Method AOAC (CB Method) for the Detection of Aflatoxins. *Bull Environ Contam Toxicol.* 49:485-489 (1992).
56. Gúzman-de-Peña and Ruiz-Herrera José. Relationship between aflatoxin biosynthesis and sporulation in *Asperfillus parasiticus*. *Fungal Genetics Biology.* 21, 198-205 (1997).

57. Hardy C. & Elias. Ensilaje de excreta y miel fina. 1. Características fermentativas de una mezcla de excreta de bovino, miel fina y forraje deshidratado ensilado in vitro. *Rev. Cub. Cienc. Agric.* 9: 69 (1975)
58. Harmon, B.G., Day, D.L., Jensen, A.H. and Baker, D.H.: Nutritive value of aerobically sustained swine excrement. *J. Anim. Sci.* 34(3):403-407 (1972).
59. Harmon, B.G., Day, D.L., Baker, D.H. and Jensen, A.H.: Nutritive value of aerobically or anaerobically processed swine waste. *J. Anim. Sci.* 37(2):510-513 (1973).
60. Harmon, B.G., Fontenot, J.P. and Weeb. Jr. K.E.: Ensiled broiler litter and corn forage. I. Fermentation characteristics. *J. Anim. Sci.* 40(1):144-155 (1975).
61. Henderson, N. Silage additives. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 45:35-56 (1993)
62. Hendrosoekarjo, S. and Pearce, G.R.: Utilization by sheep of dried pig faeces containing a high concentration of copper. *Anim. Feed. Sci. and Tech.* 3:31-39 (1978).
63. Hernández, C. B. Determinación de bacterias patógenas en ensilados de excretas porcinas con caña de azúcar. Tesis de Licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, (1997).
64. Hill, R.C., Anthony, W.B., Cunningham, Jr. J.P.: Cattle waste for cattle feed. *J. Anim. Sci.* 40: 199-200 (1975).
65. Hillard, E.P., Bear, J. and Pearce, G.R.: Utilization of piggery waste. I. The chemical composition and in vitro organic matter digestibility of pig faeces from commercial piggeries in South Eastern Australia. *Agri. and Environment.* 4:171-180 (1979).

66. Horn, B.W., Green, R.L. and Dorner, J.W.: Effect of corn and peanut cultivation on soil population of *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* in Southeastern Georgia. *Applied and Environmental Microbiology*. 61: 2472-2475 (1995).
67. Iñiguez, C.G.: Fermentación de estiércol de cerdo para la obtención de un alimento para rumiantes. Tesis de Doctorado, Instituto de Investigaciones Biomedicas, U.N.A.M., México. D.F. (1991).
68. Iñiguez, C.G., Cuarón, I.J.A., Pérez, G.P., Torre, M.M. de la and Magaña, P.I.: Fermentation characteristics, digestibility and performance of ensiled swine, wheat straw and cane molasses fed to sheep. *Biological Wastes* 34:281-299 (1990b).
69. Iñiguez, C.G. Torre, M.M. de la, Cuarón, I.J.A., Pérez, G.P. and Magaña, P.I.: Fermentation characteristics of swine ensiled with straw and cane molasses. *Biological Wastes* 34:227-239 (1990a).
70. Jansen, R.G.: Biological evaluation of protein quality. *Food Tech.* 32:52 (1978).
71. Jiménez, M. A. Conservación de forraje. Apoyos académicos 6. 1ª Edición. Universidad Autónoma de Chapingo, México 94 p. (1988).
72. Johnson, R. R.; Balwani, T. T.; Johnson, L. J. ; McClure, K. E. and Dehority, B.A.: Corn plant maturity II: Effect on in vitro cellulose digestibility and soluble carbohydrate content. *J. Anim. Sci.* 25: 617-623 (1966).
73. Kamra, D.N., Srivastava, S.K.: Effect of sugarcane molasses on fermentation of pig faeces and wheat straw inoculated with lactic-acid producing bacteria. *Bioresource Technology* 47(1): 87-88 (1994).

74. Knight, E.F., McCaskey, T.A., Anthony, W.B. and Walters, J.L.: Microbial population changes and fermentation characteristics of ensiled bovine manure-blended rations. *J. Dairy Sci.* 60(3):416-423 (1977).

75. Kornegay, E.T., Holland, M.R., Weeb, K.E., Bovard, Jr. K.P.: Nutrient characterization of swine fecal waste and utilization of these nutrients by swine. *J. Anim. Sci.* 44(4):608-619 (1977).

76. Kubena, L.F., Recce, T.N. and May, L.D.: Nutritive propieties of broilers excreta as influenced by enviromental temperature, collection interval, age of broilers and diet. *Poult. Sci.* 52:1700-1703 (1973).

77. Langston, C.W., Bauma, C. and Conner, R.M.: Chemical and bacteriological changes in grass silage during the early stages of fermentation. II. Bacteriological changes. *J. Dairy Sci.* 45:618-624 (1962).

78. León, R. R. Ensilaje de la planta de maíz con estiércol de cerdo y bovino en alimentación de rumiantes. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. (1993)

79. Lewis, W.H.: *Medical Botany, Plants Affecting Man's Health*, Wiley-Interscience Publication, New York (1997).

80. Lillehoj, B. E. Effect of enviromental and cultural factors on aflatoxin contamination of deloping corn kernels. Aflatoxin and *Aspergillus flavus* in corn. Edit. By Diner. L. U.; Asquith, L. R. and Dickens, J. W Southern Cooperative series bulletin 279 for Southern regional research project s-132. Published at Departament information Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama 27-34 (1983)

81. Loosmore, R. M., Allcroft, R., Tutton, A. E. and Carnaghan, B. R. The presence of aflatoxin in a sample cotton-seed cake. *Vet. Res.* 76:64-65 (1964).
82. López, G. S. J. Composición química, estabilidad aeróbica y evaluación microbiológica de ensilados de maíz forrajero, cerdaza o estiércol con o sin aditivos. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Chapingo, México (1998).
83. Lowrey, R.S., Cullison, A.E., McCampbell, H.C., Watson, N.O. and Sherwood, D.H.: Cattle and poultry wastes for finishing steers. *J. Anim. Sci.* 40:201 (1975).
84. Magaña, C.A., Duarte, V.F. y Rodríguez, G.F.: Utilización de heces en la alimentación animal. II. Reciclaje de heces de bovinos en engorda de corral. *Memorias Reunión Pecuaria en México* pag:123 (1985).
85. Manan, S. E. *Toxicology Chemistry (a guide to toxic substances in chemistry.* Lewis, Publishers, Inc., Chelsea, Mich. (1990).
86. Mardia, K.V., Kenet, J.J. and Bibby, J.M.: *Multivariate Analysis*, Academic Press, London (1979).
87. Martínez, A. M. M. Uso de estiércol, rastrojo de maíz y melaza en la alimentación de becerras holstein. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Chapingo, México (1990)
88. Martínez, C. V. A. Efecto de la inclusión de cerdaza en ensilados de planta de maíz y melaza, sobre los parámetros productivos de corderas criollas. Tesis de Licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, (1999).

89. McDonald, P., Henderson, A.R. and Ralton, I.: Energy changes during ensilage. *J. Sci. Fd. Agri.* 24:827-834 (1973).
90. McCaskey, T.A., and Anthony, W.B.: Human and animal health aspects of feeding livestock excreta. *J. Anim. Sci.* 48(1):163-177 (1979).
91. Moreno, M. E. y Gil, G. M. La biología de *Aspergillus Flavus* y la producción de aflatoxinas. Universidad Nacional Autónoma de México. (1991).
92. National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press, Washington, D. C. Update (2000).
93. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition, 2001 National Academy Press, Washington, D. C.(2003).
94. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Sixth Revised Edition. National Academy Press, Washington, D. C. (1985).
95. Orr, D.E., Miller, E.R., Ku, P.K., Bergen, W.G. and Ulrey, D.E.: Recycling of dried waste in swine. *J. Anim. Sci.* Vol. 33:1152-1153 (1971).
96. Peña, R.M.: Evaluación nutricional de los sólidos recuperados del estiércol de cerdo. Tesis de Licenciatura de la Escuela. Nacional. de Estudios Superiores, Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México (1986).
97. Pitt, J. I. The current role of *Aspergillus* and *Penicillium* in human and animal health. *Journal of Medical and Veterinary Mycology*, 32, supplement 1, 17-32 (1994).

98. Prasad, K. S. N.; Chopra, R. C.; Chhabra, A.; Dudhe, A.; Murthy, T. N.; Prasad, T. Survey of common feedstuffs for aflatoxin B1 contamination in and around Karnal district of Haryana. *Indian Journal of Animal Nutrition* 14 (4):269-271 (1997).
99. Purchio, A.; gambale, W.; Paula, C. R.; Barbieri, W.; Meireles, M. C. A.; Iida, S. Mycotoxins (aflatoxins, patulin, ochratoxin A and sterigmatocystin) and the corresponding mycotoxin forming fungi in dairy cattle feedstuffs. *Revista de Microbiologia* 19 (2):172-176 (1988).
100. Ramirez, G. A. Begle, M. y Viniegra G. Efecto del nivel de melaza y de la calidad de nitrógeno en ensilados de bagazo y estiércol predigerido. En: Mayra de la Torre. La utilización de los recursos celulósicos en la alimentación animal. I.P.N. – S.E.P. México, D. F. (1985).
101. Ramirez, V. F. J. y Rodríguez, G. F. Características químico nutricionales de ensilajes de rastrojo de maíz con excretas animales. *Téc. Pcc. Méx. Vo. 26, No. 1* 86-91 (1988).
102. Ramírez, V. F. J. Valor nutricional de ensilados de rastrojo de maíz y cerdaza o gallinaza para borregos con o sin implante de zeranol. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Chapingo, México, (1990).
103. Raper, K.B. and Fennell, D.I. *The Genus Aspergillus*. Williams and Wilkins, Baltimore, Maryland (1965).
104. Repetto, M. *Toxicología Fundamental*. Editorial, Científico-Médica, Barcelona (1981).
105. Rosner, H.: Regulaciones de la micotoxina: una actualización. *Revue de Médecine Veterinaire* 149: 679-680 (1998).

106. Ruiz, N. I. Nutritive characteristics of green and dry leaves of corn use with silage purpose. *Agric. Tec.* 53:356-359.
107. Salazar, G. G. Reciclaje de excretas, buen negocio. *Síntesis Porcina*, Octubre 1995 19-24.
108. Shuch, M.; Baumgartner, W. Microbiological and mycotoxicological contaminated feedstuffs as disease causing agents in cattle. *Weiner Tierärztliche Monatsschrift (Abstract)* 75 (9):329-332 (1988).
109. Schuler, P.L., Van Egmond, H.P. y Stoloff, L.: Límites y reglamentaciones de las micotoxinas. "Proceedings International Symposium on Mycotoxins". El Cairo, Egipto, 6-8 de Septiembre de pp. 111-129 (1981).
110. Serrano, G. E. "Efecto del proceso de ensilaje sobre las unidades formadoras de colonias de hongos en excretas porcinas". Tesis de Licenciatura de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. México, D. F. (2001).
111. Shain, K.; Cerci, I. H. The effects of conditions and duration of storage on levels of moisture and aflatoxin contamination in cattle feed. *Saglik Bilimleri Dergisi (Abstract)*. 8 (2):47-52 (1994)
112. Skrinjar, M ; Stubblefield, R. D.; Vucicic, I. F., Stojanovic, E. Distribution of aflatoxin producing moulds and aflatoxins in dairy cattle feed and raw milk. *Acta Microbiologica Hugarica. (Abstract)* 39 (2):175-179 (1992).
113. Smith, L.W. and Wheeler, W.E.: Nutritional and economic value of animal excreta. *J. Anim. Sci.* 48(1):144-156 (1979).

114. Stanoigas, G. and Pearce, G.R.: Digestibility by cattle of diets containing dried pig faeces. *Anim. Feed. Sci. and Technology* 3:155-161 (1978).
115. Stoloff, L.: Analytical methods for micotoxins. *Clin. Tox.* 5:456-495 (1972).
116. Stoloff, L.: Aflatoxins – An overview. In “Mycotoxins in Human and Animal Health”, Eds. J.V. Rodricks, C.W. Hesseltine and M. A. Mehlman. Pathotox Publishers, Park Forest South, Illinois: pp. 7-28 (1977).
117. Stoloff, L., Van Egmond, H. P. y Park, D.P.: Variaciones para el establecimiento de límites y reglamentaciones de las micotoxinas. *Aditivos y contaminantes alimenticios*, 8:213-222 (1991).
118. Sutton, A.L., Mayrose, V.B., Nye, J.C. and Nelson, D.W.: Effect of dietary salt level and liquid handling systems on swine waste composition. *J. Anim. Sci.* 43(6):1129-1134 (1976).
119. Tejada, H.I.: *Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal*. S. E. P. (1985)
120. Thorlacius, S.O.: Nutritional evaluation of dehydrated cattle manure using sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 56:227 - 232 (1976).
121. Tinnimit, P. Yu Yu, K.M. and Thomas, J.W.: Dried animal wastes as a protein supplement for sheep. *J. Anim. Sci.* 35(2): 431-435 (1972).
122. Toledo, B.A., Castrejón, P.F.A., Corona, G.L., Aguirre, G.M.A., Arcos, G.J.L.: Compuestos nitrogenados, paredes celulares y digestibilidad de excretas porcinas (fracción sólida), con bagazo de caña y melaza. *Memorias XX Congreso Nacional de Buiatría, Acapulco, Gro.* p:297 - 300 (1996).

123. Valle, V. P. y Lucas, F. B. Toxicología de Alimentos. Instituto Nacional de Salud Pública, Centro Nacional de Salud Ambiental, México, D. F. p. 261 (2000).
124. Van Egmond, H.P.: Situación actual de la reglamentación de las micotoxinas. Informe sobre tolerancias y el estado de los métodos estándar de muestreo y análisis. Aditivos y contaminantes alimenticios. 6:139-188 (1989).
125. Van Egmond, H. P.; Natori, S.; Hashimoto, K; Ueno, Y. Micotoxins and Phycotoxins Bioactive Molecules Vol. 10 (88) 2489 – 256 (1989).
126. Van Soest, P. J. Nutritional ecology of the ruminants. Edit. O & Books, Inc. Corvallis, Oregon, USA. p: 152-157 (1982).
127. Wilkins, R. J. The nutritive value of silages. In: Haresing, W: Y. D. J. A. Cole. Recent developments in ruminant nutrition. Butterworths, London (1981).
128. Wilson, M. D., Gueldner, C. R. and Hill, A. R. *Aspergillus flavus* and production aflatoxin. . Aflatoxin and *Aspergillus flavus* in corn. Edit. By Dinser. L. U.; Asquith, L. R. and Dickens, J. W Southern Cooperative series bulletin 279 for Southern regional research project s-132. Published at Department information Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama. 13-15 (1983).
129. Yadav, A. S. and Sagar, V. Effect of feeding wastelage on nutrient utilization and growth performance of buffalo calves. Indian Journal of Anim. Sci. 62(11): 1063-1066 (1992).

10. ANEXOS

Anexo 1. Análisis Univariado (Estado de Madurez) del Químico Proximal

Fuente	Variable Dependiente	Suma de Cuadrados	Grados Libertad	Cuadrados Medios	F	Sig.
Contrastes	pH	1.254	2	0.627	906.438	0.0001
	MS	27.945	2	13.973	6.183	0.007
	MO	48.991	2	24.495	7.155	0.004
	PT	0.635	2	0.317	0.910	0.416
	FC	37.060	2	18.530	19.159	0.000
	EE	4.228	2	2.114	5.763	0.009
	ELN	80.286	2	40.143	27.060	0.000
	CENIZAS	6.096	2	3.048	11.828	0.000
Error	pH	1.666E-02	24	6.917E-4		
	MS	54.236	24	2.260		
	PT	8.374	24	0.349		
	EE	8.804	24	0.367		
	FC	23.213	24	0.967		
	ELN	35.603	24	1.483		
	CENIZAS	6.185	24	0.258		

Anexo 2. Resultados de contrastes polinomiales (Estado de Madurez) del Químico Proximal

		PH	MO	MS	PT	EE	FC	ELN	CEN
Lineal	Contraste estimado	-0.249	-0.098	-0.530	0.227	-0.540	-0.501	-0.361	1.312
	Error Estándar	0.008	0.534	0.434	0.171	0.175	0.284	0.147	0.352
	Significancia	0.0001	0.855	0.234	0.195	0.005	0.091	0.021	0.001
Cuadrático	Contraste estimado	-0.206	-2.018	-1.431	0.0340	0.247	1.685	0.615	-2.229
	Error Estándar	0.008	0.534	0.434	0.171	0.175	0.284	0.147	0.352
	Significancia	0.0001	0.001	0.003	0.844	0.171	0.0001	0.0001	0.0001

Anexo 3. Análisis Univariado (Porcentaje de Inclusión de Excretas Porcinas) del Químico Proximal

Fuente	Variable Dependiente	Suma de Cuadrados	Grados Libertad	Cuadrados Medios	F	Sig.
Contrastes	pH	0.281	3	0.09.353	135.222	0.0001
	MO	354.280	3	118.093	34.493	0.0001
	MS	198.653	3	66.218	29.302	0.0001
	PT	425.502	3	141.834	406.501	0.0001
	EE	80.248	3	26.749	72.920	0.0001
	FC	5.150	3	1.717	1.775	0.179
	ELN	627.615	3	209.205	141.025	0.0001
	CENIZAS	27.872	3	9.291	36.052	0.0001
Error	pH	1.660E-02	24	0.0006917		
	MS	54.236	24	2.260		
	PT	8.374	24	0.349		
	EE	8.804	24	0.367		
	FC	23.213	24	0.967		
	ELN	35.603	24	1.483		
		CENIZAS	6.185	24	0.258	

Anexo 4. Resultados de contrastes polinomiales (Porcentaje de inclusión de Excretas Porcinas) del Químico Proximal

		pH	MO	MS	PT	EE	FC	ELN	CEN
Lineal	Contraste estimado	0.170	6.036	4.551	6.790	2.967	0.0631	-8.262	-1.680
	Error Estándar	0.009	0.617	0.501	0.197	0.202	0.328	0.406	0.169
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.849	0.0001	0.0001
Cuadrático	Contraste estimado	0.04500	1.604	1.117	0.168	0.273	-0.711	0.349	-0.518
	Error Estándar	0.009	0.617	0.501	0.197	0.202	0.328	0.406	0.169
	Significancia	0.0001	0.016	0.035	0.403	0.188	0.040	0.342	0.005
Cúbico	Contraste estimado				1.072				
	Error Estándar				0.197				
	Significancia				0.0001				

Anexo 5. Resultados de interacciones EM - %IE del Químico Proximal

Fuente	Variable Dependiente	Suma de Cuadrados Tipo IV	Grados Libertad	Cuadrados Medios	F	Sig
Madurez* Excreta	pH	0.03107	6	0.005179	7.487	0.0001
	MO	34.977	6	5.830	1.703	0.164
	MS	16.694	6	2.782	1.231	0.325
	PT	11.526	6	1.921	5.506	0.0001
	EE	7.426	6	1.237	3.373	0.015
	FC	25.056	6	4.716	4.318	0.004
	ELN	87.340	6	14.557	9.813	0.0001
	CEN	5.583	6	0.931	3.611	0.011
Error Total	MS	24.589.868	36			
	PT	4748.959	36			
	EE	1382.344	36			
	FC	88625.81.391	36			
	ELN	34029524.910	36			
	CEN	831611.778	36			
Error Total Corregido	MS	297.528	35			
	PT	446.03	35			
	EE	100.704	35			
	FC	90.479	35			
	ELN	830.844	35			
	CEN	45.736	35			

Anexo 6. Coeficientes de correlaciones de MS, MO y CEN (Spearman's rho)

		MS	MO	CEN
MS	Coefficiente de Correlación	1.000	0.975 **	-0.824**
	Significancia		0.0001	0.0001
	N	36	36	36
MO	Coefficiente de correlación	0.975**	1.000	-0.906**
	Significancia	0.0001		0.0001
	N	36	36	36
CEN	Coefficiente de correlación	-0.824**	-0.906**	1.000
	Significancia	0.0001	0.0001	
	N	36	36	36

** La correlación es significativa a $P < 0.01$

Anexo 7. de Análisis Univariado (Estado de Madurez) de Paredes Celulares y sus componentes

Fuente	Variable Dependiente	Suma de Cuadrados	Grados Libertad	Cuadrados Medios	F	Sig.
Contrastes	FND	233.208	2	116.604	13.936	0.0001
	FAD	66.421	2	33.210	3.244	0.051
	CELULOSA	29.331	2	14.666	2.005	0.149
	HEMICELULOSA	311.774	2	155.887	6.280	0.005
	LIGNINA	14.751	2	7.375	2.601	0.095
	CIFDA	1.168	2	0.584	0.854	0.438
Error	FND	200.816	24	8.367		
	FAD	368.597	24	10.239		
	CELULOSA	263.360	24	7.316		
	HEMICELULOSA	893.5.88	24	24.822		
	LIGNINA	68.042	24	2.835		
	CIFDA	16.414	24	0.684		

Anexo 8. Resultado de contrastes polinomiales (Estado de Madurez) de Paredes Celulares y sus componentes

		FND	FAD	CEL	HEMICEL	LIG	CIFDA
Lineal	Contraste estimado	1.035	1.994	-0.746	2.086	-1.107	0.297
	Error Estándar	0.835	0.800	0.676	1.246	0.486	0.239
	Significancia	0.227	0.017	0.277	0.103	0.032	0.225
Cuadrático	Contraste estimado	-4.285	0.418	1.130	-3.890	6.804E-02	-9.456E02
	Error Estándar	0.835	0.800	0.676	1.246	0.486	0.239
	Significancia	0.0001	0.604	0.103	0.004	0.890	0.696

Anexo 9. Análisis Univariado (Porcentaje de Inclusión de Excretas Porcinas) de Paredes Celulares y sus componentes

Fuente	Variable Dependiente	Suma de Cuadrados	Grados Libertad	Cuadrados Medios	F	Sig.
Contrastes	FND	220.139	3	73.380	8.770	0.0001
	FAD	230.227	3	76.742	7.495	0.001
	CELULOSA	44.739	3	14.913	2.039	0.126
	HEMICELULOSA	86.803	3	28.934	1.166	0.336
	LIGNINA	25.110	3	8.370	2.952	0.053
	CIFDA	3.978	3	1.326	1.939	0.150
Error	FND	200.816	24	8.367		
	FAD	368.597	24	10.239		
	CELULOSA	263.360	24	7.316		
	HEMICELULOSA	893.588	24	24.822		
	LIGNINA	68.042	24	2.835		
	CIFDA	16.414	24	0.684		

Anexo 10. Resultado de contrastes polinomiales (Porcentaje de Inclusión de Excretas Porcinas) de Paredes Celulares y sus componentes

		FND	FAD	CEL	HEMICEL	LIG	CIFDA
Lineal	Contraste estimado	3.156	4.115	1.759	-2.311	1.543	0.389
	Error Estándar	0.964	0.924	0.781	1.438	0.561	0.276
	Significancia	0.003	0.0001	0.030	0.117	0.011	0.171
Cuadrático	Contraste estimado	-1.672	-0.995	-0.733	-2.683E-03	-0.262	4.189E-02
	Error Estándar	0.964	0.924	0.781	1.483	0.561	0.276
	Significancia	0.096	0.289	0.354	0.999	0.645	0.880
Cúbico	Contraste estimado	3.421	1.123	-0.309	1.376	0.582	
	Error Estándar	.964	0.924	0.781	1.438	0.561	
	Significancia	0.002	232	0.695	0.345	0.310	

Anexo 11. Resultados de interacciones EM - %IE Paredes Celulares y sus componentes

Fuente	Variable Dependiente	Suma de Cuadrados Tipo IV	Grados Libertad	Cuadrados Medios	F	Sig.
Madurez* Excreta	FND	250.217	6	41.703	4.984	0.002
	FAD	71.654	6	11.942	1.166	0.346
	CELULOSA	26.624	6	4.437	0.607	0.723
	HEMICEL	104.765	6	17.461	0.703	0.649
	LIGNINA	47.303	6	7.884	2.781	0.034
	CIFDA	2.436	6	0.406	0.594	0.732
Error Total	FND	74300.219	36			
	FAD	15229.220	36			
	CELULOSA	5562.770	36			
	HEMICEL	30306.964	36			
	LIGNINA	1158.406	36			
	CIFDA		36			
Error Total Corregido	FND	904.379	35			
	FAD	1408.611	35			
	CELULOSA	364.055	35			
	HEMICEL	1396.929	35			
	LIGNINA	155.206	35			
	CIFDA		35			

Anexo 12. Análisis Univariado (Estado de Madurez) de Calcio y Fósforo

Fuente	Variable Dependiente	Suma de Cuadrados	Grados Libertad	Cuadrados Medios	F	Sig.
Contrastes	Ca	2.191E-03	2	1.096E-02	0.460	0.637
	P	1.453E-03	2	7.226E-04	4.067	0.030
Error	Ca	5.720E-02	24	2.383E-03		
	p	4.287E-03	24	1.786E-04		

Anexo 13. Contrastes polinomiales (Estado de Madurez) de Calcio y Fósforo

		Ca	P
Lineal	Contraste estimado	7.885E-03	-1.355E-03
	Error Estándar	0.014	0.004
	Significancia	0.581	0.728
Cuadrático	Contraste estimado	1.097E-02	1.092E-02
	Error Estándar	0.014	0.004
	Significancia	0.444	0.009

Anexo 14. Análisis Univariado (Porcentaje de Inclusión de Excretas Porcinas) de Calcio y Fósforo

Fuente	Variable Dependiente	Suma de Cuadrados	Grados Libertad	Cuadrados Medios	F	Sig.
Contrastes	Ca	1.130E-02	3	3.768E-03	1.581	0.220
	P	2.414E-02	3	8.045E-03	45.036	0.0001
Error	Ca	5.720E-02	24	2.383E-03		
	p	4.287E-03	24	1.786E-04		

Anexo 15. Contrastes polinomiales (Porcentaje de Inclusión de Excretas Porcinas) de Calcio y Fósforo

		Ca	P
Lineal	Contraste estimado	3.342E-02	4.989E-02
	Error Estándar	0.016	0.004
	Significancia	0.051	0.0001
Cuadrático	Contraste estimado	1.179E-02	-1.333E-02
	Error Estándar	0.016	0.004
	Significancia	0.476	0.006

Anexo 16. Resultados de interacciones EM - %IE de Calcio y Fósforo

Fuente	Variable Dependiente	Suma de Cuadrados Tipo IV	Grados Libertad	Cuadrados Medios	F	Sig.
Madurez* Excreta	Ca	2.872E-02	6	4.787E-03	2.009	0.104
	P	2.984E-03	6	4.973E-04	2.784	0.034
Error Total	Ca	10.226	36			
	P	1.230	36			
Total Corregido	Ca	9.942E-02	35			
	P	3.286E-02	35			

Anexo 17. Análisis Univariado (Estado de Madurez) de Acidos Grasos Volátiles

Fuente	Variable Dependiente	Suma de Cuadrados	Grados Libertad	Cuadrados Medios	F	Sig.
Contrastes	Acético	0.02485	2	0.01242	3.06	0.0652
	Proiónico	0.0028	2	0.00014	13.24	0.0001
	Butírico	0.0005	2	0.00025	9.62	0.0001
	Láctico	0.33276	2	0.16638	3.21	0.0581
Error	Acético	0.09731	24	0.0045		
	Proiónico	0.00026	24	0.00001		
	Butírico	0.00057	24	0.00002		
	Láctico	1.24322	24	0.05180		

Anexo 18. Análisis Univariado (Porcentaje de Inclusión de Excretas Porcinas) de Acidos Grasos Volátiles

Fuente	Variable Dependiente	Suma de Cuadrados	Grados Libertad	Cuadrados Medios	F	Sig.
Contrastes	Acético	0.16965	3	0.05665	13.95	0.0001
	Proiónico	0.00120	3	0.00040	36.75	0.0001
	Butírico	0.00108	3	0.00036	13.79	0.0001
	Láctico	0.21243	3	0.07081	1.37	0.2767
Error	Acético	0.09731	24	0.0045		
	Proiónico	0.00026	24	0.00001		
	Butírico	0.00057	24	0.00002		
	Láctico	1.24322	24	0.05180		

Anexo 19. Resultados de interacciones EM - %IE de Acidos Grasos Volátiles

Fuente	Variable Dependiente	Suma de Cuadrados Tipo IV	Grados Libertad	Cuadrados Medios	F	Sig.
Madurez* Excreta	Acético	0.31283	6	0.05213	12.86	0.0001
	Proiónico	0.00033	6	0.00005	5.11	0.0017
	Butírico	0.00038	6	0.00007	2.94	0.0350
	Láctico	0.29940	6	0.04990	0.960	0.4705
Error Total Corregido	Acético	0.60465	35			
	Proiónico	0.00209	35			
	Butírico	0.00254	35			
	Láctico	2.008783	35			

Anexo 20. Análisis Estadístico (Kruskal-Wallis)

	PH	LÁCTICO	MS
Ji Cuadrada	36.307	20.935	22.672
Grados libertad	3	3	3
Significancia	0.0001	0.0001	0.0001

Anexo 21. Prueba de Mann-Whitney para pH
(variable dependiente: día)

Estadio (día)	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Sig (2 colas)
14 vs 28	0.000	120.000	-4.703	0.0001
28 vs 42	0.000	120.000	-4.703	0.0001
42 vs 56	91.500	211.500	0.873	0.382

Anexo 22. Prueba de Mann-Whitney para Acido Láctico
(variable dependiente: día)

Estadio (día)	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Sig (2 colas)
14 vs 28	56.000	176.00	-2.344	0.019
42 vs 56	56.500	176.500	-2.324	0.020

Anexo 23. Análisis de Varianza para Acido Láctico

				Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	Sig
Láctico	Entregrupos	(Combinado)		5.333	3	1.778	12.558	0.000
			Contraste	3.954	1	3.954	27.929	0.000
		Lineal	Desviación	1.380	2	0.690	4.873	0.011
			Contraste	1.004	1	1.004	7.090	0.010
		Cuadrático	Desviación	0.376	1	0.376	2.656	0.109
	Dentro de grupos				7.928	56	0.142	
Total				13.261	59			

Anexo 24. Análisis de Varianza para MS

				Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F	Sig
Láctico	Entregrupos	(Combinado)		19.383	3	5.461	10.406	0.0001
			Contraste	3.373	1	3.373	5.433	0.023
		Lineal	Desviación	16.010	2	8.005	12.893	0.0001
			Contraste	15.110	1	15.110	24.337	0.0001
		Cuadrático	Desviación	0.900	1	0.900	1.449	0.234
	Dentro de grupos				34.769	56	0.621	
Total				54.152	59			

11. FIGURAS

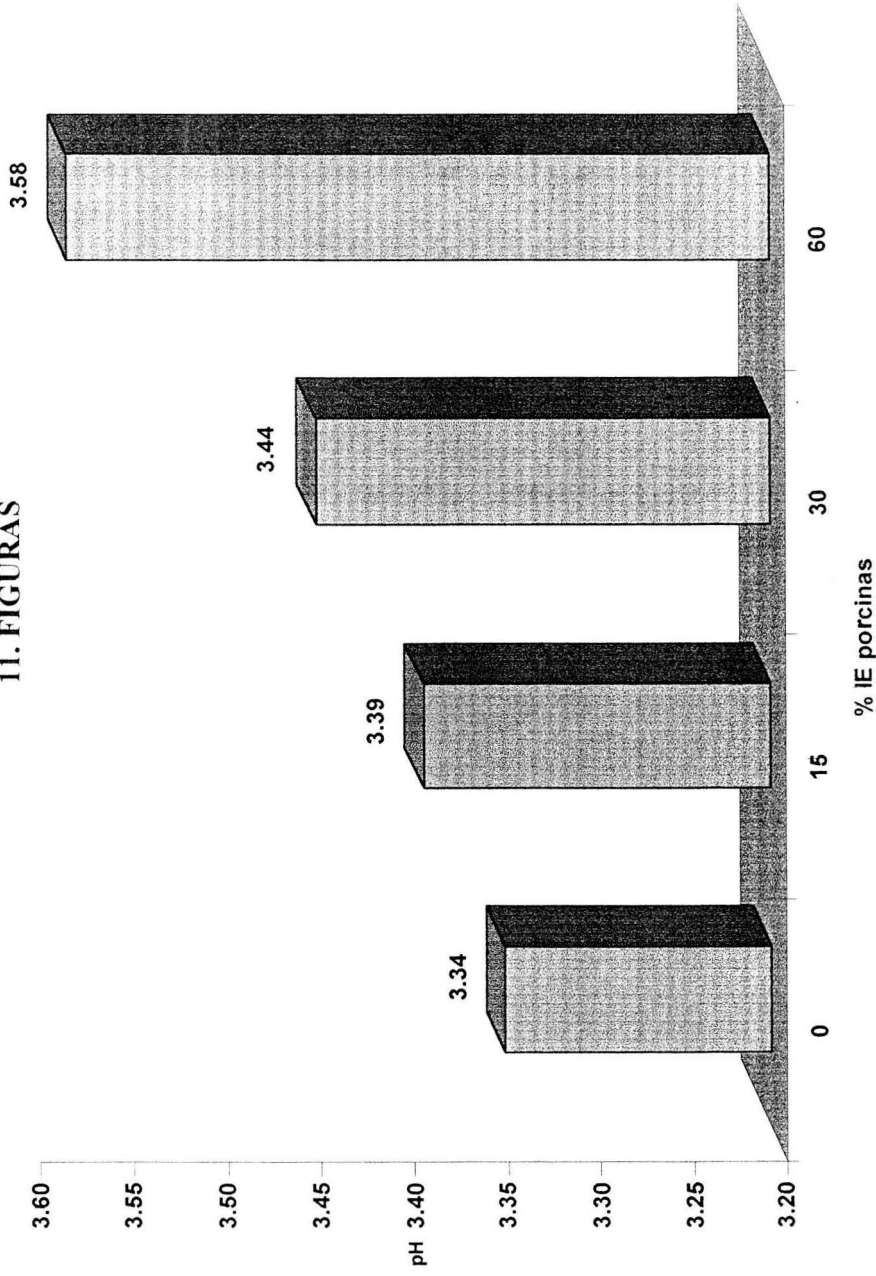


Figura 2. Efecto del porcentaje de inclusión de excretas porcinas sobre el pH de los ensilados

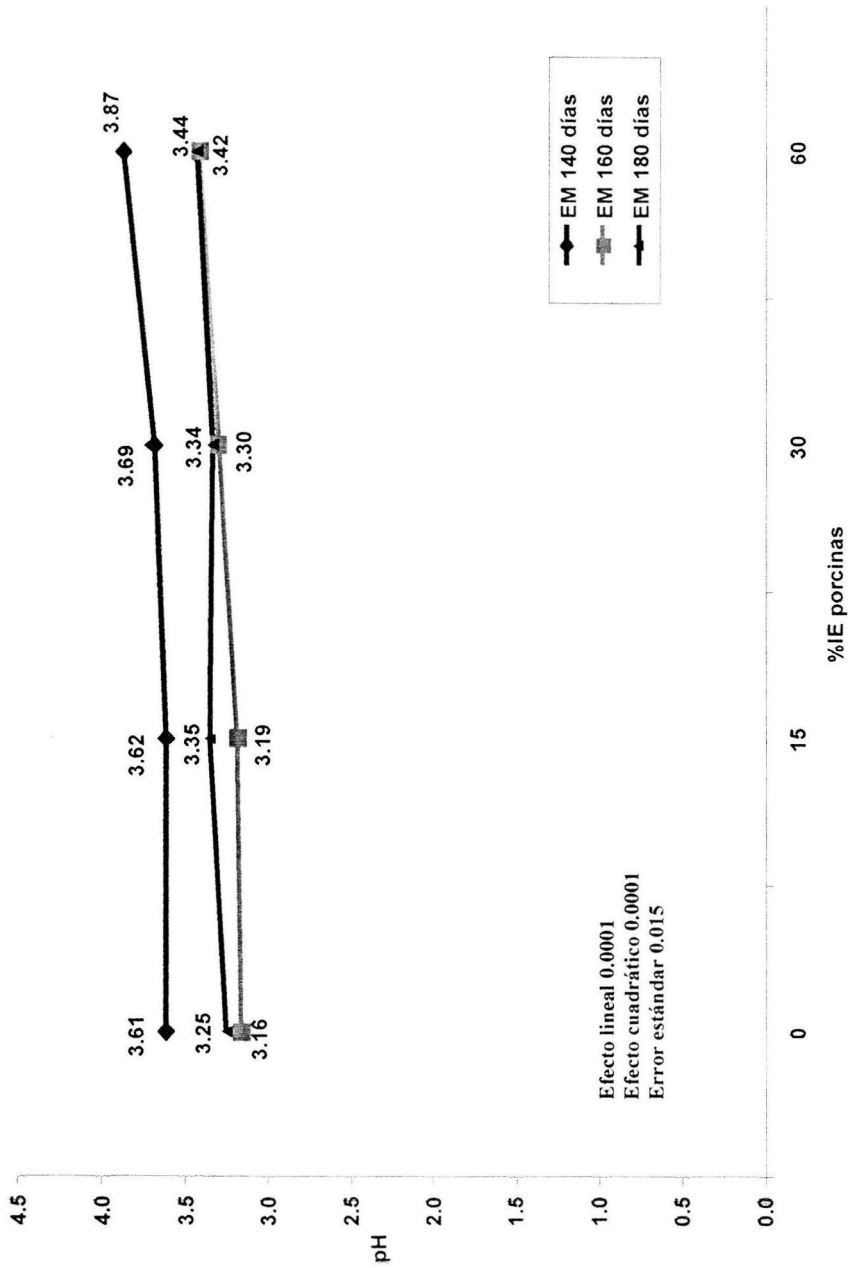


Figura 3. Efecto de la Interacción sobre el pH de los ensilados

Efecto lineal 0.0001
Efecto cúbico 0.0001
Error estándar 0.214

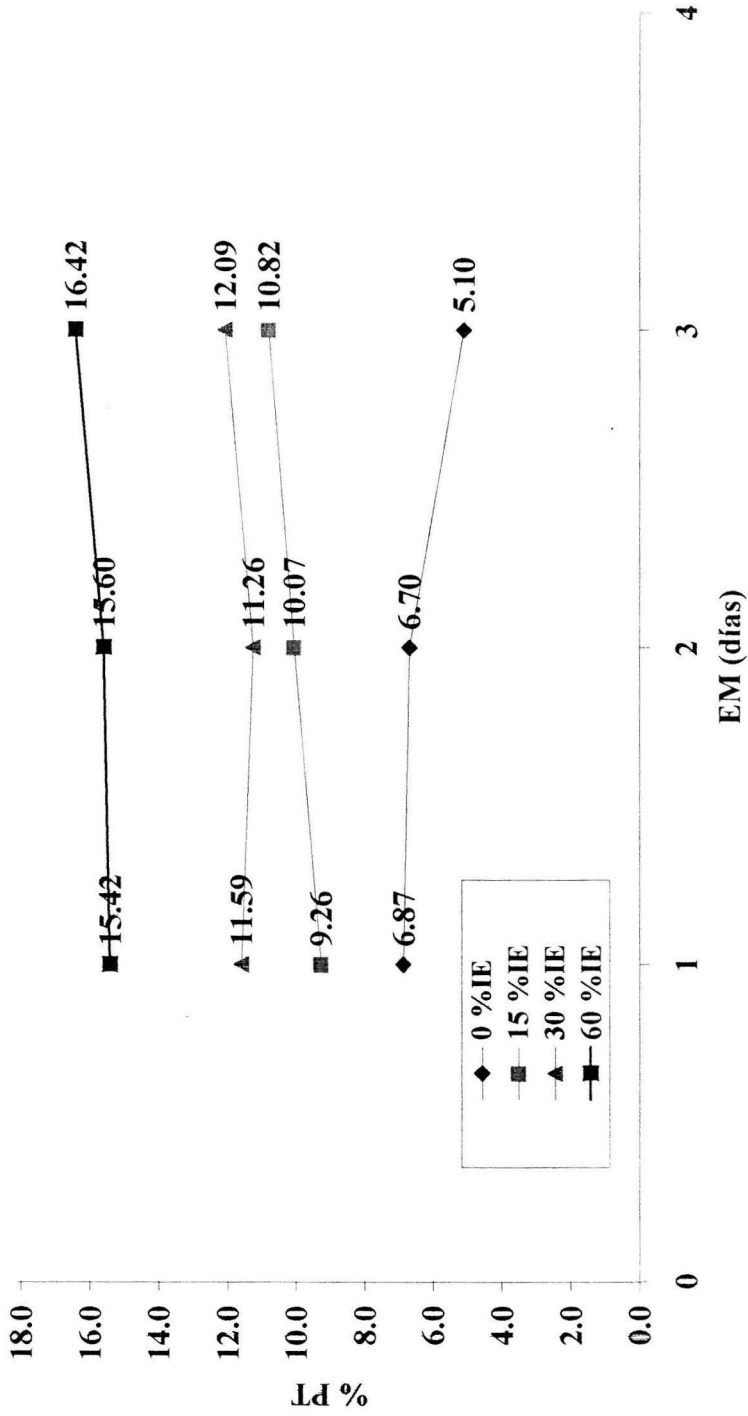


Figura 4. Efecto de la interacción sobre el contenido de PT

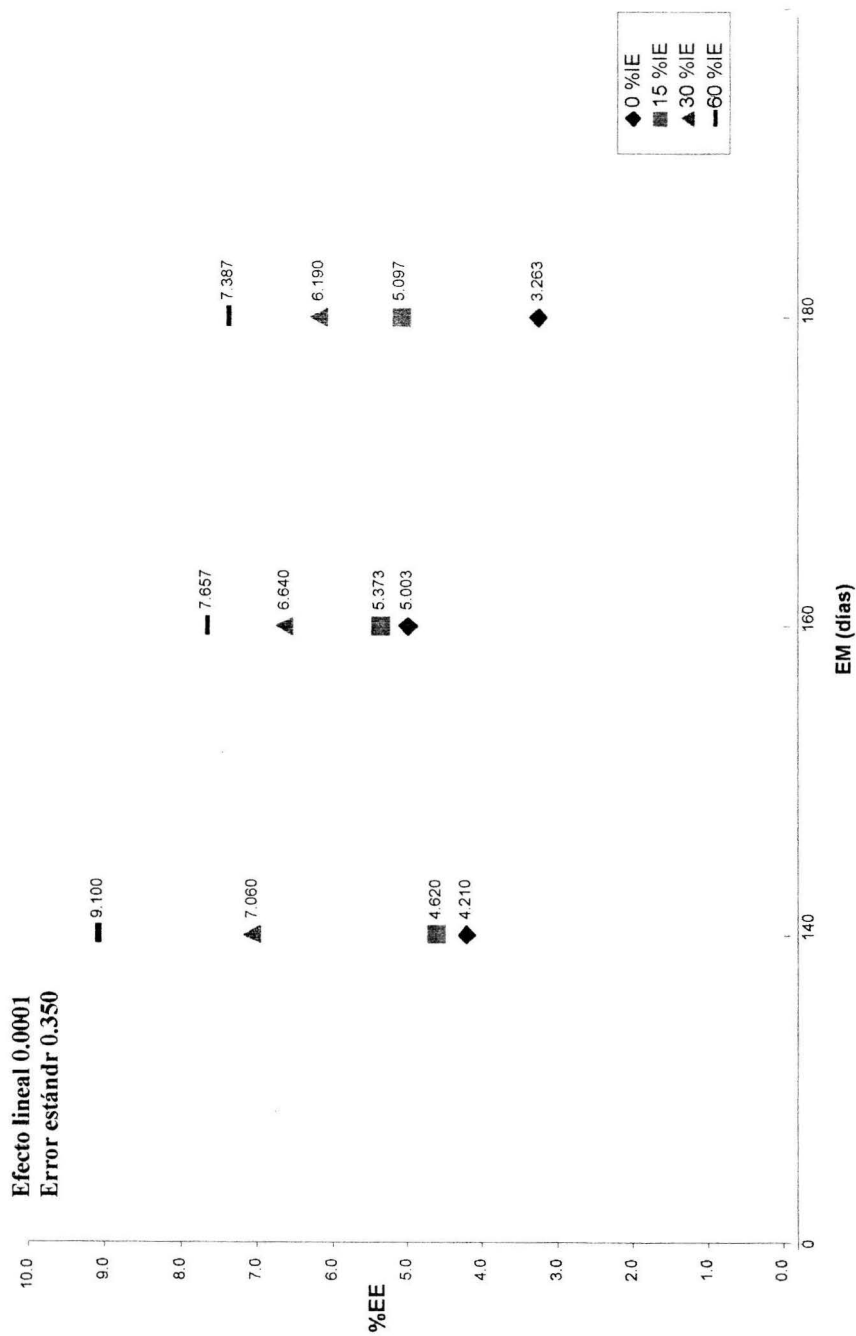


Figura 5. Efecto de la interacción sobre el contenido de EE de los ensilados

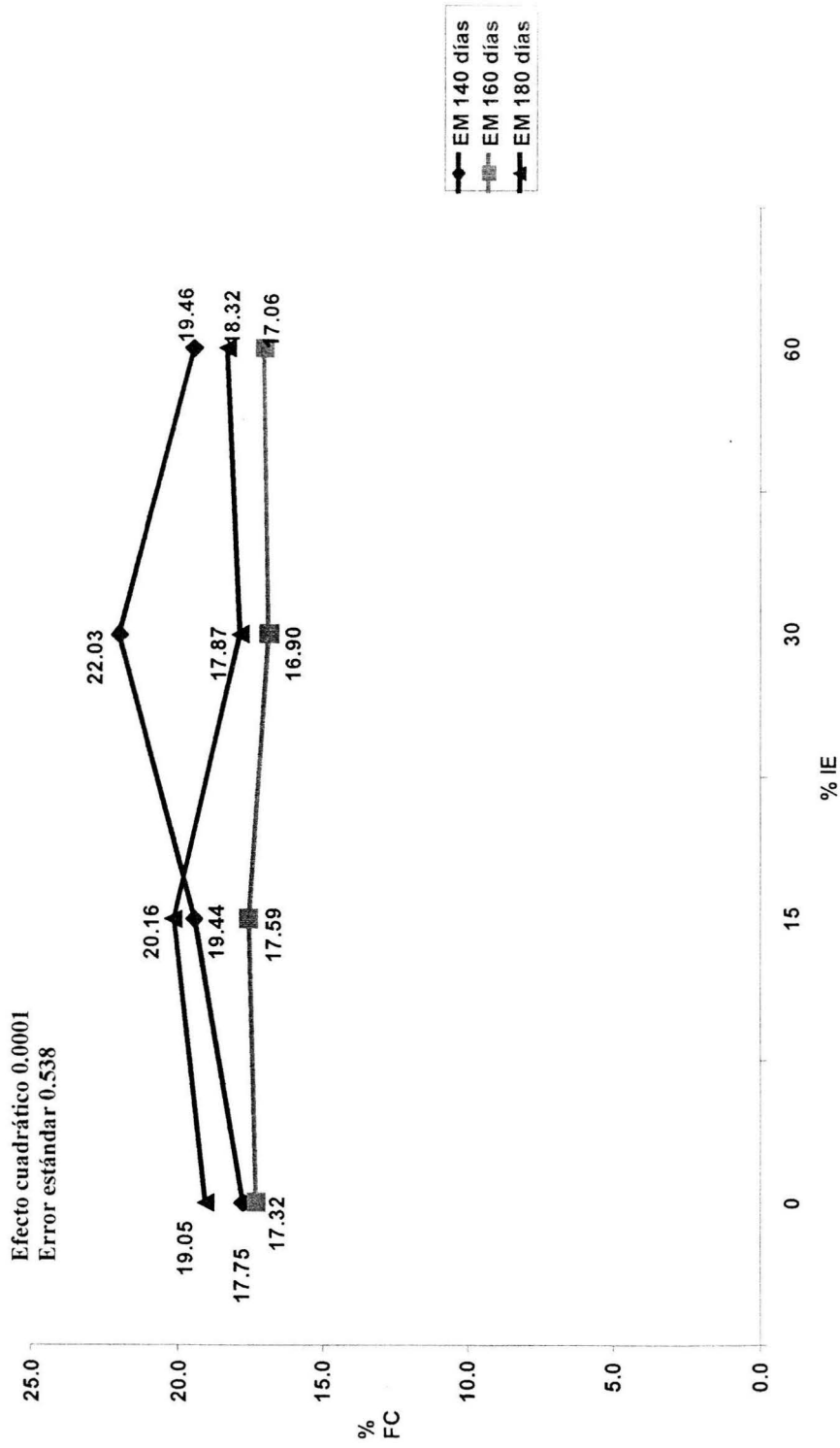


Figura 6. Efecto de la interacción sobre el contenido de FC de los ensilados

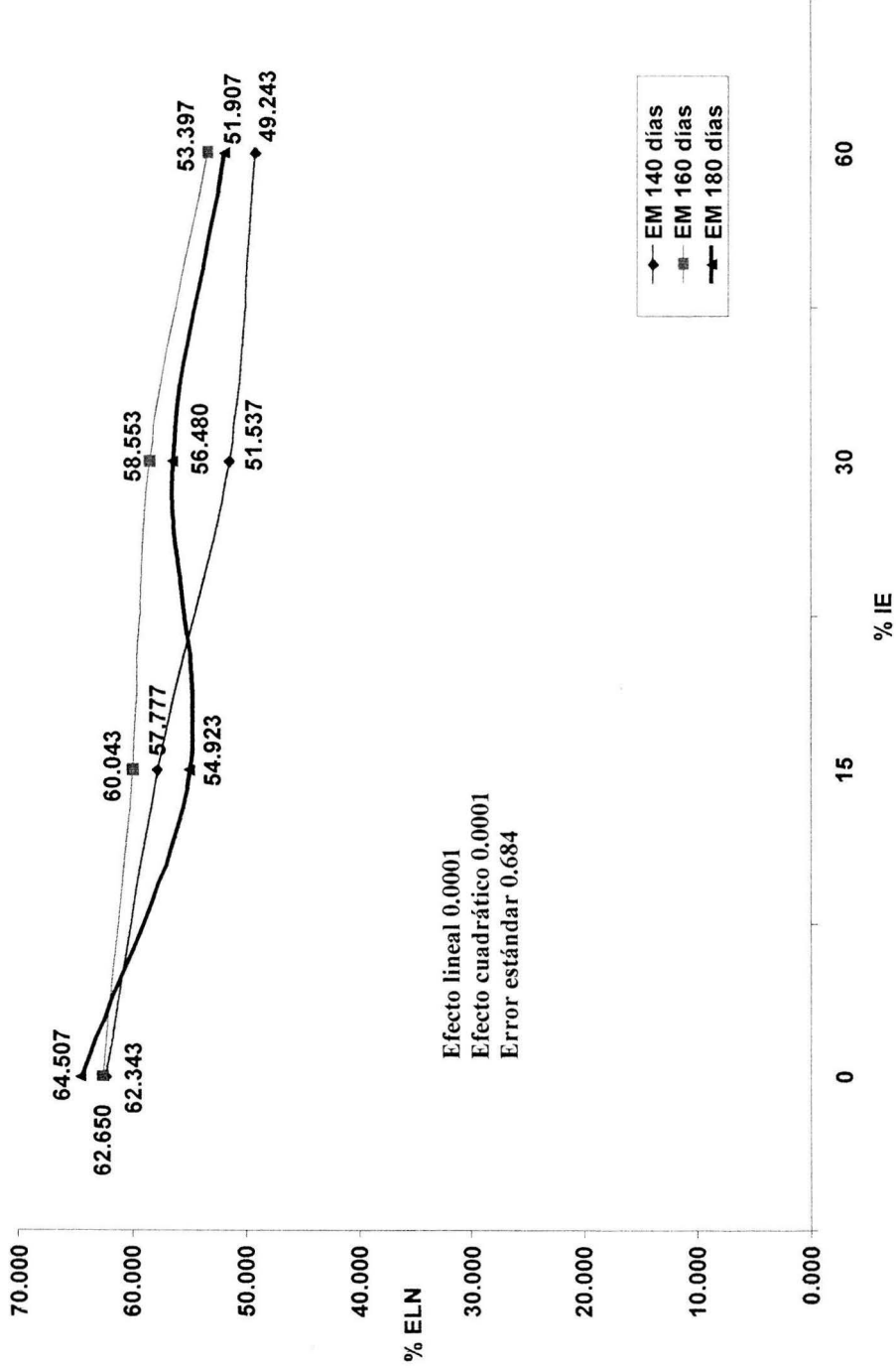


Figura 7. Efecto de la interacción sobre el contenido de Elementos libres de Nitrógeno de los ensilados

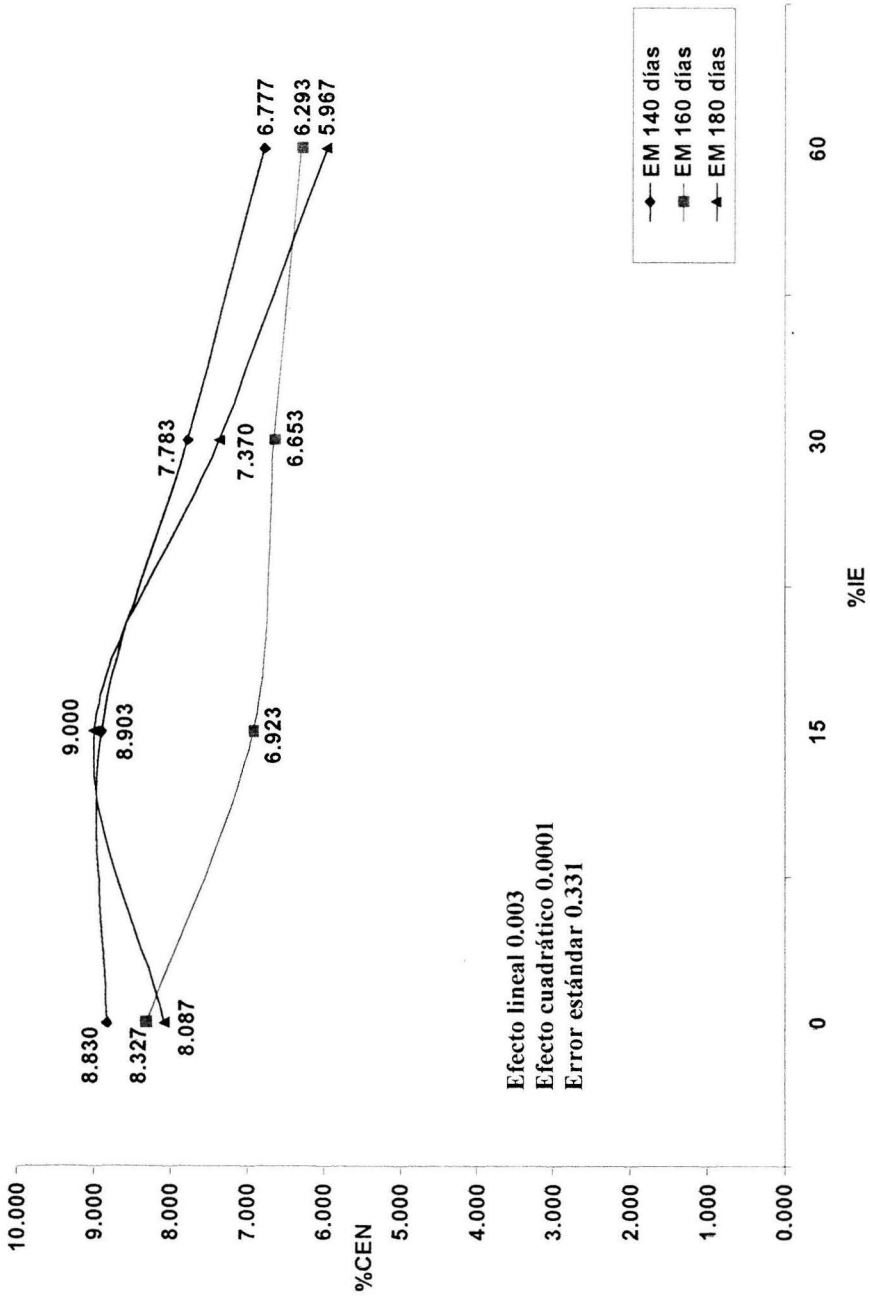


Figura 8. Efecto de la interacción sobre el contenido de Cenizas de los ensilados

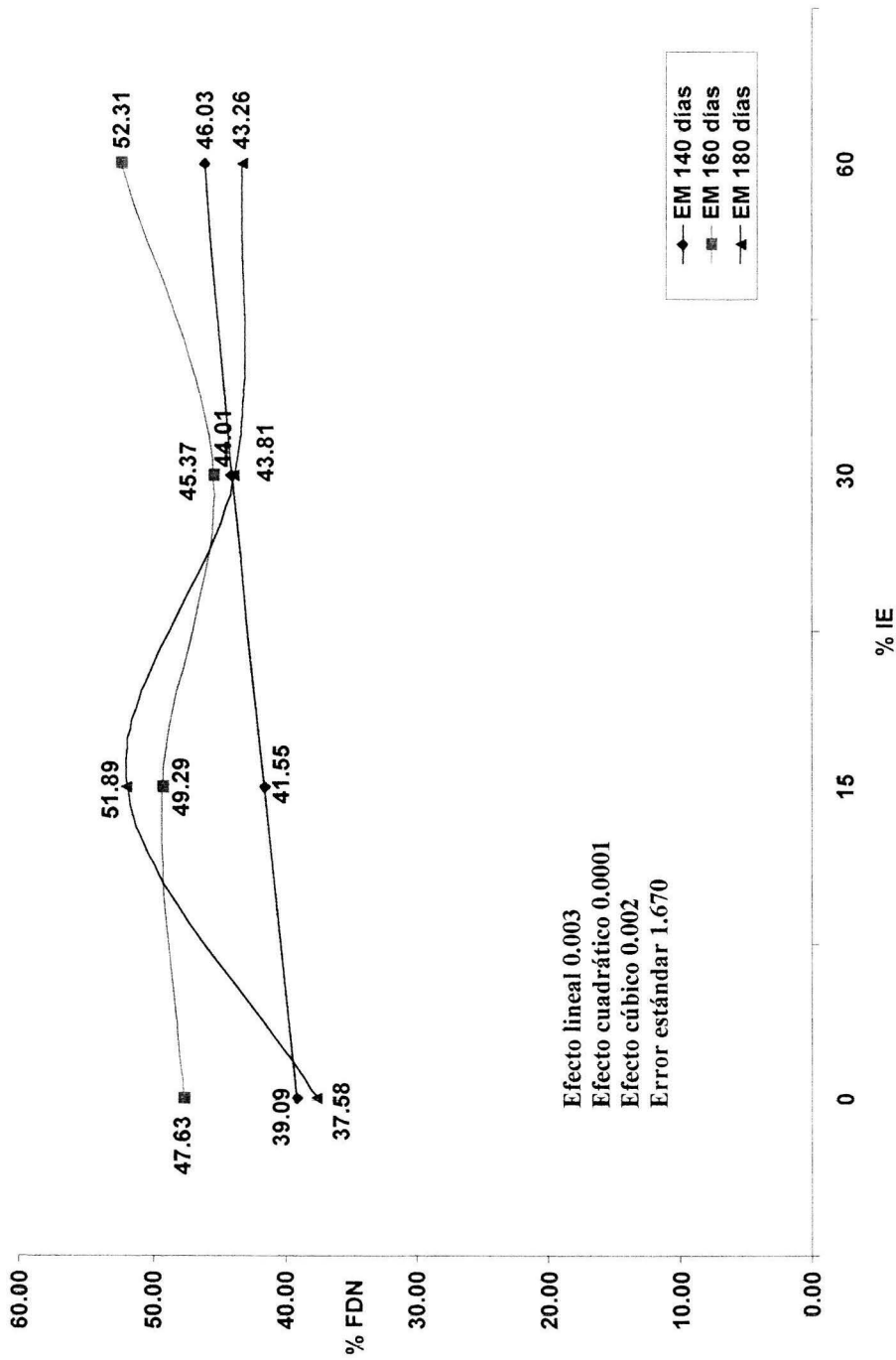


Figura 9. Efecto de la interacción sobre el contenido de FDN de los ensilados

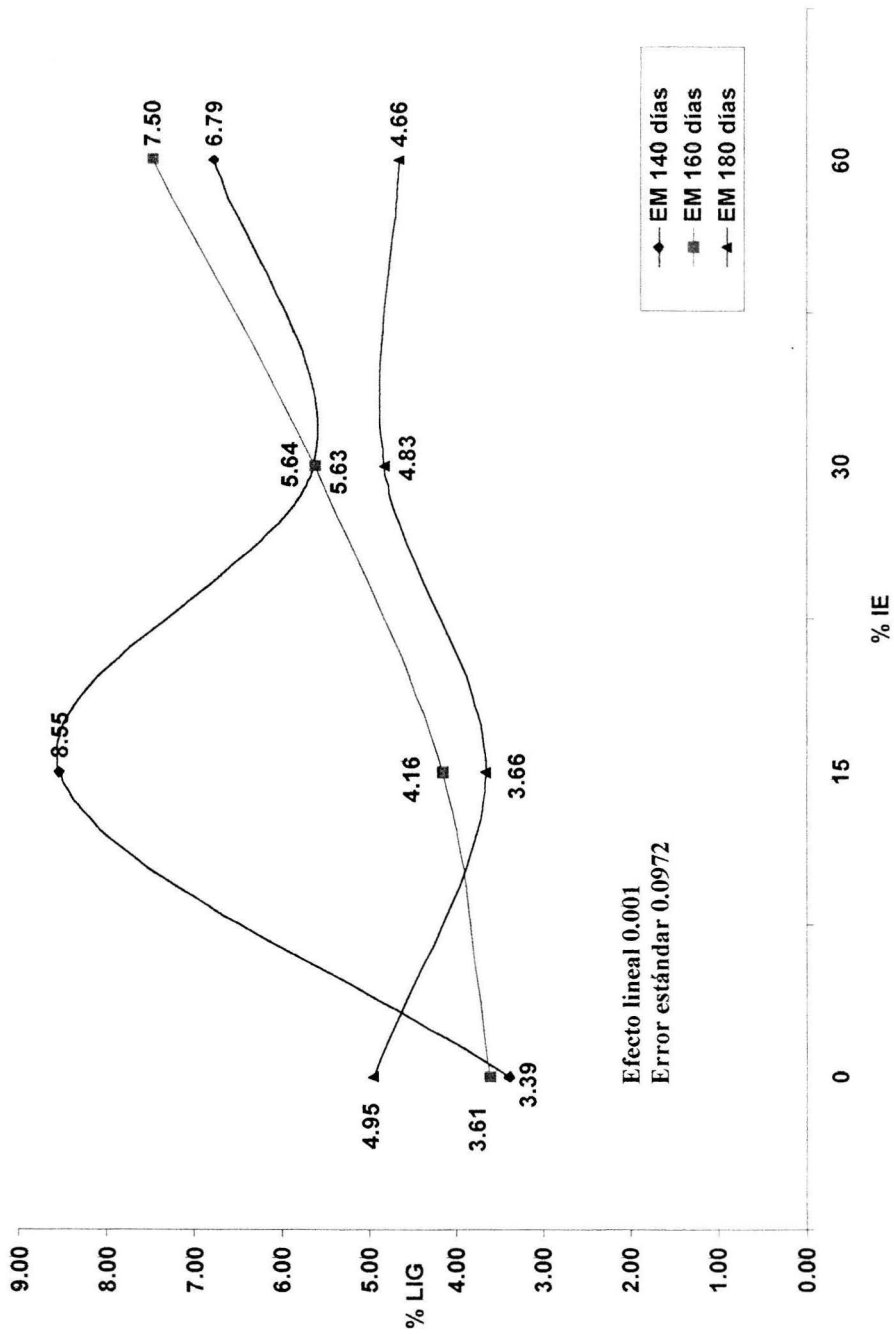


Figura 10. Efecto de la interacción sobre el contenido de Lignina de los ensilados

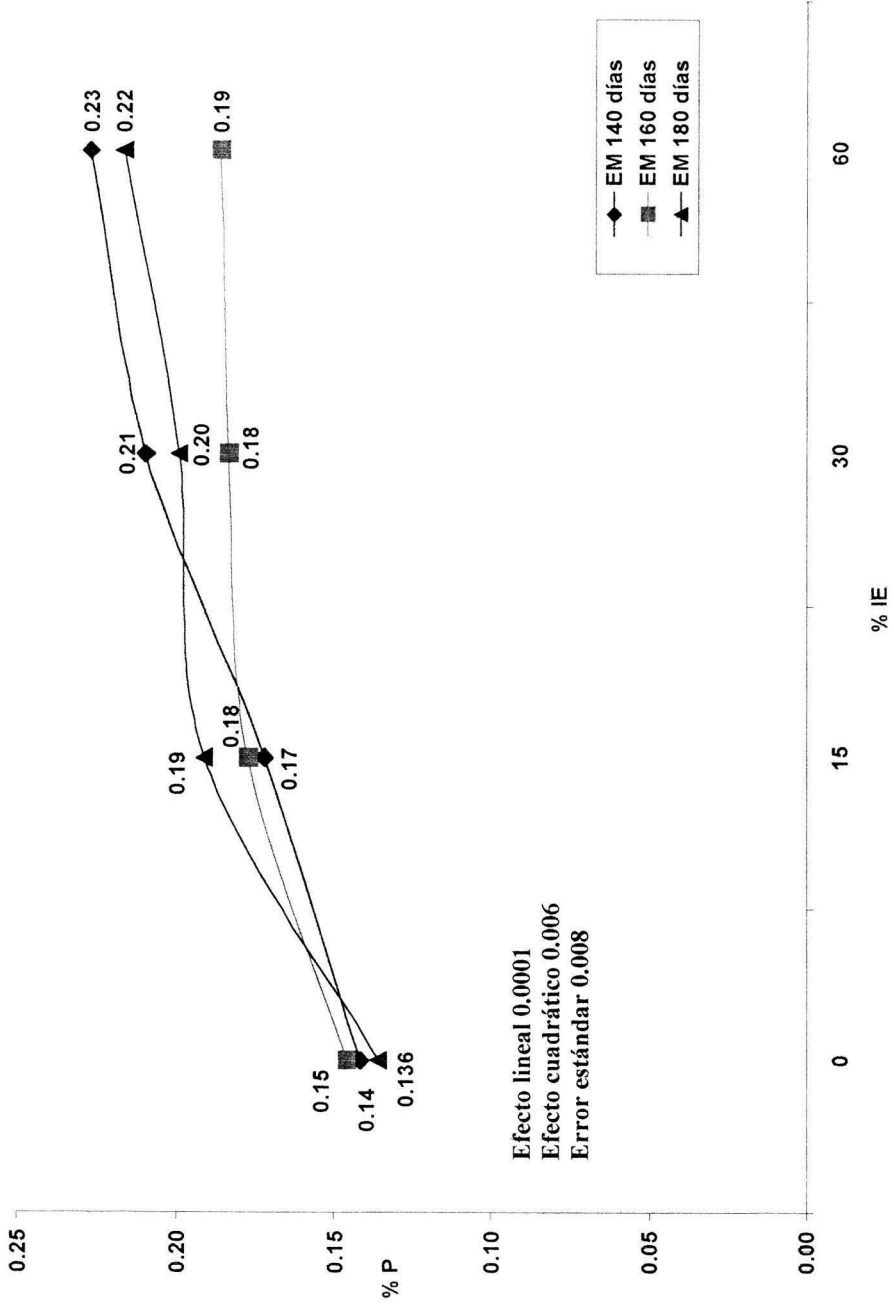


Figura11. Efecto de la interacción sobre el contenido de Fósforo de los ensilados

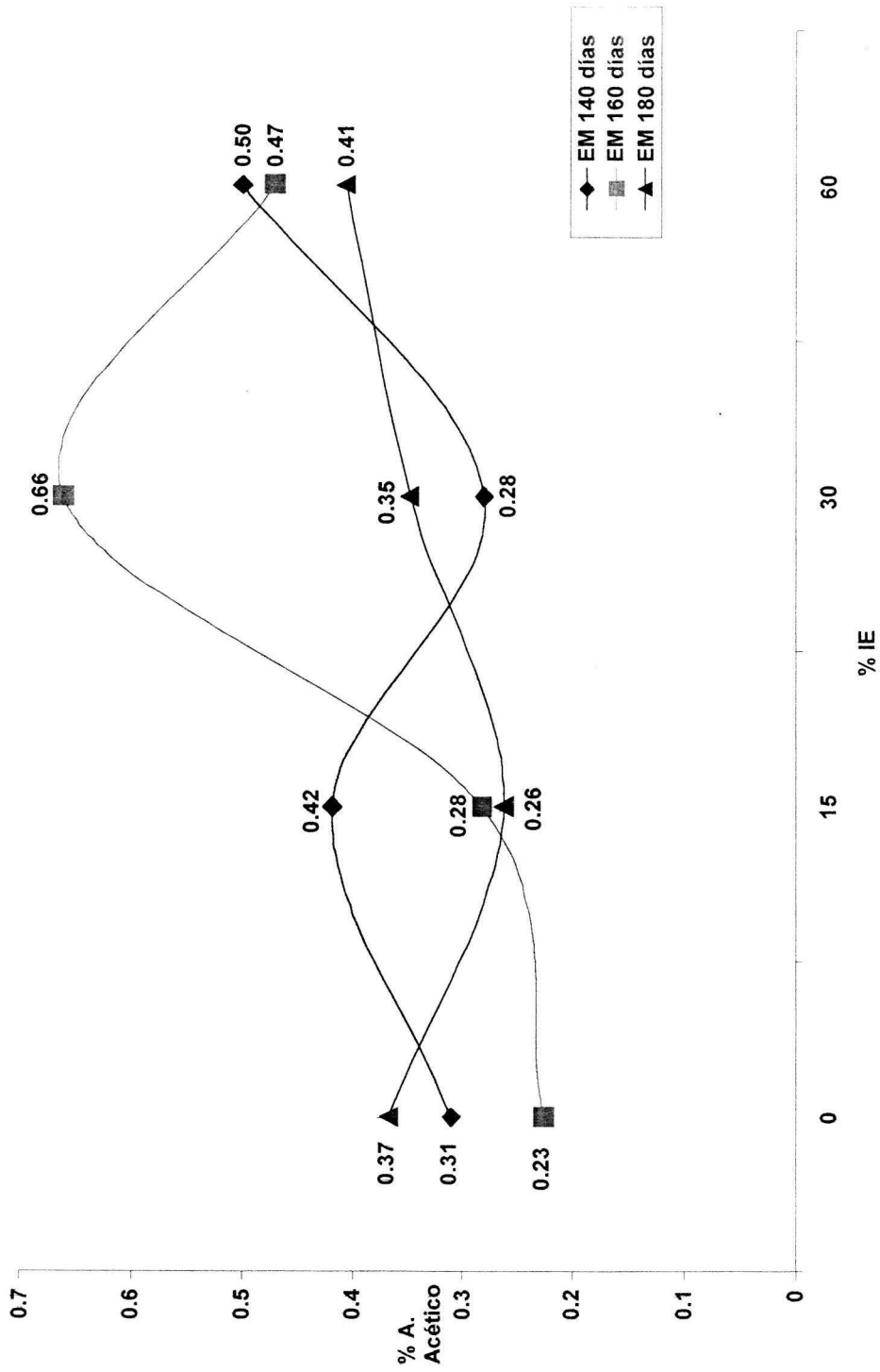


Figura 12. Efecto de la interacción sobre el contenido de Ac. Acético de los ensilados

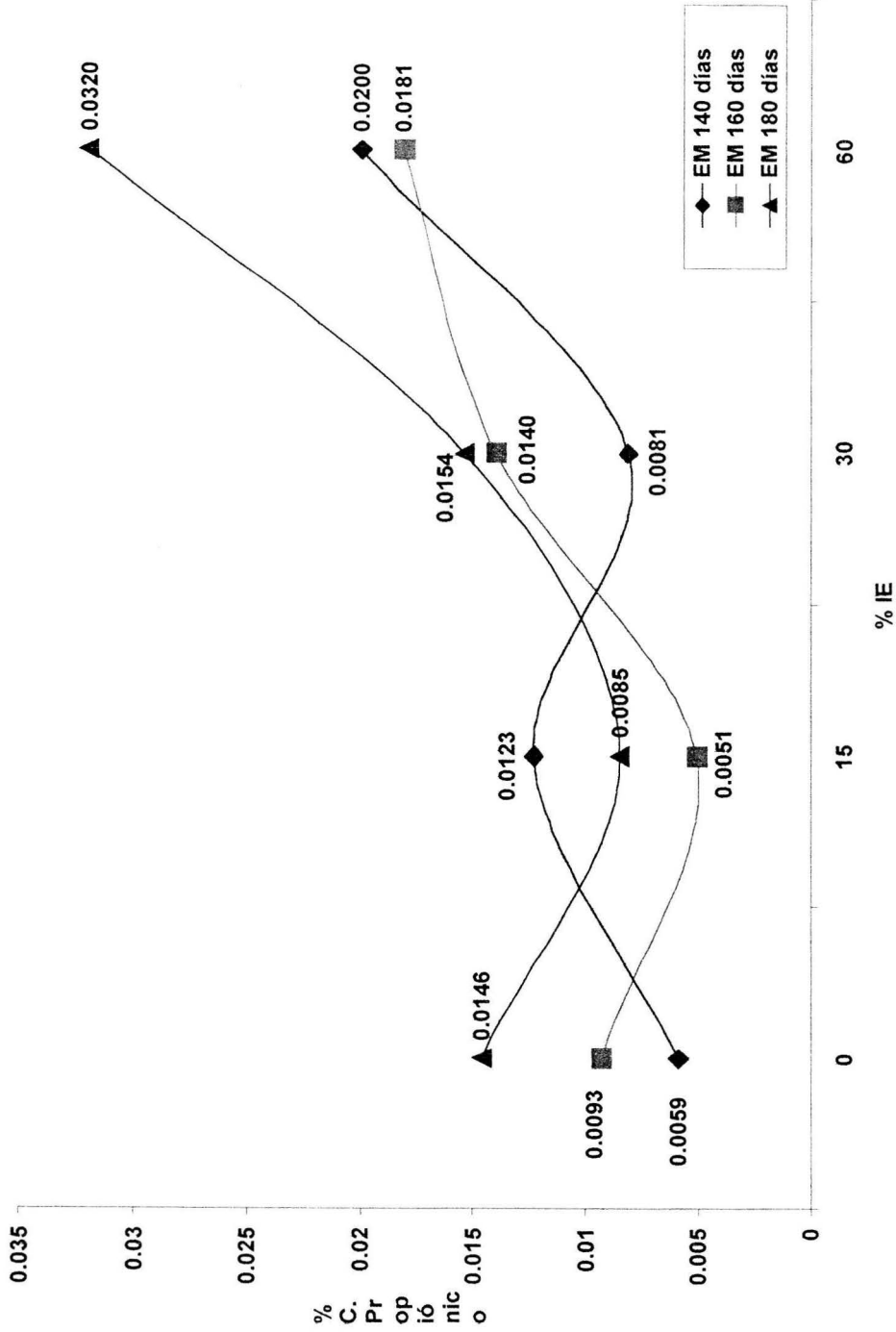


Figura 16. Efecto de la interacción sobre el contenido de Ac. Propiónico de los ensilados

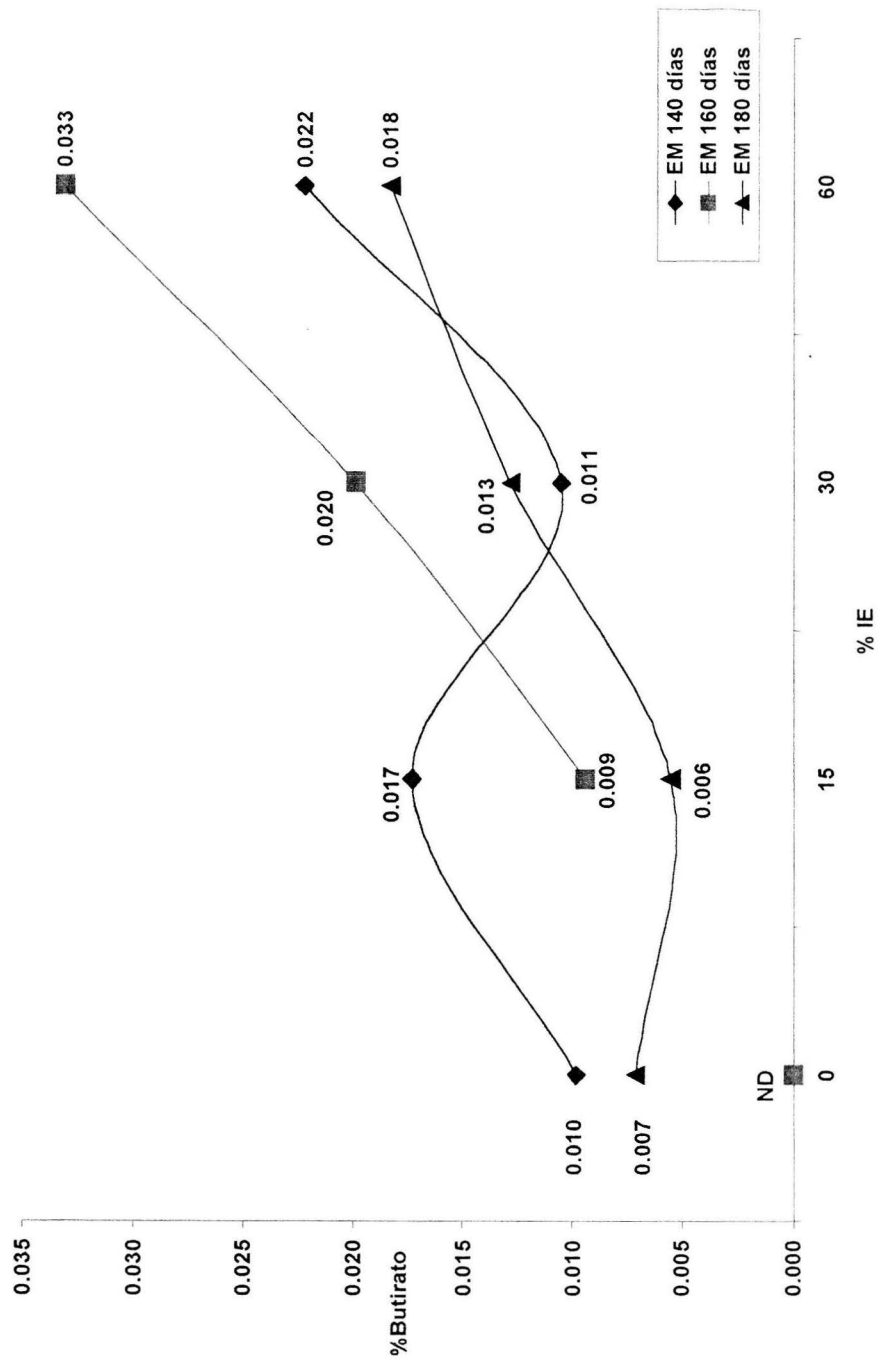


Figura 14. Efecto de la interacción sobre el contenido de Butirato de los ensilados

Efecto cuadrático 0.0001
Error estándar 0.01236

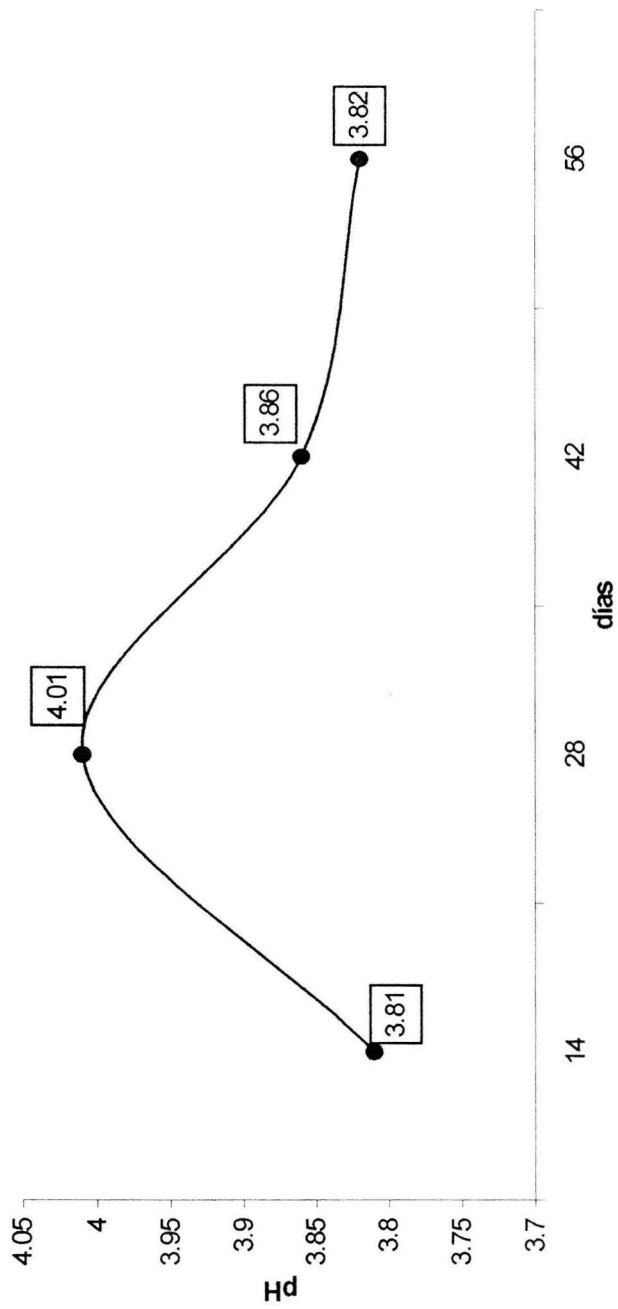


Figura 15. pH de los ensilados de excretas porcinas con maíz planta completa con aflatoxinas

Efecto lineal 0.0001
Efecto cuadrático 0.010
Error estándar 0.10061

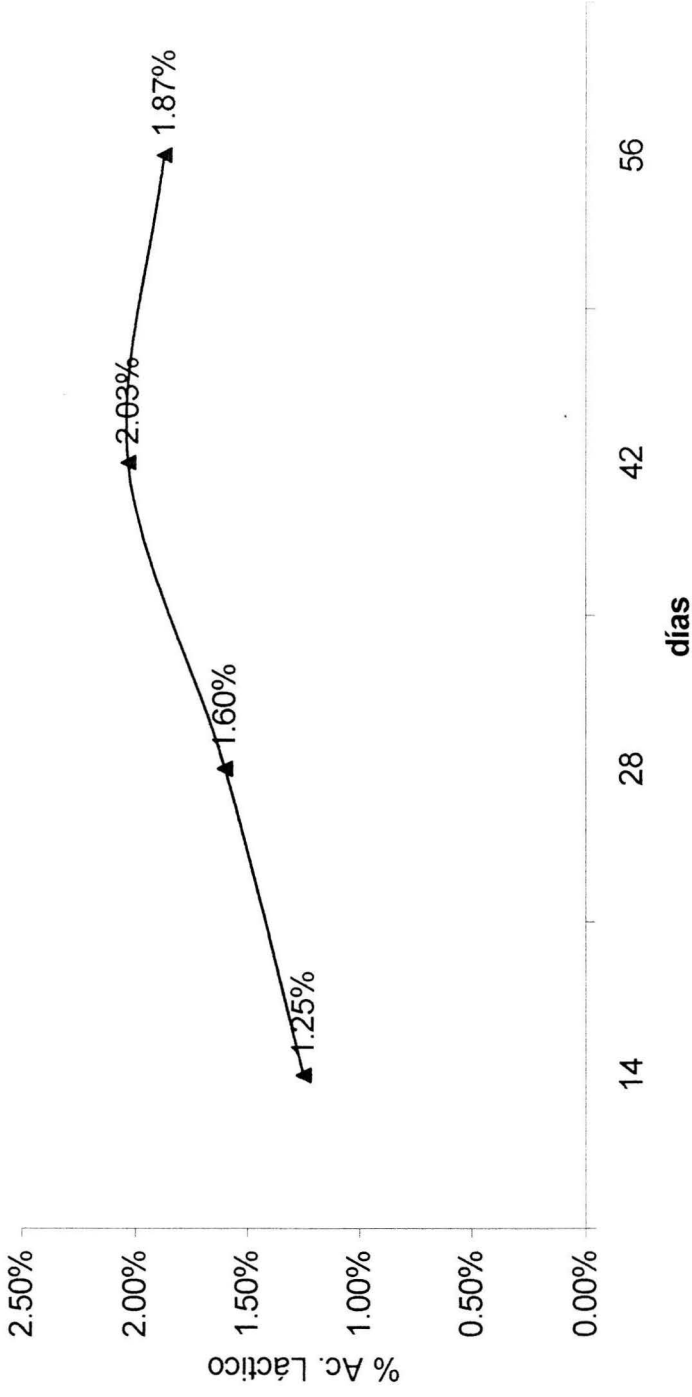


Figura 16. Acido Láctico de los ensilados de excretas porcinas y maíz con aflatoxinas

Efecto cuadrático 0.0001
Error estándar 0.1237

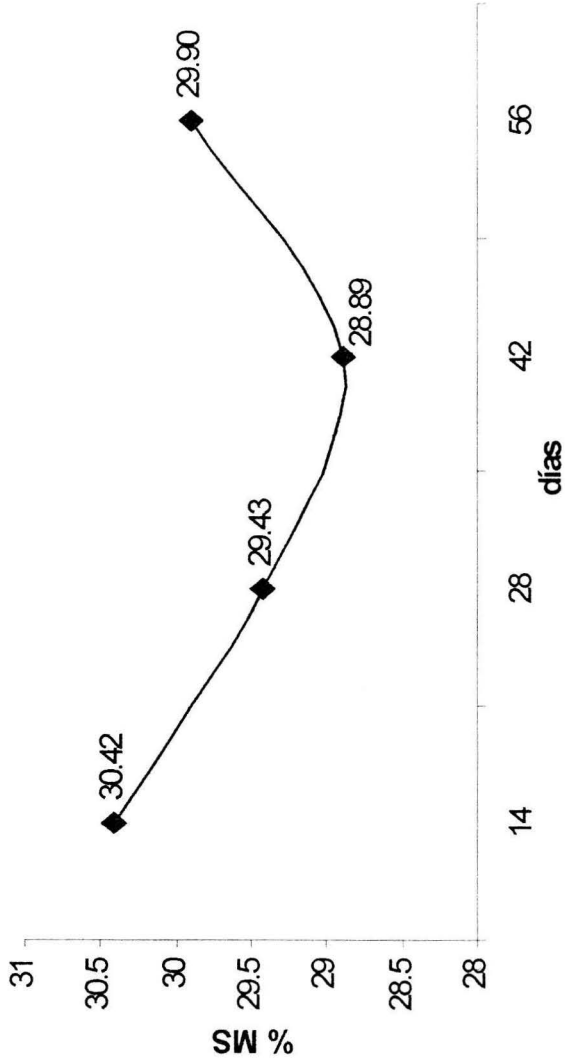


Figura 17. Contenido de MS de los ensilados de excretas porcinas (30%), maíz (65%) y melaza (5%), con aflatoxinas