

UNIDAD XOCHIMILCO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

USO DE EXTRACTO DE *Yucca schidigera* EN DIETAS PARA CERDOS Y
SU EFECTO EN LA CONCENTRACIÓN DE GASES EN EL AMBIENTE
Y EN EXCRETAS

TESIS

(Idónea Comunicación de Resultados)

Que para obtener el grado de

Maestra en Ciencias Agropecuarias

P R E S E N T A

MVZ. VERÓNICA ESPINOSA MUÑOZ

COMITÉ TUTORAL:

Directora:

M en C. Adelfa del Carmen García Contreras

Asesor:

Dr. José Guadalupe Herrera Haro

Asesor:

Dr. Adolfo Guadalupe Álvarez Macías

JULIO DE 2006.

RESUMEN

Se realizó un estudio para evaluar el efecto de la adición de extracto de *Yucca schidigera* en la dieta de cerdos en la etapa de crecimiento y engorda, en el consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia; en la producción y pH de excretas; en valores hemáticos; en la concentración de gases en el ambiente como amoníaco, bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y metano, mediante cromatografía en excretas bióxido de carbono y metano, y amoníaco y urea por medio de colorimetría. Para ello se utilizaron 30 cerdos de la línea York x Landrace x Pietrain (Y x L x P) con un peso promedio inicial de 40.1 ± 3.4 kg en la etapa de crecimiento y de 67 ± 4.8 kg en la etapa de engorda. Los cerdos se alojaron en tres casetas tipo invernadero con estructura tubular, cubierta de lona y piso de cemento y área de 75 m^2 . En cada nave se alojaron 10 animales, los cuales se encontraban en jaulas elevadas de 2.5×1.5 m, con piso de plástico, bebederos de chupón y comederos automáticos de 5 bocas. Las jaulas alojaron dos cerdos (1 macho y 1 hembra) y cada jaula correspondió a una repetición. Los animales se alimentaron a libre acceso. La duración de cada etapa productiva fue de 4 semanas. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con tres tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento. Los tratamientos utilizados fueron: T1 dieta testigo (sorgo-soya); T2 dieta testigo+120 g de De-Odorase y T3 dieta testigo+120 g de Amoprem. Los resultados en la etapa de crecimiento mostraron que la ganancia de peso diaria (GPD) y total (GPT), consumo diario de alimento (CDA) y conversión alimenticia (CA) fueron diferentes ($p < 0.05$), siendo mejores en T1. En la etapa de engorda existió diferencia ($p < 0.05$) solo en CDA, mejorando en T3 al cual se le adicionó extracto de *Yucca*. La producción diaria y total de excretas no mostró diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos en ninguna de las dos etapas productivas. El pH de las excretas no se modificó por la adición del extracto de *Yucca*. La valoración hemática, mostró diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos en triglicéridos, colesterol y urea de los cerdos en la etapa de crecimiento. En la etapa de engorda se observó que los niveles de triglicéridos, urea y proteína total fueron diferentes, disminuyendo en los tratamientos adicionados con *Yucca*. Los resultados de hemogramas en la etapa de crecimiento no mostraron diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos. Sin embargo en la etapa de engorda existió diferencia en hemoglobina, neutrófilos y monocitos. La concentración de gases no se afectó por la adición de extracto de *Yucca schidigera*. En la determinación de la concentración de gases en ambiente realizada por medio de la bomba manual (Kiw-Draw) no existió diferencia ($p > 0.05$) en amoníaco pero si existió diferencia ($p < 0.05$) en la concentración de bióxido de carbono en la etapa de crecimiento. Sin embargo, en la etapa de engorda estos resultados se mostraron de manera inversa, existiendo diferencia en la concentración de amoníaco ($p < 0.05$), pero no en la concentración de bióxido de carbono ($p > 0.05$). El monitoreo realizado para determinar metano y sulfuro de hidrógeno en el ambiente de la caseta permitió observar que no existían concentraciones de estos gases en ninguna de las dos etapas. Los resultados obtenidos mediante el detector digital Dräger (PAC III), en la concentración de amoníaco, para la etapa de crecimiento, no mostró diferencias entre tratamientos ($p > 0.05$), pero si en la etapa de engorda ($p < 0.05$), observándose mayores concentraciones de amoníaco en la caseta que alojaba a los cerdos de T3. La determinación por cromatografía de bióxido de carbono y metano en excretas mostró que la adición de extracto de *Yucca* no afectó la producción de gas ($p > 0.05$) en ninguna de las dos etapas en los diferentes horarios de muestreo, a excepción del horario de 24 horas de almacenamiento

de las excretas en la etapa de engorda, observándose mayor concentración de bióxido de carbono en T1. En la determinación de amoníaco por colorimetría se observó que existió diferencia ($p < 0.05$) en la etapa de crecimiento y no se vió afectada ($p > 0.05$) en la etapa de engorda. De acuerdo a los resultados obtenidos y bajo las condiciones en las que se realizó el estudio se concluye que el extracto de *Yucca schidigera* no mejoró los indicadores productivos, ni influyó en la producción y pH de las excretas, no alteró la salud de los cerdos y no existió disminución en la concentración de gases en ambiente y excretas de cerdos en la etapa de crecimiento y engorda.

Palabras clave: *Yucca schidigera*, casetas tipo invernadero, cerdos, gases, contaminación ambiental.

ÍNDICE

RESUMEN	2
I. INTRODUCCIÓN	6
II. JUSTIFICACIÓN	7
III. OBJETIVOS	8
3.1. Objetivo general	8
3.2. Objetivos específicos	8
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	9
4.1. Composición de excretas porcinas y tasa de excreción	9
4.2. Excreción de nutrientes en excretas porcinas	10
4.3. Factores que propician la generación de gases y acumulación de minerales	11
4.4. Olor	11
4.5. Emisión de amoníaco	12
4.6. Alternativas para reducir el impacto ambiental	13
4.7. Alternativas para reducir la contaminación por nitrógeno, fósforo y amoníaco	14
4.8. Extracto de <i>Yucca schidigera</i>	15
4.9. Legislación	18
4.10. Efecto de la presencia de gases en las unidades de producción y en la salud porcina	19
4.10.1. Amoníaco	19
4.10.2. Bióxido de carbono	20
4.10.3. Sulfuro de hidrógeno	21
4.10.4. Metano	21
V. HIPÓTESIS	23
VI. MATERIAL Y MÉTODOS	24
6.2. Dietas experimentales	24
6.3. Evaluación de los cerdos	25
6.4. Evaluación de excretas	25
6.5. Valoración de pH	25
6.6. Análisis hematológico	25
6.7. Evaluación ambiental	26
6.8. Medición de gases con bomba manual	26
6.9. Medición de la concentración de gases con una Dräger	26
6.10. Determinación en excretas de gases y urea	27
6.11. Determinación de gases por cromatografía	27
6.12. Determinación de amoníaco y urea por colorimetría	27
6.13. Periodo de muestreo	27
6.14. Análisis estadístico	28
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
7.1. Indicadores productivos	30
7.1.1. Indicadores productivos en la etapa de crecimiento	30

7.1.2. Indicadores productivos en la etapa de engorda	32
7.2. Evaluación de excretas	33
7.2.1. Producción diaria y total de excretas de cerdos en crecimiento	33
7.2.2. Producción diaria y total de excretas de cerdos en engorda	34
7.2.3. pH de excretas	36
7.3. Valoración hemática	37
7.3.1. Perfil bioquímico	37
7.3.1.1. Glucosa	37
7.3.1.2. Triglicéridos	38
7.3.1.3. Colesterol	38
7.3.1.4. Creatinina	39
7.3.1.5. Urea	39
7.3.1.6. Proteína total	40
7.3.1.7. Albúmina	41
7.3.2. Hemograma	41
7.3.2.1. Hemoglobina	41
7.3.2.2. Hematocrito	42
7.3.2.3. Concentración media de hemoglobina corpuscular	42
7.3.2.4. Volumen globular medio	43
7.3.2.5. Glóbulos rojos	43
7.3.2.6. Glóbulos blancos	43
7.3.2.7. Proteína total	44
7.3.2.8. Plaquetas	44
7.3.2.9. Basófilos	45
7.3.2.10. Eosinófilos	45
7.3.2.11. Neutrófilos segmentados y Neutrófilos en banda	46
7.3.2.12. Linfocitos y Monocitos	46
7.4. Concentración de gases en ambiente	48
7.4.1. Bomba Kiw-Draw	49
7.4.1.1. Determinación de amoníaco	49
7.4.1.2. Determinación de bióxido de carbono	50
7.4.1.3. Determinación de sulfuro de hidrógeno y metano	50
7.4.2. Detector de amoníaco PAC III	50
7.5. Determinación de gases por cromatografía	52
7.5.1. Concentración de bióxido de carbono	53
7.5.2. Concentración de metano	53
7.6. Determinación de amoníaco y urea en excretas	55
VIII. CONCLUSIONES	58
IX. RECOMENDACIONES	59
VIII. LITERATURA CITADA	60
ANEXOS	69

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la producción porcina se ha intensificado y como consecuencia ha ocasionado un incremento en la producción de desechos orgánicos y a la vez aumento en la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio en excretas, los cuales, al utilizarse como abono en suelos agrícolas aumentan las emisiones de gases al ambiente, lo cual contribuye a evidenciar el efecto invernadero (Honeyman, 1993; Canh *et al.*, 1998; Mackie *et al.*, 1998; Sutton *et al.*, 1999; Miller y Varel, 2003; Portejoie *et al.*, 2004).

El nitrógeno de las heces se presenta en forma de proteína, y el de la orina en forma de urea, esta última es rápidamente hidrolizada y catalizada por ureasas a bióxido de carbono y amoníaco, los cuales se volatilizan fácilmente en el aire. Se estima que en Estados Unidos el 50% del amoníaco ambiental, aportado por las unidades de producción animal, proviene de la porcicultura (Morse, 1995).

Para reducir las emisiones de amoníaco ambiental, se han desarrollado diferentes alternativas pero la más difundida y económica es el manejo de la dieta alimenticia; esta alternativa debe adecuarse a los requerimientos de los cerdos en sus diferentes etapas fisiológicas, de tal forma que se pueda minimizar la excreción de nitrógeno, sin alterar o propiciar un detrimento en el rendimiento de los animales. El exceso de proteína en la dieta incrementa la excreción de nitrógeno, debido a que sólo del 20 al 40% de la proteína suministrada a los cerdos es retenida por el animal (Jongbloed y Lenis, 1992; Honeyman, 1993). La adición de aminoácidos a la dieta mejora la digestibilidad de la proteína y reduce los niveles de urea y amoníaco. Se estima que la adición de aminoácidos disminuye en más del 35% la excreción de nitrógeno y fósforo en las excretas.

El uso de estrategias alimenticias ayuda a disminuir el impacto ambiental proveniente de la porcicultura. Sin embargo, en algunos casos los cambios en las raciones se hacen imposibles, debido a que los porcicultores no elaboran sus propias dietas y ello impide el manejo nutritivo y de ingredientes, por lo que el uso de aditivos como preparaciones bacterio-enzimáticas, agentes oxidantes, inhibidores de ureasa, agentes enmascarantes, absorbentes y extractos de plantas como el de *Yucca schidigera* son útiles para la reducción de olores y gases (McCrary y Hobbs, 2001). Los extractos de plantas se han utilizado en la alimentación humana y animal con diferentes finalidades, aprovechando los componentes bioactivos que contienen. La utilización del extracto de *Yucca* en la dieta de los cerdos, se ha empleado ampliamente con la finalidad de reducir la presencia de gases en las instalaciones, además de otros efectos que se le atribuyen como mejorar el consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia, además de la reducción de los niveles de urea, amoníaco, triglicéridos y colesterol en plasma sanguíneo.

Por lo anterior, se evaluó el efecto del uso de productos con extracto de *Yucca schidigera*, del cual existen reportes que señalan que disminuyen los niveles de amoníaco en el ambiente y en las excretas de cerdos bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y metano, así como, su efecto en los valores hemáticos de los cerdos.

II. JUSTIFICACIÓN

En áreas densamente pobladas y con problemas de contaminación como la Ciudad de México, resulta importante evaluar las fuentes de contaminación ambiental y el efecto de éstas en la salud humana y animal, ya que estos problemas se agudizan, ocasionando una fuerte oposición de la población aledaña a las granjas para que éstas continúen en el mismo lugar. Este es el caso de la ganadería urbana y periurbana, en particular de la porcicultura que ocasiona fuerte contaminación ambiental, manifestándose en olores desagradables, incremento en la población de moscas, roedores y ruidos que causan molestia a los pobladores de las zonas vecinas a las granjas.

Los olores y gases como amoníaco, bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y metano además de las molestias que ocasionan a la población, producen daños a los animales y al ambiente. Así, Jongbloed y Lenis (1998) refieren que también contribuyen al calentamiento global, lluvia ácida y eutroficación del agua. Los efectos negativos en la salud de los cerdos se asocian con procesos neumónicos propiciados por la concentración de gases en las diferentes fases de producción.

Una de las formas de reducir este impacto ambiental ha sido propuesta por Canh *et al.* (1998) quienes disminuyeron la proteína bruta de la dieta observando que por cada 1% de disminución ocurría una baja en la emisión de amoníaco entre el 10 y el 12.5%. Asimismo, la disminución del pH de las excretas reduce la emisión de amoníaco, lo cual se logra incorporando Carbonato Cálcico, Sulfato Cálcico, o la utilización de Benzoato Cálcico a las dietas, los cuales tienen un mayor efecto en el pH de la orina y las heces, reduciendo hasta en un 54% la emisión de amoníaco (Den Brok *et al.*, 1997). Sin embargo, estas alternativas son costosas, inestables o fácilmente inactivadas. También el extracto de *Yucca* es utilizado para este fin, la inclusión en la alimentación de los cerdos tiene efectos que permiten reducir los niveles de amoníaco en el tracto gastrointestinal, en el suero (urea y amoníaco) y en las excretas. Duffy y Brooks (1998) reportan que la inclusión de 120 ppm de extracto de yuca (De-Odorase) en la dieta, disminuye de 12 al 36% la concentración de amoníaco en la orina. Además de que la inclusión de *Yucca* no altera el crecimiento de los animales, por el contrario puede mejorar el consumo de alimento, ganancia de peso, eficiencia alimenticia y la salud de los cerdos (Foster, 1983a; Foster, 1983b; Mader y Brumm 1987; Katsunuma *et al.*, 2000; Duffy *et al.*, 2001; Kaya *et al.*, 2003).

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general:

Evaluar la inclusión de De-Odorase y Amoprem, en dietas estándar para cerdos en la etapa de crecimiento y engorda, y su efecto en la concentración de gases (amoníaco, bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y metano) en excretas y en el ambiente, así como su relación con cambios bioquímicos, hemáticos e indicadores de producción en cerdos producidos en casetas tipo invernadero.

3.2. Objetivos Particulares:

Evaluar el efecto de la inclusión de De-Odorase y Amoprem, en el rendimiento productivo (consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia) de cerdos en la etapa de crecimiento y engorda.

Evaluar en dietas estándar el uso de De-Odorase y Amoprem, en la disminución del nivel de gases (amoníaco, bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y metano) producidos en excretas y emitidos al ambiente.

Determinar la cantidad producida de excretas de cerdos en la etapa de crecimiento y engorda.

Estimar la variación del pH en excretas de cerdos al adicionar en la dieta extracto de *Yucca schidigera*.

Determinar el efecto de la inclusión de *Yucca schidigera* en el perfil bioquímico y hemático de los cerdos, en etapa de crecimiento y engorda.

Evaluar en dietas estándar el uso de De-Odorase y Amoprem, en la disminución del nivel de gases (amoníaco, bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y metano) producidos en excretas y emitidos al ambiente.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

La producción animal tiene como resultado la conversión de alimento en productos como carne, leche, huevo y lana; de la misma forma aunque resulte menos deseable también genera desechos, los cuales son expulsados al ambiente en forma líquida, sólida y gaseosa, contribuyendo de forma significativa a la contaminación ambiental, afectando de manera global a muchos países (Deanne, 1995; Canh *et al.*, 1998; Mackie *et al.*, 1998). Razón por la cual se ha originando un creciente interés en el impacto que tiene la producción ganadera en el ambiente.

El impacto ambiental, generado por la producción animal, puede dividirse en tres categorías: a) el suelo, en el cual existe una acumulación de nutrientes, por la concentración de algunos minerales provenientes del estiércol, provocándose una alta concentración de sales en el suelo. b) agua y eutroficación principalmente por fósforo, el cual al llegar al agua aumenta su solubilidad y c) aire, calentamiento global por la emisión de gases y olores (Jongbloed y Lenis, 1998; Portejoie *et al.*, 2004). La degradación del estiércol representa la principal fuente de metano (CH₄) y óxido de nitrógeno (NO_x), los cuales son gases que contribuyen al efecto invernadero. En lo que respecta al amoniaco (NH₃) la volatilización es causante de lluvia ácida (Mackie *et al.*, 1998; Tamminga, 2003).

La producción porcina genera efectos directos e indirectos, clasificándose entre los primeros, a los desechos, olores y plagas de insectos, como efectos indirectos se consideran los factores sociales y políticos.

4.1. Composición de excretas porcinas y tasa de excreción

La tasa de excreción de los cerdos, depende de diversos factores como la edad del animal, la cantidad de alimento consumido, cantidad de agua consumida, sexo, etapa productiva, estado de salud y la información genética que poseen; se considera que los lechones, los cerdos destetados y las hembras lactantes excretan cerca del 8% de su peso vivo por día, los cerdos en crecimiento y finalización el 7%, los sementales, hembras gestantes y vacías así como animales que tienen acceso limitado a alimento alrededor del 3% de su peso vivo (Pérez, 1998).

En el Cuadro 1, se presenta la cantidad de excretas producidas por cerdo por día (Honeyman, 1993; Pérez, 1998).

Cuadro 1. Promedio de peso y Producción de excretas por animal por día.

Etapa	Peso kg	Excretas/día/cerdo (kg)
Cerdos	50	4
Cerdos agua: pienso 4:1	50	7
Cerdos subproductos	50	15

Fuente: Martínez 1990.

Las excretas porcinas se encuentran constituidas principalmente por una mezcla de heces y orina, componentes de la dieta no digeridos, secreciones, productos endógenos y bacterias de la porción inferior del tracto gastrointestinal y productos de desecho de procesos fisiológicos. Asimismo, las excretas contienen una variedad de compuestos orgánicos, inorgánicos y aditivos alimenticios, los cuales están en función de la composición de la dieta (Honeyman, 1993; Sutton *et al.*, 1999).

4.2. Excreción de nutrientes en excretas porcinas

Los principales minerales contaminantes en las excretas porcinas son el nitrógeno y el fósforo. La excreción de nitrógeno se divide entre la cantidad de nitrógeno en el estiércol y la emisión en forma de amoníaco.

Las heces porcinas contienen un alto porcentaje de fósforo, debido al fosfato presente en los ingredientes de la dieta, el cual se encuentra unido al fitato y que no es suficientemente digerido por los no rumiantes. El fósforo puede ser absorbido como fosfato por medio de enzimas fíticas (mediante hidrólisis) (Harper *et al.*, 1997; Moreira *et al.*, 2003).

Jongbloed y Lenis (1992) reportaron que los cerdos en crecimiento utilizan sólo entre el 30 y 35% de nitrógeno y fósforo consumido y eliminan el resto en las excretas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Consumo, retención y excreción de nitrógeno, fósforo y potasio en cerdos.

Nutriente	Reproductoras			Crecimiento			Engorda		
	C (kg)	R (kg)	E (%)	C (kg)	R (kg)	E (%)	C (kg)	R (kg)	E (%)
Nitrógeno	27.78	19	22.42	0.94	40	0.56	6.32	33	4.24
Fósforo	6.56	17	5.42	0.21	39	0.13	1.22	33	0.82
Potasio	14.66	3.0	14.22	0.40	9.0	0.36	2.89	6.0	2.73

Fuente: Jongbloed y Lenis 1992.

Además, también se excretan minerales, los cuales dependen de la cantidad proporcionada a los animales, Mueller reporta los siguientes niveles (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenido de minerales en excretas porcinas (kg t⁻¹).

Excreta	Na	Ca	Mg	Fe	S	Mn	B	Zn	Cu
Fresca	3.5	17.1	3.7	0.8	3.9	0.1	0.2	0.3	0.1
Almacenada	3.5	26.0	5.0	2.2	4.8	0.4	0	0.8	0.3

C: Consumo.

R: Retención.

E: Excreción.

Fuente: Mueller *et al.*, (1994).

4.3. Factores que propician la generación de gases y acumulación de minerales

La generación de gases resulta de la degradación microbiana de los desechos, los cuales son convertidos en biomasa microbial, soluble y finalmente gaseosa (Mackie *et al.*, 1998; Miller y Varel, 2003).

Aunado a esto existen factores que pueden contribuir a la concentración de olores (Sutton *et al.*, 1999), encontrándose principalmente la disponibilidad de nutrientes, diferencias genéticas entre animales y la etapa de crecimiento. Otro factor es el manejo empleado en las excretas y la duración del almacenamiento, inclusive puede incrementarse la generación de olores, como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica. Los factores ambientales también juegan un papel importante en la generación de gases y olores (Sutton *et al.*, 1999; McCrory y Hobbs, 2001).

Los iones principales del nitrógeno son el amoníaco y el nitrato. El amoníaco, óxido de nitrógeno, óxido nítrico, dióxido de nitrógeno, pentóxido de dinitrógeno y óxido nitroso, son los gases del nitrógeno. Los gases de nitrógeno tienen una alta reactividad en la atmósfera, ocasionando contaminación.

Lenis (1989) identificó que el manejo alimenticio afecta la composición de las excretas porcinas, especialmente el nitrógeno. Verstegen *et al.* (1993) indican que el uso de alimentación por fases reduce el nitrógeno excretado en 4.4%, y la alimentación multifases reduce la excreción de amoníaco de 3.5 a 16.8% (van der Peet-Schwering *et al.*, 1996). Los requerimientos de los cerdos están en función de la edad y el peso de los animales, por lo que la excreción de nitrógeno puede ser reducida por una mejor retención de nitrógeno, al tomar en cuenta la información precisa de los ingredientes, una buena formulación de la dieta y la mezcla correcta de ingredientes requeridos para lograr un adecuado sistema de alimentación por fases; el no contar con la adecuada formulación de dietas puede resultar en una excesiva eliminación de nutrientes en las heces (Honeyman, 1993). En este sentido, Jaisankar *et al.* (2003) reportaron que existe un efecto del tipo de alimentación ofrecida a los cerdos, en la contaminación del aire, encontrando un menor nivel de amoníaco con alimento peletizado en comparación con la alimentación seca y húmeda, así como, una disminución de polvo en las naves de producción.

Entre los ingredientes de las dietas, que incrementan los olores en las excretas Shurson (1999) menciona a los niveles altos de sulfuro y de fibra, aumentan la excreción de indol y de 3-metilindol en las heces de cerdos; compuesto identificado como el principal responsable del mal olor (Gralapp *et al.*, 2002). Sutton *et al.* (1997) reportan que existe un incremento en los ácidos grasos volátiles contenidos en las excretas, cuando los cerdos son alimentados con dietas que contienen un 5% de celulosa.

En el mismo sentido, un gran número de factores afecta la digestibilidad de los minerales, la interacción más conocida es la del calcio con el fósforo (Jongbloed *et al.*, 1997). La digestibilidad del fósforo en las materias primas es muy variable, diferenciando entre las de origen animal y vegetal, siendo del 70-80 y 30-40% respectivamente.

4.4. Olor

El olor es asociado con la producción animal, y generalmente es considerado como ofensivo. Recientemente se ha estudiado el efecto de la composición de la dieta en los

productos de excreción relacionados con la composición de olores (Sutton *et al.*, 1999). El olor es producido por la degradación anaeróbica de los componentes alimenticios no digeridos (Gralapp *et al.*, 2002), y se define mediante los factores: Frecuencia, Intensidad, Duración y Ofensividad (FIDO); donde la Frecuencia se refiere a la cantidad de tiempo de ocurrencia del olor, la Intensidad a lo fuerte del olor, la Duración como el tiempo o periodo que se expone al olor, o el tiempo que esté presente el olor, y la Ofensividad, son las características o lo desagradable del olor (Mackie *et al.*, 1998).

Sin embargo, la intensidad del olor es considerada como la principal variable para poder determinarlo.

Se han identificado alrededor de 168 compuestos químicos en el aire de instalaciones porcinas, los cuales son responsables de procesos patológicos en los animales y de alterar el bienestar animal. Entre los principales componentes del olor se encuentran las amonias, aminas, sulfuros, ácidos grasos volátiles, indoles, escatoles, fenoles alcoholes y carbonilos.

La intensificación, el incremento en el número de animales en áreas pequeñas y la urbanización ha dado como resultado una atención considerable en los olores provenientes de las unidades de producción; ocasionando fuertes protestas de residentes en áreas tanto urbanas como rurales (Mackie *et al.*, 1998).

4.5. Emisión de amoniaco

En la producción de cerdos, la emisión de amoníaco se origina principalmente por la urea en la orina; la urea es convertida en amoníaco y dióxido de carbono por las ureasas presentes en las heces. La concentración de amoníaco y el pH del estiércol es un factor importante que influye en la volatilización de amoníaco.

La degradación bacteriana de compuestos nitrogenados provenientes de las excretas da como resultado la producción de amoniaco. El nitrógeno en las heces comprende nitrógeno no digerido proveniente de la dieta, nitrógeno endógeno y nitrógeno microbial. Como resultado de la actividad de las ureasas de los microorganismos fecales, la urea es convertida en amoniaco, el cual se volatiliza rápidamente (Van Vuuren y Jongbloed, 1994; Jongbloed y Lenis, 1998). El amoníaco de la orina, que es generado por la conversión enzimática de urea, puede ocurrir poco tiempo después de que ésta es emitida. Asimismo, después de la excreción de las heces los componentes orgánicos volátiles olorosos, los ácidos grasos volátiles de cadena corta y otros compuestos volátiles como carbono, nitrógeno y sulfuro son derivados de la fermentación microbiana y emitidos rápidamente al ambiente (Gralapp *et al.*, 2002).

Los factores que influyen en la tasa de emisión de amoniaco son, la cantidad o concentración de urea, la temperatura, velocidad del aire, el pH de la superficie y la cantidad de materia seca (Jongbloed y Lenis, 1998).

La reducción de la emisión de amoniaco puede lograrse mediante el manejo nutricional, precisando en la disminución del contenido de nitrógeno y urea en las heces y orina, asimismo disminuyendo el pH tanto de heces como de orina, y la reducción total de la excreción de nitrógeno mediante una mejor utilización de proteína en la dieta. El reducir la cantidad de urea y nitrógeno excretado resulta en una disminución de amoniaco (Jongbloed y Lenis, 1998).

Estudios realizados por Canh *et al.* (1998) muestran que por cada unidad de proteína cruda disminuida, la concentración de amonio se reduce aproximadamente 11% y la emisión de amoniaco de un 10 a 12%.

La emisión de amoniaco puede regularse cambiando el porcentaje entre nitrógeno de la orina y el nitrógeno de las heces (fermentación bacteriana de carbohidratos) reduciendo la degradación de urea (separación de heces y orina y la inhibición de ureasas), la ligadura de amoniaco (mediante extracto de *Yucca*), el pH del estiércol (acidificación), la superficie de exposición por medio de la inclinación del piso y la eliminación de estiércol (Jongbloed y Lenis, 1998).

La incorporación de nitrógeno por las bacterias de las heces es más fácilmente degradado a amoniaco que el nitrógeno excretada en la orina (Jongbloed y Lenis, 1998; Zervas y Zijlstra, 2002).

4.6. Alternativas para reducir el impacto ambiental

Jongbloed y Lenis (1998) proponen que las alternativas para reducir el impacto ambiental provenientes de la producción animal son: 1) reducción de excreción de nutrientes por la aportación vía alimentación, 2) utilización y manejo de estiércol (reciclaje) y, 3) estimular la búsqueda de soluciones prácticas, en función de los niveles de producción de la granja.

Una alternativa para reducir la contaminación y la excreción de nutrientes, es el aumentar su digestibilidad; esto puede lograrse mediante la manipulación de las dietas y representa una manera económica de disminuir el impacto ambiental de las unidades de producción porcinas. Sin embargo, la reducción de nutrientes debe realizarse cuidadosamente en el sentido de mantener el rendimiento normal de los cerdos (Canh *et al.*, 1998). Asimismo, aun cuando la inclusión de alimentos altamente digestibles presentes en las dietas balanceadas cubra los requerimientos de los cerdos, al mismo tiempo debe repercutir en la reducción de sustrato disponible para la digestión bacteriana, y de esta manera atenuar la producción de gases (Sutton *et al.*, 1997; Mackie *et al.*, 1998).

Las investigaciones realizadas, se han enfocado principalmente a la reducción y mejor utilización de nitrógeno y fósforo aportado por la dieta. Los cerdos en crecimiento utilizan sólo de un 30 a 35% de nitrógeno y fósforo ingerido en la dieta (Jongbloed y Lenis, 1992). Por lo que es importante el administrar nitrógeno y fósforo de acuerdo con los requerimientos de los cerdos, teniendo un adecuado conocimiento de la digestibilidad de los nutrientes y de los requerimientos de los cerdos. Para lograr mejorar la digestibilidad de los nutrientes de los alimentos se pueden utilizar enzimas exógenas. Así también, la excreción de fósforo y nitrógeno puede ser reducida mediante el cambio de ingredientes menos digestibles por otros de mayor digestibilidad (Jongbloed y Lenis, 1992; Jongbloed y Lenis, 1998).

En el mismo sentido el mejoramiento de líneas genéticas también puede reducir la excreción de fósforo y nitrógeno (Jongbloed y Lenis, 1998). Crocker y Robison, (2002) realizaron un estudio en el cual encontraron que existen diferencias en la cantidad de nutrientes excretados; en el estudio se compararon líneas maternas (WL), líneas paternas (BL) y la cruce entre éstas (F₁), resultando que para el caso de la línea WL las excretas

contienen menores niveles de fósforo, calcio, cobre y zinc que la línea BL y F₁, asimismo la línea WL excreta cantidades inferiores de todos los nutrientes a excepción del amoníaco, esto como consecuencia del crecimiento lento de WL, puesto que requirieron más días para llegar al peso de 105 kg.

Hobbs *et al.* (1996) reportaron que se logra una reducción de olores al restringir la proteína cruda y la suplementación de aminoácidos sintéticos en las dietas. Sin embargo, es importante proporcionar aminoácidos esenciales de acuerdo con los requerimientos de cada etapa productiva (Canh *et al.*, 1998). Una alternativa para la engorda de cerdos cubriendo las necesidades de éstos, es la utilización de aminoácidos cristalinos como: lisina, triptófano, metionina y treonina; se ha demostrado que la reducción de un 2% de proteína en la dieta y la utilización de aminoácidos sintéticos reduce en un 25% la excreción de nitrógeno (Honeyman, 1993).

La excreción de urea puede reducirse mediante la disminución del consumo de nitrógeno en la dieta, por tanto que la excreción de nitrógeno es cambiada de urea de la orina por proteína que utilizan las bacterias de las heces (Canh *et al.*, 1997). Se indica que alrededor del 20% de la ingesta total de nitrógeno es excretado en las heces y cerca del 50% en orina (Canh *et al.*, 1998).

4.7. Alternativas para reducir la contaminación por nitrógeno, fósforo y amoníaco

- Disminución de excreción de nitrógeno.- Para ello, se recomienda reducir el contenido de nitrógeno o disminuir la proteína cruda y aumentar aminoácidos sintéticos, así como incrementar la fibra en la dieta, lo cual puede cambiar la excreción de nitrógeno de orina a heces (Canh *et al.*, 1998) y aumentar la digestibilidad de la dieta, utilizando nutrientes más digestibles o con menor cantidad de fósforo.
- La suplementación de fitasa microbial de *Aspergillus niger* (1500 unidades por kg de alimento), reduce la concentración de fósforo en las heces, hasta en un 35%, solo en materia seca. La utilización de fitasa en la dieta de cerdos puede incrementar la utilización de nutrientes y con esto disminuir la excreción de fósforo en un 50%, en dietas a base de maíz y soya; en general la digestibilidad del fósforo puede ser mejorada de un 13% hasta un 43% (Honeyman, 1993; Harper *et al.*, 1997; Moreira *et al.*, 2003; Selle *et al.*, 2003).
- Disminución de amoníaco.- El pH de las excretas puede reducirse disminuyendo el pH de la orina, ocasionando una reducción en la emisión de amoníaco. Para este fin se emplean aditivos como ácidos, sales, inhibidores de ureasas y extractos de plantas:
 - El uso de ácidos reduce la volatilización de amoníaco, varios ácidos se han utilizado con este fin, encontrándose el ácido sulfúrico, clorhídrico, nítrico, fosfórico y láctico, en lo concerniente a su eficacia el ácido fosfórico es efectivo pero no económico y el ácido sulfúrico, clorhídrico y nítrico son más económicos, pero corrosivos generando un incremento de costos adicionales (Sutton *et al.*, 1999; Mroz *et al.*, 2000; McCrory y Hobbs, 2001).

- Las sales clorhídricas, nítricas, cálcicas y magnésicas también se utilizan con la finalidad de disminuir el pH y en consecuencia la producción de amoníaco. Sin embargo, la desventaja de emplear sales es que son menos eficientes y no mantienen bajos valores de pH que los ácidos (McCrary y Hobbs, 2001). La incorporación de sulfato cálcico (CaSO₄), cloruro de calcio (CaCl₂) o benzoato de calcio, tienen un efecto en el pH de orina y heces; el benzoato se metaboliza en ácido pirúvico (Den Brok *et al.*, 1997), reduciendo un 54% la emisión de amoníaco. El uso de sulfato y cloruro cálcico reducen la emisión de amoníaco en 33 y 30% respectivamente. Sin embargo, el cloruro de calcio generalmente disminuye el consumo de alimento y la ganancia de peso en un 9 ó 10% (Colina *et al.*, 2001).
- Existen trabajos que reportan la utilización de absorbentes como la zeolita para reducir la producción de amoníaco, hay más de 50 diferentes tipos de zeolitas, cada una con una única estructura cristalina. La forma en que actúan es por medio de la selectividad de cationes, tiene especial afinidad por los iones de amonio. La forma de emplearse es mediante la alimentación, aunque también se usa directamente en los desechos considerando que es más eficiente en esta forma. Sin embargo, este tipo de aditivos incrementa el contenido de materia seca en los desechos animales, haciendo más difícil el manejo de las excretas (Sutton *et al.*, 1999; McCrary y Hobbs, 2001).
- Los aditivos que inhiben la enzima ureasa se han desarrollado en el sentido de reducir las emisiones de amoníaco. Indicando una reducción de la emisión de amoníaco, sin embargo estos son más utilizados en bovinos. Son efectivos, pero requieren aplicación frecuente, son costosos y fácilmente inactivados (McCrary y Hobbs, 2001).
- El extracto de *Yucca schidigera* contiene saponinas. Existen diferentes teorías de la forma en la que actúa el extracto, sin embargo muchos de los efectos beneficiosos se atribuyen a su actividad para ligar el amoníaco (Sutton *et al.*, 1999; Colina *et al.*, 2001; McCrary y Hobbs, 2001; Ilsley *et al.*, 2003).

4.8. Extracto de *Yucca schidigera*

Los extractos de plantas se utilizan como aditivos en la alimentación animal, pues permiten corregir uno o más problemas y representan una alternativa a la utilización de fármacos.

Existe una gran variedad de plantas que tienen componentes bioactivos, los cuales se utilizan como aditivos en la alimentación humana y animal, en su gran mayoría provienen de plantas, que durante mucho tiempo han sido conocidas por sus múltiples acciones, incluyendo los efectos en el consumo, digestión e inmunidad (Ilsley *et al.*, 2003).

La adición de extracto de *Yucca schidigera* en la dieta animal se ha empleado para mejorar la productividad, pues se considera que tiene beneficios positivos en el crecimiento, en la salud, y en la reducción gastrointestinal y fecal de los niveles de amoníaco, en el control de olores y gases, principalmente de amoníaco y sulfuro de hidrógeno, además de control de protozoarios. Sin embargo, en los últimos años se ha utilizado ampliamente en la avicultura

y en la porcicultura para mejorar el metabolismo de los animales y reducción de la producción de gases en las instalaciones (Duffy *et al.*, 2001; Ryan *et al.*, 2001; Ilsley *et al.*, 2003; Kaya *et al.*, 2003).

Así también, se ha visto que el extracto de *Yucca* reduce los niveles de urea, colesterol y triglicéridos en suero sanguíneo (Ryan *et al.*, 2001; Kaya *et al.*, 2003). Pero su uso no se limita sólo a la alimentación animal, también se emplea en la alimentación humana, además de emplearse en medicina naturista para controlar problemas como estrés, artritis, colesterol entre otros, en cosméticos, en la industria refresquera se utiliza como espumante y en la agricultura mejora el suelo y fertiliza en forma líquida orgánica (Killeen, 1995; Duffy y Brooks, 1998; Katsunuma *et al.*, 2000; Oleszek *et al.*, 2001).

La *Yucca schidigera* es una planta que crece en el desierto, concretamente en Estados Unidos y México, en el desierto de Baja California, en el suroeste de Nevada, Arizona, y la parte sur y central de California, en Estados Unidos. Su nombre común es Mojave Yucca, el nombre científico es *Yucca schidigera*, y pertenece a la familia *Lillaceae*. La planta de *Yucca* crece en altitudes de 1,000 y 1,400 m.s.n.m. puede alcanzar alturas de 4 a 5 metros, tener o no ramificaciones, sus hojas miden de 31 a 105 cm de largo y 3 a 5 cm de ancho, tiene flores globosas de color blanco o cremoso y en su base son de color púrpura (Katsunuma *et al.*, 2000; Oleszek *et al.*, 2001; Kaya *et al.*, 2003).

Si bien existen trabajos que demuestran los beneficios de utilizar extracto de *Yucca*, no se ha especificado la forma de acción aunque se sugieren, cuatro posibles formas: 1) mediante un estímulo esteroideal directo, 2) inhibición de ureasas en el intestino, 3) unión (ligadura) a amoniaco y 4) mediante la modulación y selección de microorganismos (Duffy y Brooks, 1998).

Los trabajos en este sentido, refieren que las saponinas esteriodes contenidas en la *Yucca schidigera* estimula el crecimiento, pero no tienen un efecto biológico que active la producción o acción de las hormonas esteroidales, por lo que no puede ser atribuido a este compuesto. En el mismo sentido se considera que la *Yucca* inhibe directamente las ureasas en la porción posterior del intestino de los animales, y también que puede existir una alteración en la población microbiana del tracto gastrointestinal (Duffy y Brooks, 1998; Duffy *et al.*, 2001). El extracto de *Yucca schidigera* es un potente inhibidor *in vitro* de las enzimas ureasas, e *in vivo* sus propiedades son atribuidas a la inhibición gastrointestinal de ureasas, pero que el método de evaluación que se ha empleado es cuestionable y no se considera indicado. Por lo tanto los datos no son concluyentes. Así que es posible que la inhibición directa de ureasa gastrointestinal por el extracto de *Yucca schidigera* no puede ser defendible como una forma de acción (Duffy *et al.*, 2001).

La mayoría de los autores coinciden en que muchos de los efectos beneficios se atribuyen a su actividad para ligar el amoniaco, esto por el efecto de las saponinas, convirtiendo a los gases en compuestos inocuos (Duffy y Brooks, 1998; Duffy *et al.*, 2001; Oleszek *et al.*, 2001; Ilsley *et al.*, 2003; Kaya *et al.*, 2003). Aunque, en este punto también existe controversia pues Katsunuma *et al.* (2000) sugieren que el extracto de *Yucca schidigera* tiene propiedades para ligar el amoniaco, pero que no son las saponinas las responsables, dado que si se fracciona el extracto de *Yucca schidigera* tratándose con n-butanol, con el cual se

remueven las saponinas, esto sugeriría que la ligadura de amoníaco no es propiedad de las saponinas, y se asociaría a otros materiales como los glicocofracciones.

El extracto de *Yucca schidigera* contiene principalmente saponinas esteroidales y glicocomponentes, se considera que las saponinas son el mayor componente del extracto de *Yucca* (Ilsley *et al.*, 2003), y que el modo de acción de éste último, está relacionado directamente con las saponinas debido a que la concentración en la planta es alrededor del 10% de su peso en seco (Katsunuma *et al.*, 2000; Oleszek *et al.*, 2001). La composición de estas es triterpenoide o esteroideal. La sarsaponina y la esmilagnina son las formas predominantes de estos componentes que conforman las plantas de *Yucca schidigera* (Katsunuma *et al.*, 2000; Duffy *et al.*, 2001), además de tener propiedades tensóactivas (Kaya *et al.*, 2003). Se ha demostrado previamente que es posible extraer más del 98% de sarsaponinas o esmilagnina contenida en la *Yucca schidigera* con butanol (Duffy *et al.*, 2001). Sin embargo, Oleszek *et al.* (2001) refiere que pueden existir otras saponinas en diferentes proporciones y que puede variar de acuerdo con la forma de extracción realizada.

Wilson *et al.* (1998) refieren que el extracto de *Yucca schidigera* contiene una glicofracción, que es la que tiene la capacidad de ligar amoníaco, una fracción de saponina que es la que tienen un efecto antibacterial y antiprotozoario. *In Vitro*, el extracto de *Yucca schidigera* liga una proporción constante de amoníaco por lo que se considera que este es el efecto, en lugar de la saturación como otros autores lo refieren. Por consiguiente, una pequeña cantidad de *Yucca schidigera* liga una cantidad significativa de amoníaco.

En cerdos, Duffy y Brooks (1998) reportan que al incluir extracto de *Yucca* en la dieta (120 ppm de De-Odorase) se obtiene una disminución de urea y amoníaco en suero sanguíneo y en orina hay una disminución de la concentración de amoníaco del 12 al 36%, además de mejorar el crecimiento de los cerdos, al incrementar la ganancia de peso. Aunque Sutton *et al.*, (1999) refieren que la emisión de amoníaco se suprimió en un 55% en excretas, y que los resultados en la reducción de amoníaco pueden estar influenciados por la forma y la fuente de extracto.

También se sugiere que existen efectos en la modificación de la flora en el intestino al emplear extracto de *Yucca schidigera*. Katsunuma *et al.* (2000) refieren que en el aislamiento y crecimiento bacteriano en el tracto intestinal de animales es frecuente encontrar especies que ocasionan problemas clínicos en los animales, los cuales son inhibidos por extracto de *Yucca schidigera*. Pero no inhiben el crecimiento de *Lactobacillus sp* y *Bifidobacterium sp* los cuales juegan un papel importante en la salud animal.

Las saponinas se emplean en vacunas, y existen trabajos que demuestran que tienen capacidad de reducir el colesterol en plasma no solo en animales sino también en humanos. La forma en la que sucede esto es mediante las saponinas, que forman complejos insolubles con colesterol, además de formar micelas con esteroides como ácidos del colesterol y de la bilis. La porción hidrofóbica de la saponina (aglycone o sapogenin) se asocia al núcleo hidrofóbico de los esteroides, formando una agregación micelar, por este medio las saponinas se unen al colesterol e inhibe la reabsorción en el intestino (Cheeke, 2000; Kaya *et al.*, 2002). Además de ocasionar un incremento en la excreción fecal de ácidos biliares y una indirecta forma de eliminación de colesterol (Kaya *et al.*, 2003). Sin embargo, las saponinas

pueden actuar como hemolíticos disolviendo las membranas de los glóbulos rojos, si éstas son inyectadas directamente en la circulación sanguínea (Katsunuma, 2000; Kaya *et al.*, 2003).

Las saponinas no son tóxicas cuando se ingieren oralmente debido a su estructura química. Ellas no son absorbidas en el tracto digestivo. Su propiedad de agente tensoactivo puede reducir la tensión alrededor de la membrana celular y esto puede ayudar a la absorción de nutrientes (Kaya *et al.*, 2003).

La mayoría del amoníaco de la sangre es convertido en urea en el hígado, además de que no toda la urea formada se excreta en la orina dado que, parte de ésta es reciclada en el cuerpo. En rumiantes la urea pasa en la saliva y a través de las paredes del estomago verdadero y del intestino grueso donde se convierte en una fuente endógena de nitrógeno (Ryan y Quinn 1999).

Los efectos del extracto de *Yucca* en el metabolismo del nitrógeno incluyen reducciones en urea y amoníaco del suero sanguíneo. Los componentes no-butanol-extractables del extracto de *Yucca* pueden alterar la función del riñón para aumentar el índice de la separación de la urea, así bajando concentraciones de urea y de amoníaco en la sangre (Cheeke, 2000).

El extracto de *Yucca schidigera*, se emplea en la dieta para perros con el afán de controlar los olores y el sulfuro de hidrogeno derivados del metabolismo y de las excretas (Giffard *et al.*, 2001), además de emplearse para el control de parásitos intestinales como *Giardia canis* (McAlister *et al.*, 2001).

En rumiantes se emplea para controlar el amoníaco ambiental, ruminal e intestinal. Al respecto, Hussain y Cheeke en 1995 refieren que al adicionar extracto de *Yucca* se reduce el amoníaco y el nitrógeno amoniacal de la sangre. Otros de los usos en rumiantes es el de mejorar hasta un 50% la digestión de fibra y modulación de microorganismos ruminales, efectos en metano y ácidos grasos volátiles, incremento de bacterias y disminución de protozoarios (Wallace *et al.*, 1994; Rush *et al.*, 1994; Hussain y Cheeke, 1995; Śliwiński *et al.*, 2002a; Śliwiński *et al.*, 2002b; Rayan *et al.*, 2003).

La literatura indica que el extracto de *Yucca* no es absorbido por el tracto digestivo, por lo que también tiene actividad en los desechos, además de actuar en forma directa cuando es adicionado a los depósitos de estiércol, lagunas e instalaciones.

4.9. Legislación ambiental

En algunos países existen normas con la finalidad de prevenir o disminuir la contaminación, principalmente del agua, enfocándose en especial al nitrógeno y fósforo proveniente del estiércol aplicado a las tierras de cultivo. Holanda fue el primer país que se interesó en la regulación y estableció legislaciones para el manejo y la disposición de las excretas animales y así disminuyó el impacto ambiental (Jongbloed y Lenis 1992).

Para Europa, la cantidad de nitrógeno aportado por el estiércol no debe exceder 170 kg por hectárea y cuando se encuentran pozos o ríos la aplicación es aun más limitada. La cantidad de P₂O₅ no debe ser superior a 100 kg por hectárea (Jongbloed y Lenis 1992).

En contraste en México, la norma aplicada a la porcicultura, con la cual se tiene que cumplir es la NOM-001-ECOL-1996, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminación en las descargas de aguas residuales. Los límites máximos permisibles para 20 contaminantes, entre los cuales se encuentran el pH el cual debe ser entre 5 y 10; coliformes fecales 1,000 en 100 ml de agua; huevos de helmintos 1 en riego no restringido y 5 en riego restringido (a excepción de cultivo de legumbres); siete contaminantes básicos: grasa, aceite, materia flotante, sólidos suspendidos totales, nitrógeno, fósforo y temperatura. Así como nueve metales pesados y cianuro.

En lo que respecta al cumplimiento de la norma, ésta se ha ido aplicando de forma gradual, proponiendo que los grandes contaminadores definidos por la cantidad de sólidos suspendidos totales en aguas residuales, correspondiendo a más de 3.0 ton/día la demanda bioquímica de oxígeno, son los que deben cumplir primero (desde el primero de enero de 2000), a mediano plazo (primero de enero de 2005) los contaminadores medianos, donde los sólidos suspendidos totales y la demanda bioquímica de oxígeno es de 1.2 a 3.0 ton/día; a largo plazo todos deben cumplir con la norma (1 de enero de 2010) (NOM-001-ECOL-1996).

4.10. Efectos de la presencia de gases en las unidades de producción

La contaminación del aire con partículas y gases provenientes de las naves de producción, además de la importancia que tiene al contribuir a la contaminación ambiental, también tienen efectos en la etiología de enfermedades respiratorias en los cerdos (Wathes *et al.*, 2004).

Los gases se producen como consecuencia del metabolismo y la acción bacteriana en las excretas, juegan un papel importante en la salud y en la producción de los animales, repercutiendo de forma negativa en la salud de los cerdos, principalmente en problemas respiratorios, por lo que es común la presencia de neumonías y rinitis atrófica cuando existen gases en la granja (Urbain *et al.*, 1994; Forcada, 1997; Murphy y Cargill, 2004; Wathes *et al.*, 2004; Babot, 2005).

Los principales gases que se encuentran en las instalaciones porcinas son: el amoníaco, bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y metano (Forcada, 1997; Ni *et al.*, 1999a; Jones *et al.*, 2001; Murphy y Cargill, 2004; Leek *et al.*, 2004).

Las enfermedades respiratorias son multifactoriales, entre los cuales se encuentran factores infecciosos, de manejo y medioambientales, generalmente interactúan dos o más factores.

Amoniaco

Es un gas más ligero que el aire, irritante, altamente soluble en agua, presenta un olor picante y se produce en las zonas de deyección o en áreas con elevada concentración de orina. Proviene de la degradación bacteriana de los aminoácidos de la proteína en las excretas, se genera cuando se mezcla orina y heces. Es el gas más común en las granjas

porcinas (Forcada, 1997; Murphy y Cargill, 2004; Babot, 2005). Jones *et al.* (1996) refieren que la concentración que normalmente se encuentra en las granjas porcinas es de 40ppm. Se considera como uno de los gases con mayor importancia en las instalaciones porcinas.

El amoníaco en el ambiente es reconocido como una de las principales causas de patológicas del tracto respiratorio en animales. En adición, el amoníaco muestra un efecto negativo en varios sistemas incluyendo en el metabolismo de las hormonas y en la reproducción (Katsunuma *et al.*, 2000). Además irrita las mucosas de los ojos y del tracto respiratorio, ocasionando que exista lagrimeo, respiración superficial, secreción mucosa y letargo. Existen reportes que indican que cuando los cerdos en la etapa de engorda son alimentados a libre acceso, los niveles de amoníaco se mantienen y varían poco durante todo el día, sin embargo, en cerdas gestantes alimentadas dos veces al día la producción es mayor en la mañana, cuando la alimentación es suministrada, ésto como consecuencia de que la cerda defeca cuando se pone de pie para comer (Urbain *et al.*, 1994). En el Cuadro 4 se muestran los efectos del amoníaco en la salud animal a diferentes concentraciones.

Cuadro 4. Efectos del amoníaco en los cerdos.

Concentración (ppm)	Efecto
10	Disminución del consumo de alimento
15	Disminución de la resistencia a infecciones
35	Inflamación en el tracto respiratorio
50	Reducción de la tasa de crecimiento en un 9%
75	Reducción de ganancia de peso
50-100	Reducción del apetito, querconjuntivitis
100- 150	Letargo, pérdida del apetito, depresión del crecimiento, salivación y estornudos
3000-5000	Asfixia y muerte súbita

Fuente: Urbain *et al.*, 1994; Forcada, 1997; Murphy y Cargill, 2004; Babot, 2005.

Bióxido de carbono

Es incoloro e inodoro, más pesado que el aire, el cual se acumula en las partes bajas de las naves por lo que afecta básicamente a lechones en las naves de maternidad, no es un gas altamente tóxico, pero su importancia esta representada por provocar deficiencia de oxígeno, ocasionando dificultad para respirar y asfixia. Proviene de la respiración de los cerdos y en menor cantidad por la fermentación de las excretas. Generalmente la presencia de este gas es considerado como un indicador de alta densidad animal y ventilación deficiente. Las concentraciones de 0.5 al 1% no alteran el crecimiento de los cerdos, sin embargo, se relaciona con caudofagia. Se recomiendan concentraciones no mayores a 3,000 ppm o en base porcentual el rango es de 0.35 a 0.45% de bióxido de carbono (Forcada, 1997; Ni *et al.*, 1999; Murphy y Cargill, 2004).

Sulfuro de hidrógeno

Es generado como consecuencia de la degradación anaerobia del estiércol y habitualmente sólo se libera en cantidades considerables al agitarse excretas almacenadas, es más pesado que el aire y se considera como el gas más tóxico o venenoso generado en las granjas porcinas. Tiene un olor característico a huevo podrido a bajas concentraciones (50 ppm) y a concentraciones mayores es inodoro (Forcada, 1997; Murphy y Cargill, 2004). Los efectos en la salud y productividad animal se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Efectos del sulfuro de hidrógeno en los cerdos.

Concentración (ppm)	Efecto
20	Reduce el consumo de alimento e hipersensibilidad.
200	Edema pulmonar, problemas respiratorios y muerte

Fuente: Urbain *et al.*, 1994; Forcada, 1997; Murphy y Cargill, 2004; Babot, 2005.

La concentración máxima permitida para sulfuro de hidrógeno es de 10-20 ppm, de acuerdo con Forcada (1997), sin embargo, Murphy y Cargill (2004) recomiendan niveles más bajos de 5 ppm.

Metano

El gas metano proviene directamente del tracto digestivo y de la descomposición anaerobia de las excretas, se produce en mayor cantidad por las excretas como consecuencia de la degradación de los ácidos orgánicos. Se clasifica como gas asfixiante, incoloro, inodoro y más ligero que el aire. En las casetas se detecta en pequeñas cantidades, sin embargo en condiciones anaerobias se emite en grandes cantidades (fosas, biodigestores). Es un gas altamente explosivo, la concentración máxima permisible para metano es de 1,000 ppm (Sharpe y Harper, 1999; Nicks *et al.*, 2004; Babot, 2005).

Los gases también tienen repercusiones en la salud humana, en general se presentan problemas respiratorios y desarrollo de alergias, en el caso del metano representa un riesgo por ser altamente explosivo y el sulfuro de hidrógeno es importante al remover excretas o vaciar fosas por las altas concentraciones que se liberan y originan una reducción de oxígeno hasta cero, ocasionando asfixia.

Es común que se encuentren varios gases a la vez en las instalaciones porcinas. La exposición aguda a amoníaco de 2,000 a 5,000 ppm y de sulfuro de hidrógeno a 500 ppm, así como el dióxido de nitrógeno después de la remoción de las excretas, se han reportado como causa de muerte súbita en los cerdos. Sin embargo, la importancia de la inhalación crónica de bajos niveles de gases nocivos puede interferir con la eliminación mucociliar o la fagocitosis alveolar, en consecuencia se facilitan posteriores colonizaciones y daños por bacterias patógenas (Robertson *et al.*, 1990; Done, 1991; Done *et al.*, 2003).

Sin embargo, Done (1991) reporta cambios histológicos en cerdos por la exposición a polvo y gases, los cuales se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Lesiones histológicas en cerdos por la exposición a polvo y gases.

Agente ambiental y nivel de exposición	Resultado
Sólo amoníaco, sólo polvo	No hay efecto
40 ppm durante dos a seis semanas	Reducción de células calciformes
50 ppm amoníaco + 2 ppm de sulfuro de hidrógeno	No hay efecto
50 ppm amoníaco + 8-9 ppm de sulfuro de hidrógeno	
100 ppm de amoníaco - 150 ppm de amoníaco	Exudado traqueal y en cornetes
100 ppm de amoníaco + 200 mg/m ³ almidón de maíz	Hiperplasia del epitelio traqueal
100 ppm de amoníaco + 200 mg/m ³ maíz pulverizado	
150 ppm de amoníaco + infección con <i>Bordetella bronchiseptica</i>	Lesiones severas al compararse con el control
50 o 75 ppm de amoníaco + infección con <i>Escherichia coli</i>	51% de bacterias retenidas en pulmones

Fuente: Done, 1991.

La ventilación y el manejo de excretas en las naves juegan un papel importante en la acumulación de gases, así también, existen variaciones durante las estaciones y es en el invierno cuando la concentración de gases aumenta, lo cual se relaciona con una deficiente ventilación de la nave (Done, 1991).

V. HIPÓTESIS

La adición de productos que contengan *Yucca schidigera* al alimento de cerdos en etapa de crecimiento y engorda, disminuirá la cantidad de gases (amoníaco, sulfuro de hidrogeno, bióxido de carbono y metano) producidos por las excretas, así como la concentración de ellos en el ambiente, lo cual ayudará al adecuado comportamiento productivo de los cerdos y no se verán afectados los parámetros hemáticos.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en Chalco, Estado de México, para el cual se utilizaron 30 cerdos línea carne (Y x L x P). El trabajo consistió en dos fases, que incluyó las etapas productivas de:

- 1) Crecimiento: En esta etapa se utilizaron cerdos con un peso promedio inicial de 40.1 ± 3.4 kg de peso vivo.
- 2) Engorda: El peso promedio inicial de los animales fue de 67 ± 4.8 kg.

Los cerdos se alojaron en jaulas elevadas de 0.75 x 1.25 m, con piso plástico y charolas inferiores colectoras de excretas, bebederos automáticos y comederos automáticos de tolva con 5 bocas, con capacidad para 60 kg de alimento. Las jaulas se colocaron con base a los tratamientos en tres casetas tipo invernadero; la estructura de las casetas era tubular con cubierta de lona, piso de cemento, y área de 75 m².

Los tres tratamientos fueron aleatorizados a las repeticiones; cada repetición se constituyó por 2 cerdos, teniendo un total de 10 cerdos por tratamiento.

Se realizó una etapa de adaptación, la cual tuvo una duración de 22 días, en la cual los cerdos se pesaron, se les tomaron muestras de sangre para evaluar el perfil hemático y bioquímico para identificar y descartar aquellos animales que no estuvieran sanos. También, se desparasitaron a todos los cerdos, para eliminar endoparásitos y ectoparásitos con previo análisis coproparasitoscópico, además de vacunar y castrar a los cerdos.

El control de temperatura fue mediante cortinas manejadas manualmente en función de la temperatura recomendada para cada etapa productiva.

Al inicio de cada fase experimental se pesaron a los cerdos, y posteriormente se realizaron pesadas semanales.

6.1. Dietas experimentales

A cada jaula se le suministraba diariamente alimento *ad libitum*, con base al tratamiento asignado. Los tratamientos fueron:

- Tratamiento 1 (T1) Dieta testigo (sorgo-soya) con 17.95% de proteína cruda (PC) para la etapa de crecimiento y 14.57% de proteína para la etapa de engorda.
- Tratamiento 2 (T2) Dieta testigo + adición de 120 g de De-Odorase por tonelada de alimento.
- Tratamiento 3 (T3) Dieta testigo + 120 g por tonelada de alimento de Amoprem.

La dieta se calculó con base en los requerimientos de cada etapa, utilizando las tablas del NRC. El contenido de nutrientes de la dieta utilizada durante la etapa de crecimiento se muestra en el Cuadro 7. Para el caso de etapa de engorda su análisis se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 7. Contenido de nutrientes de la dieta en la etapa de crecimiento (40-60 kg).

Nutriente	Porcentaje
Proteína cruda	17.951
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3.284
Calcio	0.793
Fósforo	0.642
Lisina	1.015

Cuadro 8. Contenido de nutrientes de la dieta para cerdos en engorda (60-90 kg).

Nutriente	Porcentaje
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3.261
Proteína cruda	14.567
Calcio	0.839
Fósforo	0.709
Lisina	0.908

6.3. Evaluación de los cerdos

Las variables de respuesta analizadas en las dos etapas experimentales fueron:

1. Consumo diario de alimento (CDA): Se midió a través del suministro de alimento diario y se estimó el consumo promedio diario por cerdo.
2. Ganancia diaria de peso (GDP): Se peso semanalmente para estimar la ganancia diaria de peso.
3. Conversión alimenticia (CA): Se determino mediante la ganancia de peso y el alimento consumido.

6.4. Evaluación de excretas

Se pesó la cantidad de excretas producidas al día, para lo cual se colectaron diariamente en charolas colocadas debajo de las jaulas.

Valoración de pH

Se valoró el pH de las excretas mediante varillas indicadoras (indicador universal 0-14) las cuales se sumergían durante 15 segundos al momento de colectar las excretas.

Análisis hematológico

Para su análisis se colectaron 5 ml de muestra sanguínea en tubos con anticoagulante (ácido etilendiaminotetraacético) y sin éste. La muestra sanguínea se obtuvo de la vena yugular, utilizando agujas de 21 G x 38 mm (0.8 mm x 38mm), previa inmovilización del animal, estando de pie y colocado en posición tal que permitiera tener el cuello del cerdo recto y estirado (Doxey, 1987; Benjamin, 1991; Plonait y Bick, 2001; Voigt, 2003). El muestreo se realizó cada tercer día. Las muestras se almacenaron a 4 °C en termos, para su posterior análisis en el laboratorio de diagnóstico de Policlínica Veterinaria y de Asesoría Zootécnica (POLIVET-AZ) de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco en un periodo no mayor a 4 horas. El perfil hemático consistió en la determinación de la fórmula

roja que incluye hemoglobina por el método de Cianohemoglobina, hematocrito por microcentrifugación y cuenta de glóbulos blancos en cámara de Newbauer; para la formula blanca se realizó el recuento de glóbulos blancos total en la cámara de Newbauer, y el recuento diferencial de eosinófilos, basófilos, neutrófilos, linfocitos, monocitos, y plaquetas con la tinción de Wright. Para el perfil bioquímico se determinó en suero creatinina por el método jaffé colorimétrico; glucosa trinder GOD-POD; triglicéridos GPO-PAP; colesterol CHOD-PAP; urea ortoftaldehído; proteínas totales biuret, colorimétrico y albúmina verde bromocresol utilizando reactivos SPINREACT.

6.4. Evaluación ambiental

Se midió la cantidad de gases presentes en aire dentro de cada caseta en donde se encontraban las jaulas que alojaban a los cerdos, lo cual se realizó diariamente durante las semanas de muestreo.

6.4.1 Medición de gases con bomba manual

Los gases ambientales se midieron con una bomba manual Kwik-Draw (487500) marca MSA, la cual utiliza tubos detectores de gas.

1. Amoniac: tubo detector no. 5085-845, con rango de medición de 2-600 ppm.
2. Bióxido de carbono: tubo detector no. 5085-817, rango de medición de 0.1-7%.
3. Metano: tubo detector no. 655789, con rango de medición de 5000 ppm.
4. Sulfuro de hidrogeno: tubo detector no. 5085-826, rango de medición de 1-200 ppm.

Con la finalidad de compensar la presión atmosférica se multiplicó la lectura por el factor de corrección, utilizando la siguiente formula:

$$F = \frac{760 \text{ (mm Hg)}}{\text{Presión atmosférica observada}}$$

6.4.2 Medición de la concentración de amoniaco con una Dräger

Con un detector individual de gases portátil (PAC III) se midió la concentración de amoniaco en las casetas, permitiendo realizar las mediciones de forma continua.

El protocolo seguido para la medición de la concentración de gases fue el siguiente:

- a) Se midieron gases por la mañana en el horario de las 5:00 am, con las cortinas y la nave totalmente cerradas.
- b) Las casetas se cerraban y sellaban perfectamente a las 6:00 pm del día anterior.
- c) Al entrar a las casetas se procuraba abrir un espacio pequeño de la puerta con la finalidad de evitar corrientes de aire o fugas de la concentración de gas, una vez adentro, el espacio abierto se volvía a cerrar y sellar.
- d) La Dräger se colocaba por 45 minutos al centro de la nave y a la altura de los cerdos, tiempo en el cual se efectuaban mediciones de forma periódica.

- e) En el caso de la bomba Kwik-Draw, al ser manual, se tomaba primero la muestra de aire para determinar la concentración de amoníaco, posteriormente de bióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno y metano, de igual forma al centro de la caseta y a la altura de los animales.

6.5. Determinación en excretas de gases y urea

Además de determinarse la cantidad de excretas producidas al día, se determinó la concentración de gases (metano, bióxido de carbono) mediante cromatografía, amoníaco y urea por colorimetría.

Determinación de gases por cromatografía

Para la determinación de gases en excretas por cromatografía, las excretas producidas en cada repetición se mezclaban por tratamiento, se tomaba una muestra y se formaban tres repeticiones de 500 g cada una. Se almacenaban en biodigestores los cuales se elaboraron utilizando recipientes plásticos con capacidad de 4 litros, tapa de rosca perforada para adecuar un tubo ungate y facilitar la toma de muestra de gas (3mL). Se sellaba perfectamente el recipiente con la finalidad de evitar fugas de gas.

Se almacenaron a temperatura ambiente y se tomaron muestras del gas producido a 24, 48 y 72 horas después del almacenamiento de las excretas.

Las muestras de gas se almacenaban en tubos ungate con solución salina. Para la determinación de la concentración de gas, se tomaba 1mL de muestra del tubo ungate y se introducía al cromatógrafo con detector de conductividad térmica (Grow Pac, serie 550). La determinación de gas se realizó en el Laboratorio de aguas residuales de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

Determinación de amoníaco y urea por colorimetría

Se determinó amoníaco y urea por método colorimétrico directo para lo cual se colectaron 80 gramos de excretas por repetición, las excretas se depositaban en bolsas de plástico de 15 x 30 cm, se identificaron y se almacenaron a -20 °C hasta su posterior análisis en el laboratorio de nutrición animal y microbiología del Colegio de Posgraduados, campus Montecillo.

Periodo de muestreo

Se realizó al inicio de cada etapa un período de adaptación con duración de 7 días, durante los cuales se inició el suministro de alimento con base a los tratamientos. El muestreo se realizó durante la primera y última semana de las dos etapas experimentales, con la finalidad de analizar en el laboratorio las muestras almacenadas durante los días de muestreo. Las fechas y duración de cada etapa (Cuadro 9) se realizaron de la siguiente manera:

Cuadro 9. Periodo de muestreo en la etapa de crecimiento y engorda.

<i>Etapa de crecimiento</i>	Duración
Período de adaptación	23 - 29 de mayo
Semana de muestreo	30 de mayo - 5 de junio
Análisis de muestras	6 -12 de junio
Análisis de muestras	13 -19 de junio
Semana de muestreo	20 - 26 de junio
<i>Etapa de engorda</i>	
Período de adaptación	29 de junio - 5 de julio
Semana de muestreo	6 - 12 de julio
Análisis de muestras	13 - 19 de julio
Análisis de muestras	20 - 26 de julio
Semana de muestreo	27 de julio - 3 de agosto

En el periodo experimental se midió el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, y producción de excretas y sólo durante las semanas de muestreo se tomaron muestras sanguíneas, de excretas, gases en ambiente y pH en excretas.

6.11. Análisis estadístico

Se realizaron 2 experimentos, uno en la fase de crecimiento y otro en la fase de engorda. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con tres tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento, cuyo modelo es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, perfil bioquímico y hemático, gases en ambiente, gases en excretas)

μ = Media general

τ_i = Tratamiento, (T1= Testigo, T2 = De-Odorase, T3 = Amoprem)

ε_{ij} = Error experimental

Con base a éste modelo y el programa SAS (Statistical Analysis System, 1998), a través del procedimiento GLM y LSMEANS se realizó el Análisis de Varianza y las comparaciones de medias se realizaron con la prueba de Tukey ajustada (Steel *et al.*, 1997).

Para establecer los límites de referencia utilizados en el perfil bioquímico y hemático se utilizaron los resultados de los niveles obtenidos en los cerdos del tratamiento1, para lo cual

se realizaron intervalos de confianza (Lohr, 1999) al 95% con base en la distribución "t" de Student.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Indicadores productivos

Los datos obtenidos en indicadores productivos como ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, peso inicial y peso final se discuten a continuación para cada una de las dos etapas productivas.

7.1.1. Etapa de crecimiento

La ganancia diaria de peso (GDP), ganancia de peso total (GPT), el consumo diario de alimento (CDA) y el peso inicial presentaron diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$). El peso inicial de los animales mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos, a pesar de que los animales en talla eran similares, debido a que durante el periodo de adaptación al manejo e instalaciones se realizó la castración de los machos y el lote de animales experimentales inició su adaptación al nuevo alimento con el extracto de *Yucca schidigera*. Sin embargo, al realizar el análisis de covarianza, el peso inicial no afectó el peso final, mismo que no mostró diferencia ($p > 0.05$) entre tratamientos.

Los resultados de los indicadores productivos en la etapa de crecimiento se muestran en el Cuadro 10. La GDP fue similar en T1 y T3 (832 y 747 g respectivamente), mientras que T2 obtuvo ($p < 0.05$) el valor mas bajo (673 g) obteniéndose una diferencia de 159 g de peso al compararse con T1. En el caso de los tratamientos con *Yucca schidigera* no existieron diferencias entre ellos ($p > 0.05$). Con respecto a GPT los resultados muestran un mayor valor en T1 con respecto a T2 (23.32 y 18.85 kg), no existiendo diferencias entre T2 y T3. Con respecto a conversión alimenticia (CA) no existieron diferencia entre tratamientos ($p > 0.05$), esto indica que el adicionar extracto de *Yuca schidigera* a la dieta no mejoró esta variable. Se observó una tendencia numérica mayor al obtener una CA en T2 de 13.04% más, comparado con T1 y 8.70% comparándola con T3.

Con base en los resultados obtenidos en el estudio, se puede mencionar que los indicadores productivos en esta etapa fueron superiores a los reportados por Mader y Brumm (1987), quienes experimentando con cerdos en la etapa de crecimiento y engorda, alimentados con una dieta adicionada con extracto de *Yucca schidigera*, no encontraron diferencias en GDP (510 g) y CDA (1.240 kg), exceptuando en CA (2.4), la cual puede es similar al valor de T1 y T3 obtenidos en este estudio.

Los resultados obtenidos por Mader y Brumm en 1987 muestran diferencias con los indicadores productivos informados en este trabajo, considerando que las características genéticas de ganancia de peso, velocidad de crecimiento y canales magras han sido mejoradas en 20 años. Por su parte, O'Connell *et al.* (2005a) obtuvieron GDP de 968 g/día, CDA de 1,967 g/día y CA de 2.05. Estos últimos datos a pesar de no corresponder a trabajos con el uso de *Yucca schidigera*, permiten observar diferencias con los obtenidos en este estudio, ya que todos estos indicadores fueron superiores a los reportados por O'Connell *et al.* (2005). Lo anterior puede ser consecuencia de diferentes sistemas de manejo y alojamiento de los cerdos, los cuales modifican la GDP, el CDA y por tanto la

CA. Lo anterior se evidenció en el mismo trabajo de O'Connell *et al.* (2005b), en donde usando corrales con 6 cerdos produjeron GDP de 792 g/día y CA de 2.32. Sin embargo, es necesario juzgar esta información con relación a los tratamientos aplicados en éste estudio, ya que estos datos son comparables tan sólo con CDA y CA de T1, y al adicionar *Yucca schidigera* en T2 y T3, los indicadores son menos eficientes, así como la GDP es menor en T2 y T3.

Foster (1983a) evaluó GDP, CDA y CA de 312 cerdos en crecimiento al adicionar en la dieta cuatro niveles de inclusión (0, 31.2, 62.5 y 125 ppm) de extracto de *Yucca schidigera*, obteniendo 0.64, 2.19, 3.44; 0.66, 2.27, 3.46; 0.67, 2.27, 3.42 y 0.65, 2.25, 3.46 en GDP, CDA y CA respectivamente en los cuatro niveles de inclusión de *Yucca*. Obteniendo mejores resultados en el nivel de inclusión de 62.5 ppm al mejorarse las ganancias de peso en un 5% y consumos mayores de 4% al compararse con el tratamiento testigo, pero si se comparan los resultados obtenidos en cualquiera de los obtenidos en los cuatro niveles de inclusión los datos de éste estudio, los indicadores son menores como en el caso de Mader y Brumm en 1987.

Es importante mencionar, que los ingredientes utilizados en las dietas pueden afectar los rendimientos de los cerdos, como lo señalan Thacker y Newkirk (2004) quienes utilizaron diferentes fuentes de proteína (canola y soya), obteniendo mejores resultados con soya (920 g de GDP y CA de 2.15), mientras que con canola las GDP fueron de 850 y CA de 2.30. Al compararlos con la dieta utilizada en este estudio, la cual se elaboró a base de sorgo-soya, se puede deducir que la GDP fue menor en los 3 tratamientos.

Cuadro 10. Medias de indicadores productivos de cerdos en etapa de crecimiento.

Indicador	T1	T2	T3	EEM
	Testigo (dieta estándar)	Testigo + De-Odorase	Testigo + Amoprem	
Periodo (días)	28	28	28	
Peso inicial (kg)	39.34 ^b	42.65 ^a	38.27 ^b	0.72
Peso final (kg)	56.80 ^a	56.10 ^a	52.15 ^a	1.28
GDP (g)	832 ^a	673 ^b	747 ^{ab}	34.0
GPT (kg)	23.32 ^a	18.85 ^b	20.93 ^{ba}	0.97
CDA (kg)	1.84 ^a	1.76 ^{ab}	1.65 ^b	0.05
CA	2.3 ^b	2.6 ^a	2.4 ^b	0.16

^{a,b,c}Medias con distinta literal en hilera son estadísticamente diferentes (p<0.05).

GDP: Ganancia Diaria de Peso.

GPT: Ganancia de Peso Total.

CDA: Consumo Diario de Alimento.

CA: Conversión Alimenticia.

EEM: Error estándar de la media.

Sin embargo, Cromwell *et al.* (2005) señalan que la GDP, en cerdos en crecimiento, puede ser de 730 g al día, CDP de 1.85 kg al día y CA de 2.54, variables que al compararse con el presente trabajo, muestran que sólo T2 tiene un menor rendimiento.

7.1.2. Indicadores productivos etapa de engorda

Para el peso inicial y final en la etapa de engorda (Cuadro 11) no se observaron diferencias entre tratamientos ($p>0.05$). Lo mismo se observó para los indicadores productivos evaluados (GPD, GTP, y CDA), no encontrándose diferencias entre los tratamientos testigo y los que contenían extracto de *Yucca schidigera* ($p>0.05$). En esta fase, la menor conversión se obtuvo en T3 (2.9), aunque estadísticamente no existieron diferencias entre tratamientos ($p>0.05$). Los resultados obtenidos coinciden parcialmente con Mader y Brumm (1987), pues ellos no encontraron diferencia en ninguno de los indicadores productivos evaluados. Estos investigadores obtuvieron una GDP de 670 g, CDA de 2.21 kg y una CA de 3.32. Así también, Foster (1983a) no encontró diferencias entre tratamientos al adicionar extracto de *Yucca schidigera* con cuatro niveles de inclusión teniendo una mejora de GDP, CDA y CA con la inclusión de 62.5 ppm, obteniendo 0.750 y 2.42 kg y 3.23 respectivamente, los datos obtenidos en este trabajo son similares (0.75, 2.18 kg y 3.07 en GDP, CDA y CA en promedio para los tres tratamientos) a los reportados por Foster (1983a), sin embargo si se considera que el peso final de los cerdos de este trabajo fue 7.8 kg menos, los indicadores fueron mejores. En otro trabajo Foster (1983b) obtuvo GDP de 0.80, CDA de 2.47 kg y CA de 3.09 concluyendo que los cerdos alimentados con extracto de *Yucca* ganan más peso y son más eficientes comparados con los cerdos del grupo testigo. En este sentido Duffy y Brooks (1998) señalan que con la adición de extracto de *Yucca* se puede mejorar la GDP incrementándose 52 g/día en los cerdos suplementados con De-Odorase.

Es importante señalar, que en otras especies no rumiantes, donde se utiliza *Yucca schidigera*, no se observaron efectos en las variables GDP, GDA y CA (Kaya *et al.* 2003). Kocaoğlu, (2003) al respecto menciona que al adicionar el extracto de *Yucca* en diferentes concentraciones en la dieta de codornices, no observo que se afectara significativamente el rendimiento productivo, sin embargo encontró que el consumo de alimento disminuyó en un 7.20%.

Cuadro 11. Medias de indicadores productivos de cerdos en etapa de engorda.

Indicador	T1	T2	T3	EEM
	Testigo (dieta estándar)	Testigo + De-Odorase	Testigo + Amoprem	
Periodo (días)	28	28	28	
Peso inicial (kg)	68.75 ^a	67.75 ^a	65.00 ^a	1.30
Peso final (kg)	88.76 ^a	89.76 ^a	86.12 ^a	1.83
GDP (g)	714 ^a	786 ^a	754 ^a	33.00
GPT (kg)	20.01 ^a	22.01 ^a	21.12 ^a	0.94
CDA (g)	2.16 ^{ab}	2.31 ^a	2.06 ^b	0.06
CA	3.2 ^a	3.1 ^a	2.9 ^a	0.10

^{a,b,c}Medias con distinta literal en hilera son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).

GDP: Ganancia Diaria de Peso.

GPT: Ganancia de Peso Total.

CDA: Consumo Diario de Alimento.

CA: Conversión Alimenticia.

EEM: Error estándar de la media.

Por su parte Leek *et al.* (2004), Portejoie *et al.* (2004), Lyberg *et al.* (2005) y Li *et al.* (2005) obtuvieron GDP entre 840 y 908 g/día y CA de 2.35 en la fase de engorda. Lo anterior indica que los tratamientos del presente estudio tuvieron una GDP menor en 157 g y una CA mayor 0.85.

Es evidente que al comparar los datos de GDP y CA reportados por Mader y Brumm en 1987, utilizando *Yucca schidigera*, los valores de éste trabajo son similares, pero al compararlos con información reciente se observa que los mismos indicadores son inferiores a los valores reportados, lo cual puede deberse a una diferente línea genética, niveles mayores de proteína (20 vs 14.5) y distintos sistema de alojamiento y manejo, con respecto a este estudio.

7.2. Evaluación de excretas

Al evaluar las variables de producción diaria de excretas (PDE), producción total de excretas (PTE) y pH de las excretas, no se evidenció ningún efecto de la adición de *Yucca schidigera*, como lo muestran los resultados de los Cuadro 12 y 13.

7.2.1. Producción diaria y total de excretas de cerdos en crecimiento

En el caso de la etapa de crecimiento, los tratamientos no mostraron diferencias en las variables antes señaladas ($p > 0.05$), no obstante lo anterior el comportamiento de PDE y PTE siguió el mismo patrón del consumo de alimento en los tratamientos (Figura 1). Por lo tanto los valores de excreción total fueron para T1 9.70% mayor que T3 y 2.36% más que T2. Sin embargo, la diferencia encontrada entre los tratamientos que utilizaron *Yucca schidigera* (T2 y T3), fue de tan solo 7.51%. A pesar de que ambos tratamientos (T2 y T3) contienen *Yucca schidigera*, no se observa similitud de consumos, además de que en éstos dos tratamientos los consumos son menores a T1 al cual no contenía extracto de *Yucca schidigera*.

Cuadro 12. Medias de producción y pH de excretas de cerdos en etapa de crecimiento

Indicador	T1	T2	T3	EEM
	Testigo (dieta estándar)	Testigo + De-Odorase	Testigo + Amoprem	
PDE (kg)	2.33 ^a	2.27 ^a	2.10 ^a	0.25
PTE (kg)	65.13 ^a	63.59 ^a	58.81 ^a	7.01
pH de excretas	7.00 ^a	7.00 ^a	7.40 ^a	0.14

^{a,b,c}Medias con distinta literal en hilera son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

PDE: Producción Diaria de Excretas.

PTE: Producción Total de Excretas.

EEM: Error estándar de la media.

Por su parte, la magnitud del coeficiente de variación (25%) sugiere que existe una amplia variabilidad entre tratamientos, en las diferentes variables evaluadas en excretas. Estas tendencias muestran que la producción de PDE fue numéricamente mayor en T1 (2.33 kg) seguida de T2, al cual se adicionó De-Odorase (2.27 kg de excretas producidas), siendo la más baja en T3 en el cual se utilizó Amoprem (2.10 kg de excretas). Por ello, PTE durante el periodo experimental se comportó de forma similar a PDE.

Es importante señalar que, en la fase de crecimiento, se observó que los tratamientos con *Yucca schidigera* tienden a disminuir el consumo de alimento y esto a su vez la producción de excretas, aunque los datos no muestran diferencia ($p>0.05$). No obstante lo anterior la información obtenida en este trabajo no concuerda con los datos obtenidos por Mader y Brumm (1987), Cole y Tuck (1995), Duffy y Brooks (1998), Katsunuma *et al.* (2000) quienes señalan que el uso de *Yucca schidigera* favorece el consumo voluntario, la ganancia de peso y mejora la conversión alimenticia.

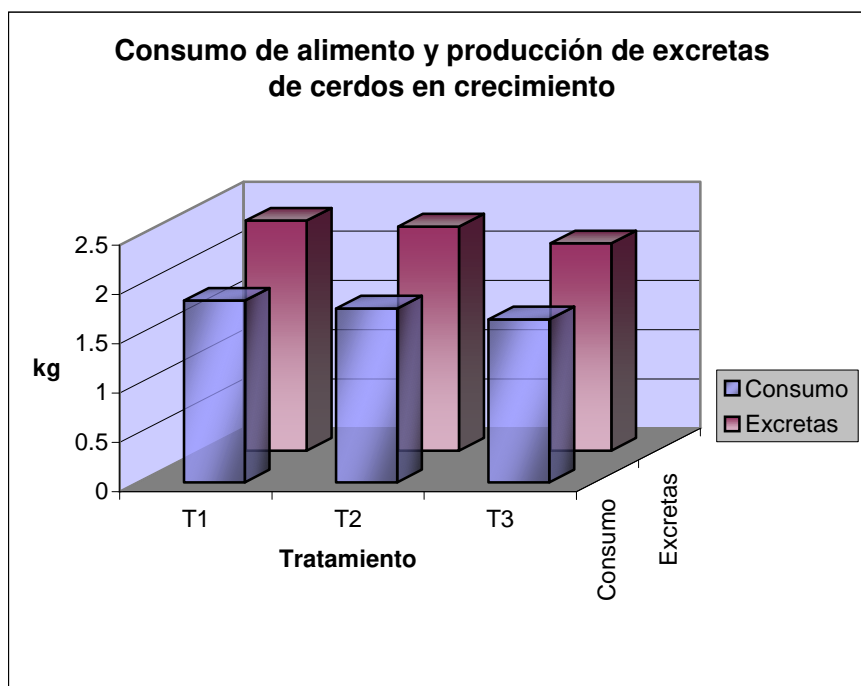


Figura 1. Consumo de alimento y producción de excretas.

7.2.2. Producción diaria y total de excretas de cerdos en engorda

En la etapa de engorda tampoco se encontró diferencias ($p>0.05$) en las variables de excreción, aunque en ésta el patrón de PDE y PTE fue mayor en orden descendiente en T2, T1 y T3 respectivamente (Cuadro 13). Sin embargo, en PTE se incrementaron 11.88 kg en T2 al compararse con T1 y en el caso de T3 existió una disminución de 6.98 kg de excretas, comparado con T1. Los resultados obtenidos en esta etapa no mostraron la misma tendencia que la etapa de crecimiento, en la cual los tratamientos adicionados con extracto de *Yucca schidigera* fueron los que presentaron la menor cantidad de excretas producidas.

Cuadro 13. Medias de producción y pH de excretas de cerdos en etapa de engorda.

Variables	T1	T2	T3	EEM
	Testigo (dieta estándar)	Testigo + De-Odorase	Testigo + Amoprem	
PDE (kg)	2.69 ^a	3.12 ^a	2.45 ^a	0.20
PTE (kg)	75.38 ^a	87.26 ^a	68.40 ^a	5.65
pH de excretas	7.80 ^a	7.20 ^a	7.20 ^a	0.20

^{a,b,c}Medias con distinta literal en hilera son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

PDE: Producción Diaria de Excretas.

PTE: Producción Total de Excretas.

EEM: Error estándar de la media.

En la Figura 2, se puede observar que el consumo de alimento y la producción de excretas muestran un comportamiento similar en los diferentes tratamientos, es decir, los cerdos que consumen más, excretan más.

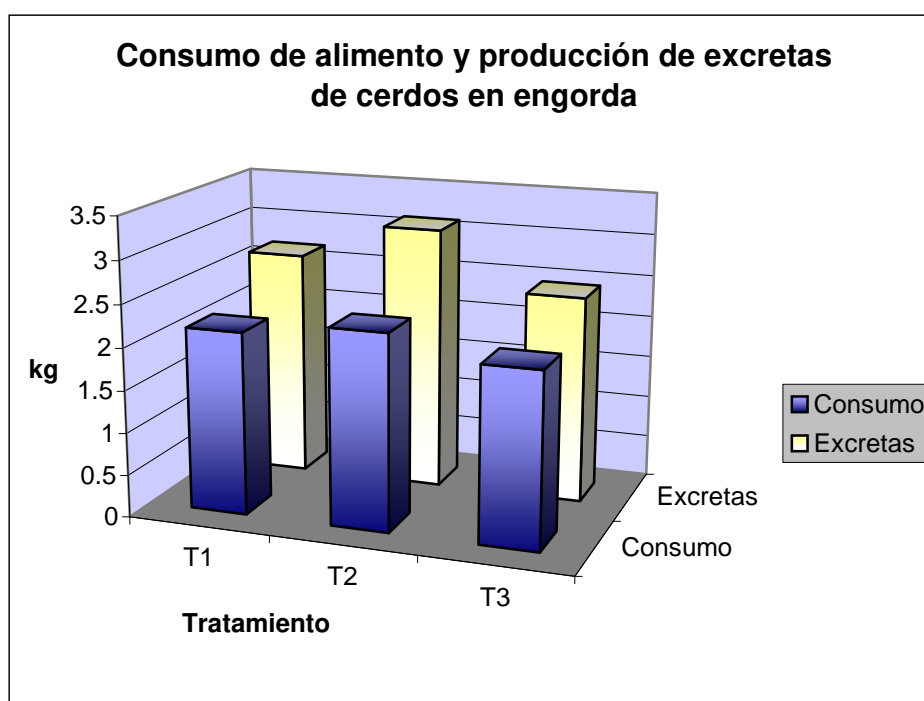


Figura 2. Consumo de alimento y producción de excretas.

Los cerdos en la etapa de crecimiento y engorda, según Pérez (1998) producen en excretas el 7% de su peso vivo. Sin embargo, en ambas etapas de este estudio fue menor a este valor, en la etapa de crecimiento, los cerdos sólo excretan 4.05% y en engorda el porcentaje fue de 3.11. En el mismo sentido, Whittemore *et al.* (1993) refiere que cerdos en crecimiento excretan 2 kg al día y English *et al.* (1992) menciona que en la etapa de finalización o engorda la producción de excretas es de 4.3 kg al día.

Al respecto Cervantes y Yescas (2004) mencionan que cerdos de 13 semanas de edad y 54.26 kg de peso vivo (etapa de crecimiento) generan 2.93 kg de desechos, éstos valores

están más cercanos a los obtenidos en la etapa de crecimiento y difieren en 600 g con T1, 660 g con T2 y 830 g en T3. Para animales de 18 semanas y 85 kg de peso (etapa de engorda) la producción de excretas es de 3.69 kg, variando con 1,000 kg en T1, 0.570 kg para T2 y 1,200 kg en T3. A pesar de ello los valores de éste trabajo se encuentran en los rangos que se reportan en la literatura.

Entre los factores alimenticios que influyen en los niveles de excreción de los cerdos se encuentra principalmente la cantidad de proteína bruta, la fibra, la adición de grasa en la dieta, el consumo y la digestibilidad de la dieta, Voermans *et al.* (1994) refieren que el volumen producido de excretas también es resultado directo de la cantidad de agua consumida y que el tipo de bebedero, la limpieza y el volumen, también son importantes en la excreción. Además, se ha observado que al reducirse la proteína en la dieta se disminuye la ingesta de agua de los cerdos. El trabajo de Pfeiffer y Henkel, realizado en 1991, mostró que en dietas con alta proteína, se obtiene un 26% más en el consumo de agua y que ello ocasiona un incremento del 54% en la cantidad de orina. En el mismo sentido, Portejoie *et al.* (2004) realizaron dos pruebas, encontrando que dietas bajas en proteína cruda (20 a 12%) reducen de un 26.6 a 37% la cantidad de excretas. Por su parte, Canh *et al.* (1998) obtuvieron cantidades similares de excretas, no encontrando diferencias entre tratamientos, porque no se permitió libre acceso al agua, ya que se fijó la cantidad de agua que consumieron los animales, permitiendo que esto no influyera en la cantidad de excretas producidas.

Además de que Wanh *et al.* (2004) reportaron que la cantidad de excretas de cerdos en crecimiento, está influenciada por el contenido fibroso de la dieta, el tipo de fuente energética. También, Leek *et al.* (2004) evaluaron la inclusión de aceite de palmera y de soya en la cantidad de excretas producidas, obteniendo en la dieta testigo (sorgo-soya) 3.12 kg/día y 3.64 kg/día de excreta en dietas con aceite de soya o palma.

Por su parte Honeyman (1993) y Lenis y Joengbloed (1994) confirman que la composición y la cantidad de excretas, está en función de la calidad de los ingredientes, tipo de procesamiento de los alimentos, cantidad de alimento consumido, sistema de alimentación y potencial genético de los animales.

Es importante establecer que Cheeke, (2000) y Kaya *et al.* (2002) indican que la *Yucca* tienen efecto en la absorción de nutrientes, por la acción que ejercen las saponinas, las cuales son sustancias que tienen capacidad surfactante que incrementa la permeabilidad de la pared intestinal, lo cual sugiere la posibilidad de que exista efecto en la eficiencia alimenticia y por tanto en la cantidad de excretas producidas.

7.2.3. pH de excretas

En el caso del pH de las excretas, no existieron diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos, en la etapa de crecimiento (Cuadro 12). Sin embargo, en la etapa de engorda, éste fue ligeramente más alcalino en T1 que en T2 y T3 aunque estos últimos fueron iguales (Cuadro 13) y los tres tratamientos no mostraron diferencias ($p > 0.05$). Colina *et al.* (2001) señalan que el pH de las excretas es de 6.7 y Sutton *et al.* (1999) reportan que pueden obtenerse pH de hasta 8.13 en cerdos en engorda y reproductores, estas diferencias, señalan

los autores, se debe al tipo de dieta y a los niveles de proteína, los cuales influyen aumentando la alcalinidad de manera considerable. Al respecto Canh *et al.* (1998) reportaron pH de 6.84 en heces, 7.48 en orina y 7.64 en excretas para dietas a base de granos, y 6.85, 8.19 y 7.80 en dietas con harina de soya, girasol y tapioca respectivamente. Si bien, en otro trabajo Canh *et al.* (1998b) reportan, en machos castrados de 55 kg de peso, valores de pH de 9.14 en excretas con dietas de 16.5% de proteína cruda (PC) y de 8.16 en dietas con 12.5% de PC.

McCrorry y Hobbs (2001) mencionan que el pH de las excretas puede influir en la concentración de gases y entre más alcalino sea éste, la generación y volatilización es mayor. Se estima que cuando el valor de pH en las excretas es de 6, 7, 8 y 9, la emisión de amoníaco es aproximadamente de 0.1, 1, 10 y 50%, respectivamente. Por otra parte se puede observar que la volatilización de amoníaco en las excretas se detiene a un pH de 5.0 (Molloy y Tunney, 1983).

De acuerdo con los trabajos antes mencionados el pH difiere principalmente por las dietas y la cantidad de proteína utilizada en estas, sin embargo con dietas sorgo-soya con 17.95% de PC para cerdos en la etapa de crecimiento y 14.57% de PC en la etapa de engorda, el pH que se obtuvo en promedio fue de 7.13 y 7.3 para cada una de las dos etapas. Además de que los resultados muestran que no existió una disminución clara que indique que el extracto de *Yucca* contribuye a que el pH de las excretas sea menos alcalino, el uso contribuyó a disminuir la liberación de amoníaco proveniente de las excretas.

7.3. Valoración hemática

La valoración hemática consistió en perfil bioquímico y hemático realizado a los cerdos de las dos etapas productivas, los resultados se describen a continuación.

7.3.1. Perfiles bioquímicos

Se realizaron perfiles bioquímicos de siete elementos, para las dos etapas productivas (crecimiento y engorda).

7.3.1.1. Glucosa

Los valores obtenidos en ambas etapas (Cuadro 14 y 15) no mostraron diferencia ($p > 0.05$). Dubreuil *et al.* (1990) establecieron valores de glucosa en cerdos en crecimiento en el rango de 6.05 a 8.41 mmol/l. Al comparar los datos anteriores con los límites de referencia obtenidos en este trabajo para la etapa de crecimiento, se observó que son similares (6.05 a 6.69 mmol/l).

En el caso de la etapa de engorda (Cuadro 15) los valores mostraron ser iguales estadísticamente ($p > 0.05$) y encontrarse dentro del límite de referencia. Sin embargo T2, mostró una disminución del 1.41% de glucosa sanguínea en la etapa de engorda. En 1984, Friendship *et al.* obtuvieron niveles de 3.5 a 7.4 mmol/l de glucosa en suero sanguíneo, lo cual hace ver que pueden existir límites de referencia amplios en los valores de glucosa sanguínea en cerdos en engorda. Con respecto al uso de *Yucca schidigera*, Kaya *et al.*

(2003) observaron que la concentración de glucosa sanguínea disminuye al usar este producto en dietas para codornices.

7.3.1.2. Triglicéridos

Los niveles de triglicéridos mostraron en los cerdos en crecimiento estar dentro de los valores de referencia, sin embargo, si se compara con los límites de referencia reportados por Dubreuil *et al.* (1990) quienes establecieron niveles de 0.66-1.18 mmol/l, se muestra un 28 a 50% menos el nivel de triglicéridos en este trabajo, lo cual puede ser atribuido a la técnica de diagnóstico utilizada en el laboratorio, así como al procedimiento de muestreo, dieta, sexo y línea genética de los cerdos. Los cerdos alimentados en este trabajo con la adición de *Yucca schidigera* tuvieron diferencias ($p < 0.05$) ya que mostraron que el uso de la *Yucca* disminuye los triglicéridos sanguíneos en un 31.9% y 29.7% dependiendo del producto utilizado (De-Odorase o Amoprem respectivamente).

En la etapa de engorda existió diferencia ($p < 0.05$), obteniéndose 0.36, 0.31 y 0.35 mmol/l para T1, T2 y T3 respectivamente. Además se observó que los valores antes señalados se encuentran dentro de los límites de referencia establecidos para este trabajo (Cuadro 15), así como para los señalados por Swindle *et al.* (2003), quienes establecieron límites de referencia para triglicéridos de 0.22-0.46 mmol/l.

7.3.1.3. Colesterol

El colesterol disminuyó en 7.19% y 5.76% en los cerdos con tratamientos que tuvieron *Yucca schidigera*, además de encontrarse dentro de los límites de referencia establecidos para este metabolito en los cerdos utilizados en este trabajo, lo cual significa que el uso de *Yucca* no afecta los niveles de colesterol en la fase de crecimiento. Al comparar los resultados (81.27-1.51 mmol/l) con los de Dubreuil *et al.* (1990), que fueron de 2.96-3.35 mmol/l, se observa que los resultados de éste trabajo se encuentran por debajo de esa concentración, aunque es importante señalar que la técnica y factores de raza, sexo y edad pudieran ser las razones de estas diferencias.

En el caso de la etapa de engorda no existieron diferencias entre tratamiento ($p > 0.05$), los valores obtenidos para colesterol fueron de 1.42 mmol/l en T1, 1.32 mmol/l en T2 y 1.42 mmol/l en T3, resultando menor en un 2.82% en T2 al compararse con el tratamiento T1 y T3. En el mismo sentido, los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites de referencia establecidos para este trabajo, los cuales a su vez son similares a los reportados por Friendship *et al.* (1984) aunque este último amplía el rango hasta 3.32 mmol/l de colesterol.

Por su parte Kaya *et al.* (2003) encontraron una disminución en los niveles de glucosa, triglicéridos, albúmina y colesterol, por la adición de extracto de *Yucca* en dietas para codornices, atribuyendo la reducción a la actividad de las saponinas, las cuales incrementan la excreción fecal biliar y disminuyen la tasa de absorción por la formación de grandes micelas con ácidos biliares, además de que reducen la absorción de colesterol en el intestino delgado. En el mismo sentido, Cheeke, (2000) menciona que las saponinas forman complejos insolubles con el colesterol y micelas con los esteroides, como ácidos del colesterol y de la bilis, y que la porción hidrofóbica de la saponina se asocia al núcleo

hidrofóbico de los esteroides en una agregación micelar propiciando que las saponinas ligan al colesterol en la bilis evitando su absorción en el intestino. Lo anterior explica el efecto de la disminución del colesterol en el suero de los cerdos alimentados con el extracto de *Yucca schidigera*.

Cuadro 14. Medias de los valores obtenidos en el perfil bioquímico de cerdos en la etapa de crecimiento.

Elemento	Límites de referencia	T1	T2	T3	EEM
		Testigo (dieta estándar)	Testigo + De-Odorase	Testigo + Amoprem	
Glucosa (mmol/l)	6.05-6.69	6.37 ^a	6.15 ^a	6.07 ^a	0.18
Triglicéridos (mmol/l)	0.34-0.60	0.47 ^a	0.32 ^b	0.33 ^b	0.04
Colesterol (mmol/l)	1.27-1.51	1.39 ^a	1.29 ^b	1.31 ^b	0.03
Creatinina (mmol/l)	61.02-80.76	69.12 ^a	68.16 ^a	64.97 ^a	4.24
Urea (mmol/l)	3.65-4.35	3.95 ^a	3.84 ^b	3.67 ^c	0.07
Proteína total (g/dl)	4.42-5.12	4.77 ^a	4.76 ^a	4.78 ^a	0.11
Albumina (mmol/l)	596.25-653.21	624.55 ^a	647.54 ^a	638.35 ^a	20.29

^{a,b,c}Medias con distinta literal en hilera son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

EEM: Error estándar de la media.

7.3.1.4. Creatinina

Los niveles de creatinina no mostraron diferencias entre tratamientos ($p > 0.05$) en ninguna de las dos etapas evaluadas. Existió una tendencia a una reducción de 1.39 y 6.00% en los tratamientos con *Yucca* con respecto al testigo.

Duffy y Brooks (1998) adicionaron *Yucca* al alimento de cerdos en etapa de crecimiento y observaron que los niveles de creatinina aumentaron en un 22% con el uso de este producto, notando que los cerdos ganaban más peso y en consecuencia masa muscular, con su consecuente reducción de 15% en el grosor de la masa dorsal. Sin embargo, en este trabajo no se observó mayor ganancia de peso en las etapas evaluadas.

Aunque la concentración de creatinina en las dos etapas productivas evaluadas está dentro de los límites de referencia, los niveles aumentaron en cerdos en engorda, lo cual se atribuye a la relación de la masa muscular de un cerdo con mayor peso y el incremento en la creatinina (Duffy *et al.*, 2001).

7.3.1.5. Urea

En la etapa de crecimiento no se observaron diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos y los niveles se encontraron dentro de los límites de referencia. Sin embargo, en engorda existió diferencia ($p < 0.05$), ya que el tratamiento con Amoprem (T3) mostró un valor menor al de urea en cerdos alimentados con De-Odorase (T2) y con los del tratamiento testigo (T1).

La reducción de urea en T2 fue de 7.16%, sin embargo, el valor de urea en T3 está por debajo de los límites de referencia (Cuadro 15). Friendship *et al.* (1984) reportaron niveles de urea sanguínea en cerdos de engorda de 2.90-8.89 mmol/l, rango por demás amplio, comparado con el calculado en este trabajo (4.36-4.86 mmol/l) esta variación se atribuyó a

las técnicas empleadas para su determinación, a pesar de esto los valores de referencia de urea en cerdos de la misma etapa estuvieron dentro de los reportados por los autores antes señalados.

La literatura indica que entre los efectos de la utilización de extracto de *Yucca schidigera* se encuentra una mejora en el metabolismo del nitrógeno, incluyéndose la reducción de urea y amoniaco en el suero sanguíneo. Además, en general los niveles de urea en el suero tienden a bajar con el uso de extracto de *Yucca schidigera* (Duffy y Brooks, 1998). Cheeke (2000) refiere que el extracto de *Yucca schidigera* altera la función del riñón, y se aumenta el índice de la separación de la urea, permitiendo reducir la concentración en sangre de urea y amoniaco. Por su parte Ryan y Quinn (1999) menciona que gran parte del amoniaco en sangre es convertido en urea en el hígado, una parte es reciclada en el cuerpo y la otra es excretada en la orina. En el caso de Duffy *et al.* (2001) reportaron que la urea en suero sanguíneo de ratas, se redujo en un 21% al suplementar con extracto de *Yucca schidigera*, pero se eleva la concentración de creatinina, como se mencionó anteriormente, esto se atribuye al incremento de la masa muscular de los animales. Duffy y Brooks (1998) al suplementar con extracto de *Yucca schidigera* en la dieta de cerdos, obtuvieron una reducción del 21% en urea sérica en comparación con el testigo.

Sin embargo, Colina *et al.* (2001) al evaluar los niveles de urea en plasma de cerdos destetados alimentados con De-Odorase, no encontraron diferencias entre tratamientos.

Cuadro 15. Medias de los valores obtenidos en el perfil bioquímico de cerdos en la etapa de engorda.

Elemento	Límites de referencia	T1	T2	T3	EEM
		Testigo (dieta estándar)	Testigo + De-Odorase	Testigo + Amoprem	
Glucosa (mmol/l)	5.69-6.54	6.12 ^a	5.61 ^a	6.15 ^a	0.17
Triglicéridos (mmol/l)	0.31-0.41	0.36 ^a	0.31 ^b	0.35 ^b	0.02
Colesterol (mmol/l)	1.31-1.55	1.42 ^a	1.38 ^a	1.42 ^a	0.08
Creatinina (mmol/l)	118.26-158.60	140.56 ^a	131.09 ^a	120.28 ^a	5.60
Urea (mmol/l)	4.36-4.86	4.61 ^a	4.65 ^a	4.28 ^b	0.10
Proteína total (g/dl)	5.04-5.36	5.50 ^a	5.36 ^b	5.47 ^a	0.04
Albúmina (mmol/l)	719.27-765.25	754.47 ^a	769.36 ^a	779.98 ^a	12.55

^{a,b,c}Medias con distinta literal en hilera son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

EEM: Error estándar de la media.

7.3.1.6. Proteína Total

El nivel de proteína total sérica no mostró diferencia entre tratamientos ($p > 0.05$) en la etapa de crecimiento, además de observarse que los valores obtenidos se encuentran en el límite de referencia. Al compararse con los reportados por Dubreuil *et al.* (1990) los niveles (6.46-7.16 g/dl) son menores a dicho límite.

En la etapa de engorda se presentaron diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos, siendo T1 y T3 los que mostraron valores superiores a los límites de referencia de este estudio. Friendship *et al.* (1984) mostraron valores similares (4.4-7.4 g/dl) a los obtenidos en este

estudio. Kaya *et al.* (2003) y Kocaoğlu, (2003) por su parte no reportaron cambios en los niveles de proteína total sérica, ésto en codornices alimentadas con extracto de *Yucca*.

7.3.1.7. Albúmina

En ambas etapas evaluadas no se encontró diferencia en los niveles de albúmina sérica ($p > 0.05$), aunque los tratamientos que utilizaron *Yucca* mostraron niveles superiores al compararse con el testigo de cada etapa. Sin embargo, en la etapa de crecimiento los tres tratamientos estuvieron dentro de los límites de referencia (596.25-653.21 mmol/l). Pero en la etapa de engorda los tratamientos con extracto de *Yucca* mostraron valores menores a los límites de referencia. Kaya *et al.* (2003) refirieron que el extracto de *Yucca* puede disminuir los niveles de albúmina sérica, debido a la actividad de las saponinas ya antes mencionado. Los resultados de Kocaoğlu (2003) al adicionar extracto de *Yucca* en la dieta de codornices coinciden con los de Kaya *et al.* (2003) que a pesar de que muestran que no existieron diferencias estadísticas entre tratamientos, existió una ligera disminución de los niveles de albúmina.

De acuerdo a la evaluación realizada en las dos etapas de producción se reconoce en general, por medio de los valores obtenidos en perfil bioquímico los metabolitos analizados no se alteraron por la adición de extracto de *Yucca schidigera* y por tanto no altera clínicamente la salud de los cerdos.

7.3.2. Hemograma

Los resultados obtenidos de hemograma se muestran en los Cuadros 16 y 17, en los cuales se observa que los valores no mostraron diferencias ($p > 0.05$) por la adición de extracto de *Yucca* en la dieta de cerdos en crecimiento. En la etapa de engorda existió diferencia ($p < 0.05$) en hemoglobina, neutrófilos segmentados y monocitos (Cuadro 17).

7.3.2.1. Hemoglobina (Hb)

Los valores de hemoglobina de los cerdos en crecimiento no mostraron diferencias entre tratamientos ($p > 0.05$). Se observó que los valores obtenidos se encuentran entre los límites de referencia (Cuadro 16). En el caso de los cerdos de engorda los valores mostraron diferencias ($p < 0.05$), ya que los cerdos alimentados con dietas que contienen *Yucca schidigera*, tuvieron un aumento en los niveles de Hb.

Al compararse los valores de los tratamientos con los límites de referencia reportados por Benjamín (1991) en cerdos en crecimiento (10.03 g /dl) se observó que los valores de este trabajo fueron superiores (Cuadro 16). En engorda los límites de referencia fueron de 17.34-20.63 g/dl, estos valores reflejaron un nivel superior al reportado por Friendship *et al.* (1984) el cual es de 10 a 15 g /dl de Hb.

Las diferencias entre estos valores pueden ser debidas a la técnica utilizada para la obtención de los niveles de Hb. Sin embargo, cuando un animal muestra valores superiores a los obtenidos a los límites de referencia, puede ser indicativo de un proceso de deshidratación, estrés o ejercicio intenso. Aquellos animales en los que se obtienen valores

menores se puede inferir que están con procesos de anemia o existió un problema en el manejo o extracción de la muestra que ocasiono hemólisis (Bush, 1999; Voigt, 2003).

7.3.2.2. Hematocrito (Hct)

El hematocrito en etapa de crecimiento fue mayor en T1, encontrándose dentro del límite de referencia. En el caso de T2 y T3 estuvieron por debajo de este límite (39.06-40.94%) Los valores obtenidos de Hct no mostraron diferencias entre tratamientos ($p>0.05$) en estas etapas.

El índice Hct es la proporción de sangre ocupada por los eritrocitos, y el objetivo de medirlo es determinar el porcentaje de eritrocitos que circulan por la sangre en el momento de la extracción, generalmente las causas de disminución del índice de Hct puede deberse a problemas de anemia en los animales, o ser consecuencia de hemólisis durante la extracción o después de ésta, el exceso de anticoagulante también puede alterar los niveles por la formación de coágulos debido a un mezclado inadecuado o falta de anticoagulante (Bush, 1999; Voigt, 2003).

En el caso de la etapa de engorda, los resultados no mostraron diferencias ($p>0.05$), y además los resultados estuvieron dentro de los límites de referencia. Estos límites son similares a los reportados por Friendship *et al.* (1984), quienes reportan valores de Hct de 29 a 42%.

Durante la realización de esta investigación no existió ningún problema de salud en los cerdos y en el caso del manejo de las muestras sanguíneas fue inmediato su procesamiento, por lo cual los niveles por debajo de los límites de referencia establecidos, en el caso de T2 y T3 pueden deberse a otros factores tales como el efecto de las saponinas que tiene el extracto de planta de *Yucca* y que produce hemólisis de los Gr (Ryan y Quinn 1999; Cheeke, 2000; Wang *et al.*, 2000).

7.3.2.3. Concentración media de hemoglobina corpuscular (CMHbC)

La CMHbC es la medida de la concentración de Hb en los eritrocitos, e indica el peso de la Hb en un decilitro de eritrocitos. La disminución de CMHbC indica que las células tienen un bajo contenido de hemoglobina, llamadas hipocrómicas, los eritrocitos son hipocrómicos cuando existe una deficiencia de hierro en sus últimos estadios. Una CMHbC baja puede ser consecuencia de una determinación de Hct elevado, consecuencia de una determinación errónea, que a su vez alteran los resultados, dado que se requieren los datos de Hb y de Hct para estimar ésta (Bush, 1999).

Los resultados de la determinación de CMHbC de los cerdos en crecimiento se pueden observar en el Cuadro 16, donde se muestra que no existieron diferencias ($p>0.05$) entre tratamientos, pero los valores fueron menores al límite de referencia. El T1 fue el tratamiento donde la CMHbC fue menor, y los dos tratamientos adicionados con *Yucca* mostraron ser superiores en 7.55% a T1.

En la etapa de engorda, el porcentaje de CMHbC fue menor en T1, situación similar a la de la etapa anterior, pero este valor en engorda, estuvo dentro de los límites de referencia al

igual que T2 y T3. Además de que los valores durante la etapa de engorda se encontraron en el rango establecido, sin embargo se encuentran por debajo de 32-38% que es el límite determinado por Friendship *et al.* en 1984.

7.3.2.4. Volumen globular medio (VGM)

Los resultados obtenidos para este índice no fueron diferentes entre tratamientos ($p>0.05$). Aunque el VGM obtenido fue menor numéricamente en un 9.61% en T2 y 3.34% en T3. T1 y T3 mostraron estar dentro del límite de referencia para esta etapa, difiriendo con T2 ya que se observó que estaba 1.89% por debajo de este límite. Bush (1999) refiere que la disminución del VGM involucra células anormalmente pequeñas (microcíticas) y generalmente aparecen como consecuencia de deficiencia de hierro avanzada. La falta de hierro limita la síntesis de Hb. Las causas de deficiencia de hierro pueden deberse a infecciones o inflamaciones crónicas en los animales, lo cual puede interferir en la transferencia de hierro, a la pérdida de sangre o en su caso a que los animales se sangraron con frecuencia en este trabajo.

En el VGM de los cerdos en engorda no se encontraron diferencias ($p>0.05$) y se observaron valores dentro del límite. En T2 y T3 (66.53 Y 63.43 fl) se redujo 3.05% y 7.32% el VGM con respecto al testigo. Friendship *et al.* (1984) por su parte reportaron un rango menor de VGM, con valores de 44-56 fl.

7.3.2.5. Glóbulos rojos (Gr)

En la cuenta de Gr no se observaron diferencias ($p>0.05$), sin embargo existió un incremento del 0.55 (T2) y 3.02% (T3) en los cerdos de los tratamientos con extracto de *Yucca schidigera*. Únicamente el porcentaje de Gr en T1 se encontró en el límite de referencia, por lo que la disminución de Gr en los tratamientos con *Yucca* pueden sugerir anemia en los cerdos o un mal procesamiento de la muestra, la cual puede hemolizarse durante o después de la toma de muestra (Bush, 1999).

Sin embargo, ya fue mencionado que la muestra fue procesada de inmediato y los cerdos no tuvieron problemas de salud, por lo que sugiere que este índice de eritrocitario puede deberse al efecto de las saponinas (Ryan y Quinn, 1999; Cheeke, 2000; Wang *et al.*, 2000).

En la etapa de engorda, la cuenta de Gr mostró que los cerdos tenían valores dentro del límite de referencia, además de que no existieron diferencias entre los tratamientos adicionados con *Yucca* y el testigo. Así también, observándose numéricamente un aumento de 5.5 y 7.5% de Gr en T2 y T3.

7.3.2.6. Glóbulos blancos (Gb)

Los resultados de la cuantificación de glóbulos blancos no mostraron diferencia ($p>0.05$) entre tratamientos, aunque numéricamente estos fueron mayores en los tratamientos adicionados con *Yucca* (T2 y T3). Considerando el límite de referencia de 9.69-14.31% que se estableció para esta etapa, los valores obtenidos en cada uno de los tratamientos se encuentran dentro de los límites de referencia. En lo concerniente a los animales en

engorda, los resultados tampoco mostraron diferencias ($p>0.05$), además de encontrarse en el límite de referencia.

Teniendo en consideración que los cerdos no presentaron problemas de salud, pero si existió en algunos animales mordedura de cola (caudofagia), que coincidentemente estaban en los tratamientos T2 y T3, esto puede ser la causa de que existiera un nivel mayor de Gb. Lo anterior coincide con lo reportado con Hillman *et al.* (1998), Bush (1999), y Voigt (2003) quienes señalaron que los Gb son células que participan en los mecanismos de inflamación y respuesta inmunitaria para proteger a los animales.

7.3.2.7. Proteína total

El nivel de proteína total no mostró diferencias entre los tratamientos ($p>0.05$), los resultados obtenidos fueron mayores en T1 (76.60), seguidos de T2 (75.70) y T3 (74.50) mostrando estos dos últimos una disminución del 1.17 y 2.61% con respecto al testigo. Sólo T3 se encontró fuera del límite inferior de referencia. En la etapa de engorda no se observó diferencia entre tratamientos ($p>0.05$), sin embargo los valores se encuentran dentro del límite de referencia.

7.3.2.8. Plaquetas

En la etapa de crecimiento el conteo de plaquetas no mostró diferencias entre tratamientos ($p>0.05$), sin embargo, los valores numéricos mostraron una disminución de 16.61 y 7.00% en T2 y T3 con respecto al testigo, aunque dentro del límite de referencia, lo cual permite inferir que no hubo efecto de la *Yucca* en la producción de plaquetas. En el caso de la etapa de engorda los resultados mostraron un comportamiento similar a la etapa anterior.

La información anterior indica que la adición del extracto de *Yucca* no afecta los valores de plaquetas. Se considera que las plaquetas son importantes para la hemostasia normal, cuyo recuento plaquetario es el número de plaquetas por litro de sangre. Este incremento de plaquetas puede deberse a ejercicio o excitación, poshemorragia, infección, después de un traumatismo, inflamación aguda o crónica. En el caso contrario, la disminución se debe a fármacos, deficiencias de hierro, infección o muestras coaguladas (Bush, 1999; Voigt, 2003). Sin embargo, en este trabajo no se afectó esta variable.

Cuadro 16. Medias de hemogramas de cerdos en la etapa de crecimiento.

Formula Roja	Límites de referencia	T1	T2	T3	EEM
		Testigo (dieta estándar)	Testigo + De-Odorase	Testigo + Amoprem	
Hemoglobina (g/dl)	19.27-22.73	20.85 ^a	20.69 ^a	21.87 ^a	0.69
Hematocrito (%)	39.06-40.94	39.60 ^a	36.90 ^a	38.50 ^a	1.11
CMHbC (%)	0.96-1.04	0.53 ^a	0.57 ^a	0.57 ^a	1.98
VGM (fl)	70.40-81.60	76.41 ^a	69.07 ^a	73.86 ^a	2.37
Glóbulos rojos (%)	4.61-5.39	5.30 ^a	5.59 ^a	5.46 ^a	0.29
Glóbulos blancos (%)	9.69-14.31	11.53 ^a	13.75 ^a	14.29 ^a	1.05
Proteína total (%)	75.30-78.70	76.60 ^a	75.70 ^a	74.60 ^a	1.20
Plaquetas (%)	40.89-53.11	47.85 ^a	41.90 ^a	44.50 ^a	3.33
Recuento leucocitario					
Basófilos (%)	1.33-2.67	1.75 ^a	1.35 ^a	2.25 ^a	0.37
Eosinófilos (%)	1.86-4.14	3.00 ^a	2.85 ^a	2.45 ^a	0.47
Neutrófilos					
Segmentados (%)	31.03-32.97	31.75 ^a	26.15 ^a	27.10 ^a	2.52
Neutrófilos en					
Banda (%)	4.64-9.36	7.00 ^a	4.90 ^a	5.25 ^a	1.28
Linfocitos (%)	33.04-46.96	39.35 ^a	46.30 ^a	47.75 ^a	4.55
Monocitos (%)	13.27-20.73	17.30 ^a	17.75 ^a	15.80 ^a	2.99

^{a,b,c}Medias con distinta literal en hilera son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

CMHbC: Concentración Media de Hemoglobina Corpuscular.

VGM: Volumen Globular Medio.

EEM: Error estándar de la media.

7.3.2.9. Basófilos

En el recuento leucocitario, el número de basófilos no mostró diferencias ($p > 0.05$) en ninguna de las dos etapas, además de encontrarse dentro de los límites de referencia establecidos para ambas etapas. Benjamín en 1991 estableció límites de referencia de 0.5%. Friendship *et al.* (1984) de 0.00-3.60%, con base a estos límites, los valores obtenidos en este estudio se encuentran dentro del límite de referencia al compararlos con estos autores. La función de los basófilos es la de promover las reacciones alérgicas mediante la liberación de mediadores como histamina y serotonina. Se basa en la sensibilidad de los receptores de su membrana a una amplia variedad de sustancias como prostaglandinas, anticuerpos, endotoxinas e histamina, pueden desarrollarse receptores para alérgicos como polvo, moho, algunas proteínas y virus (Bush, 1999; Voigt, 2003), lo anterior puede sugerir que existió alguna reacción de tipo subclínico no determinado, lo cual produjo un incremento de basófilos.

7.3.2.10. Eosinófilos

Los valores obtenidos se encontraron en el límite de referencia y no mostraron diferencias entre los tratamientos ($p > 0.05$). En trabajos anteriores el límite para cerdos de 3 meses de edad fué de 7.3% (Benjamín, 1991).

En la etapa de engorda no existió diferencia de esta variable entre los tratamientos ($p>0.05$). Los resultados obtenidos se encuentran dentro del límite de referencia establecidos para este estudio, y los obtenidos por Friendship *et al.* (1984). Las principales funciones de los eosinófilos son reducir la inflamación y limitar su extensión, regular las respuestas alérgicas y controlar las infecciones parasitarias, pero no de microorganismos. El incremento del número de eosinófilos puede deberse a reacciones alérgicas, neumonías causadas por infecciones crónicas (micoplasmas, hongos), sin embargo se considera que es común el incremento, con la presencia de parásitos propiciándose una respuesta alérgica a antígenos de estos, especialmente los helmintos (Bush, 1999). Antes de iniciar este estudio se dió un periodo de adaptación, durante el cual se desparasitaron a los cerdos para la eliminación de endo y exoparásitos. Lo cual permitió que los valores sean bajos.

7.3.2.11. Neutrófilos segmentados y Neutrófilos en banda

En los cerdos en crecimiento el número de neutrófilos segmentados no mostró diferencias entre tratamientos ($p>0.05$). Sin embargo, en la etapa de engorda los neutrófilos segmentados si mostraron diferencias ($p<0.05$). En ambas etapas el porcentaje de neutrófilos segmentados se encontraron fuera del límite de referencia. En el caso de la etapa de crecimiento existió una disminución de neutrófilos al compararse los resultados obtenidos con el límite de referencia, lo cual puede sugerir la presencia de una infección bacteriana en el cerdo. Los neutrófilos tienen funciones asociadas a la fagocitosis e inflamación. En la etapa de engorda el número de neutrófilos se incrementó, esto generalmente sucede como consecuencia de estrés, e infección principalmente por bacterias, aunque también por miedo, manejo o forcejeo para la extracción de la muestra sanguínea (Hillman *et al.*, 1998; Bush, 1999), siendo la última, la causa más probable de que existiera dicho incremento, dado que no existió ningún signo aparente de una infección en los cerdos. Por otro lado, si se consideran los datos reportados por Friendship *et al.* (1984) para la etapa de engorda los valores se encuentran dentro de los límites de referencia.

Leman (1992) al respecto menciona que si los cerdos son sometidos a periodos cortos de estrés, resulta en una leucocitosis caracterizada por una elevación del incremento de los neutrófilos y una reducción de linfocitos y eosinófilos.

En el caso del número de neutrófilos en banda no existió diferencia ($p>0.05$) entre tratamientos en ninguna de las dos etapas, observándose valores de 7.00% en T1, 4.90% en T2 y 5.25% en T3, evidenciando una disminución del 30 y 25% en T2 y T3 comparado con el testigo. Los porcentajes obtenidos de neutrófilos segmentados se encuentran en el rango de 4.64-9.36% establecido para la etapa de crecimiento.

En engorda también se observaron porcentajes mayores en T1, pero sin salir de los valores de referencia establecidos.

7.3.2.12. Linfocitos y Monocitos

La cuenta linfocitaria y monocitaria no mostraron que en los cerdos en crecimiento existieran diferencias ($p>0.05$) entre tratamientos. Con respecto a la etapa de engorda sólo existió diferencia el recuento de monocitos ($p<0.05$). Benjamín (1991) y Friendship *et al.*

(1984) establecieron límites de referencia en los cuales, los límites de referencia establecidos para este estudio se encuentran dentro.

Sin embargo, es destacable que los límites que se muestran en este trabajo sean estrechos y con ello se demuestre que la técnica utilizada para este trabajo fue adecuadamente realizada y que no existió efecto alguno en los cerdos ocasionada por la *Yucca schidigera* que permitiera reflejarse en el conteo de linfocitos y monocitos.

Hillman *et al.* (1998) y Bush, (1999) señalan la importancia de la determinación de la cuenta linfocitaria, ya que ello permite establecer la existencia de algunos problemas parasitarios, inflamación o infecciones crónicas, miedo, forcejeo y dificultad en la extracción de la muestra sanguínea. Por su parte Voigt (2003) describe la función principal de los monocitos como fundamental en la respuesta inmune, ya que tienen capacidad fagocítica al ingerir y destruir organismos que no pueden ser controlados por los neutrófilos, en especial los hongos, protozoos, organismos intracelulares y algunas bacterias. Teniendo en consideración lo anterior, es importante reconocer que ninguno de los problemas antes señalados ocurrió en los cerdos que estuvieron en experimentación.

Cuadro 17. Medias de las variables de perfil hemático en los cerdos en la etapa de engorda.

Formula Roja	Límites de referencia	T1	T2	T3	EEM
		Testigo (dieta estándar)	Testigo + De-Odorase	Testigo + Amoprem	
Hemoglobina (g/dl)	17.34-20.63	18.31 ^b	20.04 ^a	20.62 ^a	0.53
Hematocrito (%)	38.37-43.63	40.65 ^a	41.00 ^a	40.55 ^a	1.11
CMHbC (%)	0.41-0.49	0.46 ^a	0.49 ^a	0.49 ^a	1.82
VGM (fl)	62.64-73.36	68.44 ^a	66.35 ^a	63.43 ^a	2.29
Glóbulos rojos (%)	5.73-6.27	6.00 ^a	6.33 ^a	6.45 ^a	0.18
Glóbulos blancos (%)	11.26-14.74	13.22 ^a	13.64 ^a	13.67 ^a	0.76
Proteína total (%)	72.03-77.97	75.25 ^a	76.45 ^a	74.95 ^a	1.49
Plaquetas	39.94-52.06	42.20 ^a	44.45 ^a	40.45 ^a	3.63
Recuento leucocitario					
Basófilos (%)	0.96-3.04	1.80 ^a	1.10 ^a	1.90 ^a	0.53
Eosinófilos (%)	1.45-4.55	2.90 ^a	2.70 ^a	2.85 ^a	0.79
Neutrófilos					
Segmentados (%)	14.91-21.09	18.15 ^b	27.15 ^a	25.40 ^{ba}	2.18
Neutrófilos en					
Banda (%)	10.87-21.13	16.15 ^a	10.85 ^a	12.45 ^a	2.20
Linfocitos (%)	39.87-52.13	46.10 ^a	50.60 ^a	44.75 ^a	2.37
Monocitos (%)	6.96-13.30	10.13 ^a	7.00 ^b	8.50 ^{ba}	1.43

^{a,b,c}Medias con distinta literal en hilera son estadísticamente diferentes (p<0.05).

CMHbC: Concentración Media de Hemoglobina Corpuscular.

VGM: Volumen Globular Medio.

EEM: Error estándar de la media.

De forma general, en trabajos realizados por Odink *et al.* (1990) reportaron diferencias en los cerdos que presentaban pleuritis y abscesos u otras lesiones patológicas observadas a la necropsia, al compararse con cerdos sanos, señalando que los niveles de Hb, Hct, VGM,

CMHbC y linfocitos disminuían en los cerdos con problemas de pleuritis, neumonía y abscesos y los neutrófilos se mostraron con incrementos. En el caso de las plaquetas aumentaban sólo en los cerdos con neumonía y pleuritis y disminuían en presencia de abscesos.

La literatura indica que al adicionar extracto de *Yucca schidigera* en la dieta para codornices, el conteo de Glóbulos rojos, Glóbulos blancos, Volumen globular, Volumen corpuscular medio y Hemoglobina corpuscular media no se afectaron, sin embargo, la concentración de Hb y la CMHbC se incrementaron significativamente al incluir 200 ppm de extracto de *Yucca* (Kaya *et al.*, 2003). Los resultados obtenidos por los autores anteriores con respecto al incremento de Hb y CMHbC concuerdan con los encontrados en este trabajo.

Las diferencias encontradas en los límites de referencia pueden atribuirse a las técnicas utilizadas en los trabajos, inclusive en este mismo. La evaluación de los valores hemáticos además de reflejar los efectos por la adición de aditivos en la dieta, por medio de la disminución o el incremento de los niveles, también puede indicar problemas de salud en los cerdos. Los resultados obtenidos en los perfiles bioquímicos y hemáticos permiten establecer que el extracto de *Yucca* no altera la salud de los cerdos.

7.4. Concentración de gases en ambiente

7.4.1. Bomba Kiw-Draw

La concentración de gases presentes en las casetas a nivel ambiental se observa en el Cuadro 18. La producción de amoníaco en la etapa de crecimiento fue estadísticamente igual entre tratamientos ($p>0.05$), sin embargo, numéricamente los niveles fueron mayores en T1 que en los tratamientos a los que se les adicionó *Yucca schidigera*. Con respecto a la producción de bióxido de carbono, el testigo T1 y T2 fueron similares ($p>0.05$) pero superiores a T3 ($p<0.05$).

Cuadro 18. Medias de concentración de gases en casetas porcinas tipo invernadero en etapa de crecimiento.

Gas	T1	T2	T3	EEM
	Testigo (dieta estándar)	Testigo + De-Odorase	Testigo + Amoprem	
Amoniaco (ppm)	2.41 ^a	2.20 ^a	2.34 ^a	0.20
Bióxido de carbono (%)	0.44 ^a	0.46 ^a	0.34 ^b	0.02

^{a,b,c}Medias con distinta literal en hilera son estadísticamente diferentes ($p<0.05$).

EEM: Error estándar de la media.

7.4.1.1. Determinación de amoníaco en ambiente

El efecto en la producción de gases en la etapa de engorda al adicionar extracto de *Yucca schidigera* se muestra en el Cuadro 19, en el cual se observa que para amoníaco existió diferencia ($p<0.05$) entre tratamientos.

Aunque numéricamente, la cantidad de amoníaco en T3 fue 3.25 ppm más que T1 y 3.77 ppm mayor que T2, los resultados muestran estar por debajo de los límites máximos permitidos para este gas que reporta la literatura, ya que se encuentran en un rango de 25 a 50 ppm (Forcada, 1997; Babot 2005), por lo que los valores obtenidos representan tan solo 22.84% en T1, en T2 el 20.88% y en T3 35.84% si se considera el valor de 25 ppm de la concentración máxima permitida establecido en la literatura. Pero si se consideran las 50 ppm, esto representa el 11.42, 10.44 y 17.92% en T1, T2 y T3 respectivamente. Por lo cual, al presentarse concentraciones pequeñas de amoníaco en las tres casetas que alojaban a los cerdos no se tuvieron problemas de salud o comportamiento en los cerdos utilizados en el presente trabajo. Aunque sí bien, Jones *et al.* (1996) refiere que en cerdos en crecimiento la presencia de gas a 10 ppm disminuyen el consumo de alimento y el crecimiento, por lo cual, aparentemente los niveles encontrados no afectaron los resultados de este estudio.

Una explicación de los valores encontrados en especial en T3, es que la inclinación o desnivel del piso de la caseta 3 fue menos eficiente para drenar el agua que caía de los bebederos de los corrales, lo cual generaba acumulación de agua y por tanto la humedad de la caseta, que al conjugarse con la temperatura favorecía probablemente la formación de éste gas. Al respecto Jongbloed y Lenis, (1998) refieren que uno de los factores que puede incrementar la concentración de amoníaco es la inclinación del piso y la eliminación de excretas, esto como consecuencia a que se tiene mayor superficie de exposición. Aunado a esto, también pudo influir la orientación de la caseta, pues a pesar de que eran exactamente iguales en dimensiones y material, la orientación no fue la misma, teniendo la puerta en la caseta 1 (T1) hacia el sur, en la caseta 2 (T2) hacia el oriente y en la caseta 3 (T3) hacia el poniente, lo cual sugiere que estas condiciones influyeron en que la tasa de ventilación no fuera la misma.

Sin embargo Colina *et al.* (2001) al adicionar extracto de *Yucca schidigera* a través del producto comercial De-odorase, y medir con tubos de difusión los niveles de amoníaco obtuvieron 8.3ppm en cerdos en la etapa de destete. Los autores mencionan que esta concentración es baja, debido al peso vivo de los lechones y que las condiciones de ventilación eran buenas. Es importante señalar que en este trabajo se observó que el amoníaco fue menor en la etapa de crecimiento y engorda al reportado por Colina *et al.* (2001), excepto en T3 de la fase de engorda. Pero si se utiliza la explicación de que a medida que el peso vivo aumenta, y por tanto la producción de excretas, se debió tener niveles mayores de amoníaco, lo cual no fue así. En el mismo sentido, Jones *et al.* (2001) menciona que la concentración normal de amoníaco ambiental encontrada en una granja porcícola es de 40 ppm. No obstante, Jones *et al.* (1996) refiere que los cerdos en presencia de gas a 10 ppm, disminuyen el consumo de alimento, por lo que es probable que al aumentar las ppm de amoníaco en la fase de engorda provocó una disminución en el consumo de alimento.

Grandhi (2001) midió con tubos detectores la concentración de amoníaco que se producía al almacenar excretas en contenedores plásticos, los cuales se mantenían a 18°C, obteniendo 4.86 ppm de este gas, sin embargo, al mezclar las excretas el nivel de este gas bajo a 2.97 ppm. Esto puede deberse a la inversión de la concentración de los gases de bióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, ya que antes de mezclar, los niveles de estos gases eran de 108.44 y 0.06 ppm y posteriormente 444.9 ppm y 1.20 ppm respectivamente,

por lo que sugiere el autor que esto es debido a que se disuelven los gases y la presentación de los mismos puede estar dentro de las excretas, que al ser mezclados, se liberan.

7.4.1.2. Determinación de bióxido de carbono en ambiente

Los resultados de bióxido de carbono muestran que existió diferencia ($p < 0.05$) entre los tratamientos, la concentración obtenida en la etapa de crecimiento fue de 0.46, 0.44 y 0.34% para T2, T1 y T3 respectivamente; la reducción en T3 fue del 10%, comparado con el testigo. Sin embargo, la concentración de este gas en la etapa de engorda no mostró diferencias ($p > 0.05$) entre los tratamientos. En el caso de los tratamientos T2 y T3 se observaron valores menores de 5.08% y 11.86% con respecto a T3. Forcada (1997) y Babot (2005) advierten que las concentraciones máximas aceptables de este gas es de 5000 ppm, o interpretado en base porcentual los valores varían desde 0.35 a 0.45%, y que concentraciones de 1% se consideran como no perjudiciales para el crecimiento de los cerdos, pero si son predisponentes a comportamientos anormales como caudofagia.

Cuadro 19. Medias de producción de gases en casetas porcinas tipo invernadero para la etapa de engorda.

Gas	T1	T2	T3	EEM
	Testigo (dieta estándar)	Testigo + De-Odorase	Testigo + Amoprem	
Amoniaco (ppm)	5.71 ^b	5.22 ^b	8.96 ^a	1.14
Bióxido de carbono (%)	0.59 ^a	0.56 ^a	0.52 ^a	0.03

^{a,b,c}Medias con distinta literal en hilera son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

EEM: Error estándar de la media.

7.4.1.3. Determinación de sulfuro de hidrógeno y metano en ambiente

En el caso de metano y sulfuro de hidrógeno que también fueron monitoreados, no se obtuvieron concentraciones de estos gases en el ambiente en ninguna de las dos etapas productivas. Esto puede deberse a que los gases se generan al almacenar las excretas durante tiempos prolongados, aunque, al agitar las excretas el sulfuro de hidrógeno se libera (Forcada, 1997; Murphy y Cargill, 2004).

Para el caso de metano los límites máximos aceptables son 1,000 ppm, y para sulfuro de hidrógeno de 10-20ppm (Forcada,1997) sin embargo, para este último Murphy y Cargill (2004) consideran que el nivel debe ser menor a 5ppm por ser un gas extremadamente peligroso, muy flamable, y ser causa predisponente de mortalidad en los cerdos. Concentraciones de sulfuro de hidrogeno de 20 ppm ocasionan que el consumo de alimento se reduzca, aumente el estrés de los animales y genere temor a la luz. Concentraciones más altas, cercanas a 200 ppm, ocasionan edema pulmonar, problemas respiratorios y muerte.

7.4.2. Detector de amoniaco PAC III (Dräger)

Los resultados del monitoreo de amoniaco mediante el detector de gases digital PAC III en las casetas (Cuadro 20) no muestran diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos. Pero numéricamente se puede observar que en la etapa de crecimiento, la mayor concentración de amoniaco ambiental, en los diferentes tiempos, se obtuvo en T2, tratamiento al cual se

adicionó De-odorase, teniendo en promedio 6.38 ppm, seguido de T3 y T1 (5.56 y 4.23 ppm respectivamente). Las concentraciones obtenidas no muestran variaciones amplias, más bien se mantienen uniformes durante los 30 minutos en los que se monitoreo la presencia de gas en el ambiente de las casetas.

Cuadro 20. Medias de concentración de amoniaco en naves porcinas tipo invernadero en la etapa de crecimiento.

Tratamiento	Amoniaco (ppm)					
	Tiempo (min)					
	5	10	15	20	25	30
T1 (dieta estándar)	3.46 ^a	3.70 ^a	4.00 ^a	4.54 ^a	4.77 ^a	4.92 ^a
T2 (dieta estándar + De-Odorase)	6.40 ^a	6.20 ^a	6.40 ^a	6.60 ^a	6.33 ^a	6.33 ^a
T3 (dieta estándar + Amoprem)	5.54 ^a	5.55 ^a	5.45 ^a	5.55 ^a	5.64 ^a	5.64 ^a

^{a,b,c}Medias con distinta literal en columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

EEM: Error estándar de la media.

En el Cuadro 21 se presentan las concentraciones de amoniaco para la *etapa de engorda*, en el cual se observa que existió diferencia ($p < 0.05$) entre los tratamientos, el amoniaco en los diferentes tiempos muestra una mayor concentración en T3, y similar en T1 y T2, manteniéndose sin grandes variaciones. Las concentraciones obtenidas en promedio fueron 5.25 ppm, 3.72 ppm y 12.31 ppm en T1, T2 y T3 respectivamente, teniendo 1.53 ppm en T2 y 7.06 ppm más en T3 al compararse con el tratamiento testigo.

Cuadro 21. Medias de mínimos cuadrados de producción de amoniaco en naves porcinas tipo invernadero en la etapa de engorda.

Tratamiento	Amoniaco (ppm)					
	Tiempo (min)					
	5	10	15	20	25	30
T1 (dieta estándar)	5.00 ^b	5.00 ^b	5.50 ^b	5.50 ^b	5.50 ^b	5.00 ^b
T2 (dieta estándar + De-Odorase)	2.89 ^b	4.67 ^b	4.00 ^b	4.00 ^b	4.00 ^b	2.78 ^b
T3 (dieta estándar + Amoprem)	12.64 ^a	13.00 ^a	12.50 ^a	12.00 ^a	11.90 ^a	11.80 ^a
EEM	1.78	1.63	1.59	1.48	1.49	1.49

^{a,b,c}Medias con distinta literal en columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

EEM: Error estándar de la media.

Si se comparan las concentraciones obtenidas con la bomba manual y el detector digital, en éste último los valores de amoniaco son mayores, la diferencia en la etapa de engorda fue de 0.46 ppm más en T1, 1.5 ppm en T2, pero 3.35 ppm menos en T3. Al compararse las concentraciones de amoniaco monitoreadas con la bomba Kiw-Draw y la Dräger, para la etapa de engorda los valores fueron 1.82, 4.18 y 3.22 ppm menos detectados por la bomba manual en T1, T2 y T3.

La variación entre cada uno de los detectores se puede atribuir a la precisión que muestra el detector de gases digital PAC III (Dräger), que permite varias lecturas en un periodo determinado previamente, para este trabajo se obtuvieron 6 lecturas durante 30 minutos, permitiendo una valoración cuantitativa y no cualitativa como es el caso de la bomba Kiw-Draw, la cual utiliza tubos detectores que mediante una reacción generan un cambio de color (amarillo a azul) e indican la presencia y una cantidad estimada de gas en el ambiente. Hayes *et al.* (2004) refiere que con la utilización de tubos se estimó un coeficiente de variación del 10 al 15%. Sin embargo, el uso de tubos detectores representa una opción por ser una prueba sencilla para el monitoreo en campo.

Cole y Tuck (1995) realizaron un estudio con cerdos en la etapa de crecimiento, observando concentraciones de amoníaco de 30 ppm en dieta sin De-Odorase. En el tratamiento en el cual se adicionó De-odorase se obtuvieron 19.6 ppm, observándose una reducción de 10.4 ppm de amoníaco. Además de mencionar que, la exposición de los cerdos a 50 ppm durante 20 minutos al día, en 4 ocasiones, reduce la tasa de crecimiento en un 9%, lo cual refleja que la exposición a periodos con pobre calidad de aire, deterioran la productividad y la salud animal.

Además de los efectos antes mencionados, el amoníaco ocasiona disminución de la resistencia a infecciones a niveles de 15 ppm, 35 ppm origina inflamación en el tracto respiratorio, a 50-100 ppm existen efectos en el crecimiento y salud presentándose queratoconjuntivitis y reducción del apetito, 100 y 200 ppm ocasionan pérdida de apetito, salivación y estornudos. Concentraciones cercanas a 3,000 ppm, durante 30 minutos, ocasionan asfixia y con 5,000 ppm, durante 40 minutos, provocan la muerte (Forcada, 1997; Murphy y Cargill, 2004; Babot, 2005).

En la concentración y emisión de amoníaco y otros gases la variación en temperatura, humedad, ventilación y sistema de alojamiento en los que son criados los cerdos puede aumentar. Por lo cual es importante mencionar que las concentraciones de amoníaco obtenidas en este estudio fueron mas bajas que aquellas reportadas en otros estudios, realizados en instalaciones convencionales. Lo anterior puede atribuirse a que la ventilación de las casetas se realizaba de forma manual, en función de la temperatura que predominaba en ellas y a los requerimientos establecidos para las etapas productivas evaluadas. Aunado a lo anterior, la remoción de excretas se realizaba diariamente por la mañana, no permitiendo su acumulación y la generación extra de gas.

7.5. Determinación de gases por cromatografía

Los gases que se midieron por la técnica de cromatografía fueron bióxido de carbono y metano. La adición de extracto de *Yucca schidigera* no afectó significativamente ($p > 0.05$) la concentración de bióxido de carbono y metano presente en excretas almacenadas en digestores plásticos y provenientes de cerdos en la etapa de crecimiento. La determinación de estos gases se realizó a 24, 48 y 72 horas después del almacenamiento de las excretas (Cuadro 22).

7.5.1. Concentración de bióxido de carbono

Los resultados a 24 horas presentaron una concentración mayor en T3 (2.31 ppm), seguida por T2 (1.27 ppm) y finalmente T1 (1.77 ppm), la disminución obtenida comparada con el tratamiento testigo fue de 0.5 ppm en T2 pero un incremento de igual valor en T3. A 48 horas los niveles obtenidos fueron más altos en T1 y la disminución fue de 0.52 y 0.38 ppm para T2 y T3 respectivamente, obteniendo mejores resultados en los tratamientos a los que se les adicionó extracto de *Yucca schidigera*. Después de 72 horas la concentración de bióxido de carbono fue de 3.10, 2.80 y 3.12 ppm en T1, T2 y T3 respectivamente, existiendo una disminución de 0.3 ppm en T2 y un incremento de 0.02 ppm en T3 al ser comparados con el testigo, obteniéndose una disminución sólo en el caso de la dieta a la que se le adicionó De-Odorase.

El incremento de la producción de bióxido de carbono de 24 a las 48 horas fue del 68% en T1, del 99% en T2 y del 12.9% en T3. De 48 a 72 horas la concentración de bióxido de carbono aumentó el 3.7% en T1, 13% en T2 y 19.5% en T3, a pesar de lo indicado en la literatura, la producción de gas se sigue generando y no disminuye, los reportes indican que la generación de gases (amoníaco y sulfuro de hidrógeno) al adicionar extracto de *Yucca schidigera* deja de producirse por el efecto residual que tiene la *Yucca* al estar presente en las excretas, lo cual no se observó en bióxido de carbono y metano, en ésta etapa de producción. Al respecto, Duffy y Brooks (1998) mencionan que se disminuye la producción de amoníaco proveniente de las excretas aun después de 36 y 48 horas, por lo que el extracto de *Yucca* es ampliamente utilizado en lagunas de fermentación, sin embargo, en los resultados obtenidos en este trabajo no muestran este efecto en ninguna de las dos etapas productivas.

Cuadro 22. Medias de concentración de gases, mediante la técnica de cromatografía de gases, en excretas de cerdos en etapa de crecimiento.

Gas (ppm)	T1	T2	T3	EEM
	Testigo (dieta estándar)	Testigo + De-Odorase	Testigo + Amoprem	
Bióxido de carbono				
24 horas	1.77 ^a	1.27 ^a	2.31 ^a	0.43
48 horas	2.99 ^a	2.47 ^a	2.61 ^a	0.32
72 horas	3.10 ^a	2.80 ^a	3.12 ^a	0.58
Metano				
24 horas	0.14 ^a	0.18 ^a	0.17 ^a	0.03
48 horas	0.17 ^a	0.18 ^a	0.19 ^a	0.15
72 horas	0.16 ^a	0.23 ^a	0.21 ^a	0.02

^{a,b,c}Medias con distinta literal en hilera son estadísticamente diferentes (p<0.05).

EEM: Error estándar de la media.

7.5.2. Concentración de metano

La concentración de metano en los diferentes horarios tuvo una tendencia a ser menor en el tratamiento testigo que en los tratamientos a los cuales se les adicionó extracto de *Yucca schidigera* (p>0.05). Sólo en T3 a 48 horas es donde se obtuvo una disminución de 0.02

ppm. Lo anterior indica que el extracto de *Yucca schidigera* no influyó en la disminución de la producción de metano en los tratamientos a los cuales se les adicionó el producto.

Sin embargo, el incremento de la producción de metano en el horario de 24 a 48 horas fue del 21% en T1, en T2 no se incrementó y en T3 el aumento fue del 11.76%. De 48 a 72 horas la producción de metano aumentó 5.88% en T1, 27% en T2 y 10.50% en T3.

Los resultados de la etapa de engorda se muestran en el Cuadro 23, donde se observa que sólo existieron diferencias ($p < 0.05$) en la cantidad de bióxido de carbono producido a las 24 horas después del almacenamiento de las excretas. En general, la determinación de bióxido de carbono en excretas, en los diferentes horarios fue mayor en el tratamiento testigo, seguido por el tratamiento al cual se le adicionó Amoprem y finalmente el tratamiento adicionado con De-Odorase. La disminución en las 24 horas de almacenamiento fue de 0.49 y de 0.38 ppm en T2 y T3 respectivamente; a 48 horas fue de 0.58 ppm en el tratamiento 2 y 0.2 ppm en el tratamiento 3 y a 72 horas después del almacenamiento de excretas, la disminución de la concentración obtenida en el tratamiento que se adicionó De-Odorase fue de 0.52 ppm, y el tratamiento adicionado con Amoprem fue de 0.36 ppm. Observándose una tendencia contraria a la presentada en la etapa de crecimiento, al disminuirse la producción de gases en los tratamientos en los cuales se les adicionó extracto de *Yucca schidigera*, lo cual puede sugerir que el extracto puede ser eficiente en animales de mayor edad. El incremento en los diferentes horarios, de 24 a 48 horas fue de 61% en T1, 106% en T2 y 133% en T3. En la determinación de 48 a 72 horas el aumento fue de 5.54% en T1, 16.8% en T2 y una disminución de 4.5% en T3.

Los resultados de la determinación de metano en las excretas a 24 horas fue de 0.11 ppm en T1, 0.10 ppm en T2 y 0.09 ppm en T3; a 48 horas los valores fueron de 0.16 ppm para T1 y 0.15 ppm en T2 y T3. La concentración a las 72 horas de almacenamiento fue de 0.16 ppm en T1 y T2 y de 0.15 ppm en T3. El incremento de la concentración de metano de 24 a 48 horas fue del 45% en T1, 50% en T2 y del 66.7% en T3. La producción de 48 a 72 horas en T1 y T3 no mostró un incremento manteniéndose en la misma concentración y sólo en T2 el aumento fue del 6.7%.

Cuadro 23. Medias de concentración de gases, mediante la técnica de cromatografía de gases, en excretas de cerdos en etapa de engorda.

Gas (ppm)	T1	T2	T3	EEM
	Testigo (dieta estándar)	Testigo + De-Odorase	Testigo + Amoprem	
Bióxido de carbono				
24 horas	0.95 ^a	0.46 ^b	0.57 ^{ba}	0.13
48 horas	1.53 ^a	0.95 ^a	1.33 ^a	0.16
72 horas	1.63 ^a	1.11 ^a	1.27 ^a	0.19
Metano				
24 horas	0.11 ^a	0.10 ^a	0.09 ^a	0.07
48 horas	0.16 ^a	0.15 ^a	0.15 ^a	0.02
72 horas	0.16 ^a	0.16 ^a	0.15 ^a	0.01

^{a,b,c}Medias con distinta literal en hilera son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

EEM: Error estándar de la media.

Lee *et al.* (2005) considera que la calidad del aire puede ser uno de los mayores estresores en las granjas al contener niveles altos de gases nocivos, polvo, bacterias y endotoxinas que disminuyen al crecimiento y al desarrollo de infecciones. Se estima que la combinación de estos puede reducir la productividad de los cerdos en un 15% a 30%. La GDP y el CDA en cerdos destetados disminuyen 58 y 57 g respectivamente, al permanecer alojados en ambientes con mala calidad de aire, por el impacto multifactorial que estos ejercen.

La emisión de metano proviene directamente del tracto digestivo y de la descomposición anaeróbica de las excretas. Se estima que la producción de los cerdos está en función de la cantidad de carbono ingerido, de este el 0.25% es eliminado de esta forma. Nicks *et al.* (2004) obtuvieron 7.39 y 4.96 g día/cerdo criado en cama de paja y de aserrín, al evaluar el efecto del uso de dos tipos de cama, concluyendo que los niveles de metano se incrementan al utilizar camas de paja. Groot Koerkamp y Uenk, citado por Nicks *et al.* (2004), estiman que la producción de metano por cerdo alojado con piso parcial de rejillas (slats) es de 30.5 g/día. Así también Anderson *et al.* (1987) estimaron que la producción metano proveniente de las excretas es de 148 kg/año en cerdos, con un peso total de 1,000 kg, equivalente a 24.3 g/día por cerdo con un peso de 60 kg.

El bióxido de carbono y el metano se encuentran entre los principales gases que se generan en las granjas porcinas, el bióxido de carbono es producto de la respiración o de la fermentación de las excretas, se han reportado entre 1,430 y 3,050 ppm en alojamientos con sistema de ventilación natural (van't Klooster y Heitlager, 1994; Jacobson *et al.*, 1996; Ni *et al.*, 1999a; Ni *et al.*, 1999b). Se considera que la concentración máxima permitida de bióxido de carbono en alojamientos porcinos es de 3,000 ppm. La producción estimada de CO₂ proveniente de la respiración es de 41.51 a 73.9 g de bióxido de carbono h⁻¹ de cerdos de 32 a 105 kg. Además de que se considera que la cantidad de bióxido de carbono liberado de las excretas es el 5% del producido por la respiración. La urea animal es fácilmente hidrolizada y catalizada por las enzimas ureasas y finalmente resulta en bióxido de carbono y amoníaco (Ni *et al.*, 1999a).

7.6. Determinación de amoníaco y urea en excretas

Los resultados obtenidos de la determinación de amoníaco en excretas, mediante colorimetría (Cuadro 24), indican que existieron diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos en la etapa de crecimiento, y numéricamente se obtuvo una disminución del 20.2% de amoníaco al adicionar Amoprem en la dieta, sin embargo, esto contrasta con lo obtenido en T2, en el cual se adicionó De-odorase, y se obtuvo un incremento de sólo 9.4% comparado con el testigo.

Cuadro 24. Medias de determinación por colorimetría de amoníaco en excretas de cerdos.

Tratamiento	Nivel de amoníaco (mg/g)	
	Crecimiento	Engorda
T1 (Dieta estándar)	2.13 ^{ab}	2.39 ^a
T2 (Dieta estándar + De-Odorase)	2.33 ^a	2.06 ^{ab}
T3 (Dieta estándar + Amoprem)	1.70 ^b	2.59 ^a
EEM	0.14	0.16

^{a,b,c}Medias con distinta literal en hilera y columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

EEM: Error estándar de la media.

En la concentración de amoníaco en excretas, en la etapa de engorda, no existieron diferencias ($p > 0.05$), y numéricamente, los resultados fueron, de 2.39 en T1, 2.06 en T2 y 2.59 mg/g de muestra de excreta, sin embargo, al comparar con el tratamiento testigo existió una reducción del 13.8% en T2 y un incremento del 2.39% en T3, situación que fue a la inversa en la etapa de crecimiento.

Al respecto Colina *et al.* (2001) reporta 674 ppm de amoníaco en excretas de cerdos destetados a los cuales se les adicionó extracto de *Yucca schidigera* y 699 ppm de amoníaco en cerdos con dietas con 23% de PC, obteniendo una disminución de 25 ppm al utilizar el extracto de *Yucca*.

O'Connell *et al.* (2005b) evaluaron el efecto de la adición de enzimas (derivadas de *Penicillium funiculosum*) en dos diferentes dietas, a base de trigo y cebada, la emisión de amoníaco fue mayor en la dieta a base de cebada, siendo para la dieta a base de trigo 37.7, 35.9 y 73.6 (mg/g de nitrógeno consumido) y en la dieta a base de cebada 57.6, 58.9 y 116.6 (mg/g de nitrógeno consumo) en los horarios de almacenamiento de las excretas, de 0-96 h, 96-240 h y 0-240 h respectivamente, considerando que la adición de enzimas en la dieta a base de cebada propicia un aumento y un incremento de la digestibilidad de la hemicelulosa. Sin embargo, éste aumentó la cantidad de amoníaco emitido por las excretas, los productos de la fermentación de carbohidratos tal como el ácido láctico y ácidos grasos volátiles, y redujo el pH digestivo que crea condiciones desfavorables para el crecimiento de bacterias fermentadoras de proteína, además de que a bajos valores de pH, las bacterias que fermentan carbohidratos incorporan más aminoácidos libres en proteína microbial, contribuyendo a limitar la volatilización de amoníaco.

Sin embargo, la concentración de amoníaco-N en heces fue significativamente baja (81.3 ± 1.2 mg/100 g de heces) cuando la dieta de cerdos en la etapa de destete fue suplementada con saponinas, que en una no suplementada (110.3 ± 0.8), reduciendo un 26% la concentración de amoníaco-N (Katsunuma *et al.*, 2000).

Sutton *et al.* (1999) obtuvieron 5.78 mg/L de amoníaco-N, con una dieta con un 13 % de PC, 612 mg/l, con 18% de PC 5, 6.003 mg/l, con 10% de PC y en dietas con el 10% de PC más la adición de aminoácidos, el amoníaco-N fue de 4.80 mg/l en excretas frescas en cerdos de cría y engorda. Al respecto, Canh *et al.* (1998) considera que alimentar a cerdos con dietas bajas en proteína disminuye 46% la emisión de amoníaco proveniente de las

excretas, además, la emisión promedio de amoníaco por cerdo fue de 7.06 g/día, la cual esta influenciada por el pH y la temperatura.

Por ello, una forma de disminuir la producción de gases y que estos sean emitidos al ambiente es utilizar niveles menores de PC y un incremento mayor de los niveles de aminoácidos (a.a), además, se disminuyen los costos de alimentación, ya que al utilizar a.a se reduce el costo global de la dieta y se puede contribuir a mejorar el ambiente.

En los análisis realizados mediante colorimetría no existió presencia de urea en las excretas, y esto se debe a que no se acidificaron las excretas al momento de colectarlas para evitar que la urea se transformara en amoniaco y en consecuencia este se volatilizó.

En este mismo sentido, la urea en orina es el producto más importante formador de amoniaco y constituye alrededor del 80% del nitrógeno excretado en animales. Sin embargo Duffy *et al.* (2001) no encontraron diferencias entre tratamientos en la concentración de urea en orina de ratas al adicionar *Yucca schidigera* a la dieta.

Portejoie *et al.* (2004) mencionan que las características de las excretas, así como la concentración de nitrógeno y el pH, son factores que influyen la emisión de amoniaco, además de la influencia clara del tipo de dieta proporcionada al animal. Además de que alrededor del 60 al 70% del nitrógeno de la dieta es excretado en las heces y en la orina. El nitrógeno es excretado en las heces principalmente en forma de proteína de la dieta; en el caso de la orina se excreta en forma de urea, la cual es rápidamente convertido a amonio.

VIII. CONCLUSIONES

1. La utilización de *Yucca* en la dieta no mejoró los indicadores productivos como, consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia en cerdos en crecimiento y engorda.
2. La producción de excretas por día y durante todo el periodo de experimentación no se modificó al utilizar extracto de *Yucca*, lo cual puede estar influenciado directamente por el consumo de alimento de los cerdos.
3. La inclusión de *Yucca* en la dieta no modificó el valor de pH en las excretas porcinas.
4. Los valores hemáticos evaluados en el perfil bioquímico y hemograma no fueron alterados significativamente, por lo que no existió ningún efecto en la salud de los cerdos por la adición de extracto de *Yucca schidigera*.
5. La concentración de amoníaco, bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y metano no fueron disminuidos por la adición de *Yucca* en la dieta, además de no observarse efecto residual del extracto en las excretas, lo que ocasionó que la generación de gases continuara durante su almacenamiento.
6. Las concentraciones de gases en las casetas tipo invernadero utilizadas en este estudio, fueron bajas al compararse con instalaciones convencionales.

IX. RECOMENDACIONES

1. Es necesario determinar la forma de acción y la dosis de inclusión del extracto de *Yucca*, ya que no se ha concretado la forma en la que actúa existiendo un vacío de información en este sentido y tal vez la dosis que se recomienda no sea la adecuada.
2. Para la reducción de gases se pueden utilizar estrategias nutricionales como la disminución de los niveles de proteína en la dieta y utilización de aminoácidos sintéticos como lisina, metionina, triptófano y treonina.

X. LITERATURA CITADA

- Anderson, G.A., R.J. Smith, D.S. Bundy, and E.G. Hammond. 1987. Model to predict gaseous contaminants in swine confinement buildings. *Journal of agricultural engineering research*. 37:235-253.
- Babot, D. 2005. Necesidades ambientales. *Suis*, No. 16, Abril. pp. 48-55.
- Benjamín, M. M. 1991. *Manual de patología clínica en veterinaria*. Ed. Limusa. 421 pp.
- Bush, B.M. 1999. Interpretación de los análisis de laboratorio para clínicos de pequeños animales. Ed. Harcourt. Madrid España. 616 pp.
- Canh, T. T., A.J.A. Aarnink, J.B. Schutte, A. Sutton, D.J. Langhout, and M.W.A. Verstegen. 1998. Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing - finishing pigs. *Livestock Production Science*. 56 181-191.
- Canh, T.T, A.L. Sutton, A.J.A. Aarnink, M.W.A. Verstegen, J.W. Schrama, and G.C.M. Bakker. 1998. Dietary carbohydrates alter the fecal composition and pH and the ammonia emission from slurry of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 76:1887-1895.
- Canh, T.T, A.J.A. Aarnink, M.W.A. Verstegen, and J.W. Schrama. 1998. Influence of dietary factors on the pH and ammonia emission of slurry from growing–finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 76:1123-1130.
- Canh, T.T., M.W.A. Verstegen, A.J.A. Aarnink, and J.W. Schrama. 1997. Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and composition of urine and feces of fattening pigs. *J. Anim Sci.* 75:700-706.
- Cervantes, C.F.J. y J.F.L. Yescas. 2004. Estrategias para el aprovechamiento de desechos porcinos y su aplicación en la agricultura. *La biotecnología en la ganadería del siglo XXI. Memorias del XXV Aniversario del programa en Ganadería. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.* 40-52 pp.
- Cheeke, P. R. 2000. Actual and potential applications of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* saponins in human and animal nutrition. Department of Animal Sciences. Oregon State University. www.asas.org 8 pp.
- Crocker, A.W. and O.W. Robinson. 2002. Genetic and nutritional effects on swine excreta. *J Anim. Sci.* 80:2809-2816.
- Cromwell, G.L., B.J. Henry, A.L. Scott, M.F. Gerngross, D.L.Dusek, and D.W. Fletcher. 2005. Glufosinate herbicide-tolerant (LibertyLink) rice vs. conventional rice in diets for growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 83:1068-1074.

- Cole, D.J.A., and K. Tuck. 1995. Using yucca to improve pig performance while reducing ammonia. *Biotechnology in the feed industry proceedings of Alltech's 14th annual symposium*. pp. 421- 425.
- Colina, J.J., A.J. Lewis, P.S. Miller, and R.L. Fischer. 2001. Dietary manipulation to reduce aerial ammonia concentrations in nursery pig facilities. *J. Anim. Sci.* 79:3096-3103.
- Davidson M G. 2000. *Manual de patología clínica en pequeños animales*. Ed. Barcelona España. 98 pp.
- Deanne, M. 1995. Environmental considerations of livestock producers. *J. Anim. Sci.* 73:2733-2740.
- Done, H.S. 1991. Environmental factors affecting the severity of pneumonia in pigs. *Veterinary Record*. 128, 582-586.
- Done, S.H., A.C.J. Gresham, S. Williamson, B. Hunt, D.J. Chennells, R.P. White, T.M.G. Demmers, N. Teer, C.M. Wathes, L. Taylor, V. Bland, P. Jones, and D. Armstrong. 2003. The pathological findings in pigs exposed to aerial pollutants. *The Pig Journal*. 51: 119-130.
- Doxey, D.L. 1987. *Patología clínica y procedimientos de diagnóstico en veterinaria*. Ed. El manual moderno. México D.F. 371 pp.
- Dubreuil, P., Y. Couture, A. Tremblay, and G. Martineau. 1990. Effects of experimenters and different blood sampling procedures on blood metabolite values in growing pigs. *Can. J. Vet. Res.* 54:379-382.
- Duffy, C., and P. Brooks. 1998. Using *Yucca schidigera* in pig diets: effects on nitrogen metabolism. *Biotechnology in the feed industry proceedings of Alltech's 14th eleventh annual symposium*. pp. 61-71.
- Duffy, F.C., F.G. Killeen, D.C. Connolly, and F.R. Power. 2001. Effects of dietary supplementation with *Yucca schidigera* Roezl ex ortigies and its saponins and non-saponin fractions on rats metabolism. *J. Agric. Food Chem.* 49:3408-3413.
- English, R.P., R.V. Fowler, S. Baxter and J.W. Smith. 1992. *Crecimiento y transición del cerdo*. Ed. El manual moderno. México. 397-399 pp.
- Forcada, F. 1997. *Alojamiento para ganado porcino*. Ed. Mira. Zaragoza España. 303 pp.
- Foster, J.R. 1983a. Effects of sarsaponin in growing-finishing swine diets. *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl.1):94.
- Foster, J.R. 1983b. Sarsaponin for growing-finishing swine alone and in combination with an antibiotic at different pig densities. *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl.1):245.

- Friendship, R.M., H.J. Lumsden, I. McMillan, and M.R. Wilson. 1984. Hematology and biochemistry reference values for Ontario swine. *Can. J. Com. Med.* 390-393.
- Galapp, A.K., W.J. Powers, M.A. Faust, and D.S. Bundy. 2002. Effects of dietary ingredients on manure characteristics and odorous emission from swine. *J. Anim Sci.* 80:1512-1519.
- Grandhi, R.R. 2001. Effect of dietary ideal amino acid rations, and supplemental carbohydrase in hullless-barley-based diets on pig performance and nitrogen excretion in manure. *Can. J. Anim. Sci.* 81:125-132.
- Giffard, J.C., B.S. Collins, C.N. Stoodley, F.R. Butterwick, and M.R. Matt. 2001. Administration of charcoal, *Yucca schidigera*, and zinc acetate to reduce malodorous flatulence in dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 218:892-896.
- Harper, A.F., E.T. Kornegay, and Schell. 1997. Phytase supplementation of low-phosphorus growing-finishing pig diets improves performance, phosphorus digestibility, and bone mineralization and reduces phosphorus excretion. *J. Anim. Sci.* 75:3174-3186.
- Hayes, E.T., A.B.G. Leek, T.P. Curran, V.A. Dodd, O.T. Carton, V.E. Beattie, and J.V. O'Doherty. 2004. The influence of diet crude protein level on odour and ammonia emissions from finishing pig houses. *Bioresource technology.* 91:309-315.
- Hillman, R.S., D.R. Boggs, A.R. Thompson, C.A. Finch, A. Winkelstein y L.A. Harker. 1998. *Manual de hematología.* Ed. El manual moderno. México D.F. 463 pp.
- Honeyman, S.M. 1993. Environment-friendly swine feed formulation to reduce nitrogen and phosphorus excretion. *American Journal of Alternative Agriculture.* Volume 8, Number 3, 128-132.
- Hussain, I. and P.R. Cheeke. 1995. Effect of dietary *Yucca schidigera* extract on rumen and blood profiles of steers fed concentrate-roughage-based diets. *Anim Feed Sci Technol.* 51:231-242.
- Ilseley, S.E., H.M. Miller, H.M.R. Greathead, and C. Kamel. 2003. Plant extracts as supplements for lactating sows: effects on piglet performance, sow food intake and diet digestibility. *Animal Science.* 77:247-254.
- Jacobson, L.D., K.A. Janni, and V.J. Jonshon. 1996. Toxic gas and dust concentrations inside Minnesota pigs facilities. *Conference Proceedings: First International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations.* Kansas City, Missouri. pp. 331- 337.
- Jaisankar, S., S. Arunachalam, T. Sivakumar, M.R. Muralidharan, and V. Armes. 2003. Effect of different forms of feeding on air pollution in piggery pens. *Indian Vet. J.* 80:284-286.

- Jones, J.B., L.R. Burgess, J.F. Webster, and C.M. Wathes. 1996. Behavioral responses of pigs to atmospheric ammonia in a chronic choice test. *Animal Science*. 63: 437-445.
- Jones, B.J., C.M. Wathes, C.K. Persaud, P.R. White, and B.R. Jones. 2001. Acute and chronic exposure to ammonia and olfactory acuity for *n*-butanol in the pig. *Applied Animal Behaviour Science*. 71:13-28.
- Jondreville, C., P.S. Revy, and J.Y. Dourmad. 2000. Dietary means to better control the environmental impact of copper and zinc by pigs from weaning to slaughter. *Livestock Production Science*. 84 147-156.
- Jongbloed, AW., and N.P. Lenis. 1992. Alteration of nutrition as a means to reduce environmental pollution by pigs. *Livestock Production Science* 31:75-94.
- Jongbloed, AW., N.P. Lenis, and Z. Mroz. 1997. Impact of nutrition on reduction of environmental pollution by pigs: an overview of recent research. *The veterinary Quarterly*. Vol. 19. No. 3: 130-134.
- Jongbloed, AW., and N.P. Lenis. 1998. Environmental concerns about animal manure. *J. Anim. Sci*. 76:2641-2648.
- Katsunuma, Y., M. Otsuka, Y. Nakamura, R. Toyoda, R. Takada, and H. Minato. 2000. Effects of administration of *Yucca schidigera* Saponins on pig intestinal microbial population. *Animal science journal*. 71(6):594-599.
- Kaya, S., Z. Erdogan, and S. Erdogan. 2003. Effect of different dietary levels of *Yucca schidigera* powder on the performance, blood parameters and yolk cholesterol of laying quails. *J. Vet. Med. A*. 50, 14-17.
- Kraft, H. 1998. Métodos de laboratorio clínico en medicina veterinaria de mamíferos domésticos. Ed. Acribia. pp. 85.
- Killeen, G.F. 1995. Putting to rest the urease inhibition theory for the mode of action of *yucca schidigera* extracts. *Biotechnology in the feed industry proceedings of Alltech's 11 Annual Symposium*. pp 403-413.
- Kocaoğlu, G.B. 2003. Bildircin rasyonlarına katılan *Yucca schidigera* ekstraktinin yumurta verimi ve yumurta kalitesi ile bazı kan parametrelerine etkisi. *Turk J. Vet Anim Sci*. 27:567-574.
- Lee, C., L.R. Giles, W.L. Bryden, J.L. Downing, P.C. Owens, A.C. Kirby, and P.C. Wynn. 2005. Performance and endocrine responses of group housed weaner pigs exposed to the air quality of a commercial environment. *Livestock Production Science*. 93:255-262.
- Leek, A.B.G., V.E. Beattie, and J.V. O'Doherty. 2004. The effects of dietary oil inclusion and oil source on apparent digestibility, faecal volatile fatty acid concentration and manure ammonia emission. *Animal science*. 79:155-164.

Leman, A.D. 1992. Diseases of swine. 7th edition. Iowa state University press/AMC, IOWA, USA. 3-13 pp.

Lenis, N.P. 1989. Lower nitrogen excretion in pigs husbandry by feeding: current and future possibilities. Neth.J. Agric. Sci. 37:61-70.

Li, Y.Z., L. Chenard, S.P. Lemay, and H.W. Gonyou. 2005. Water intake and wastage at nipple drinkers by growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 83:1413-1422.

Lohr, S.L. 1999. Sampling: design and analysis. Duxbury press. USA. 494 pp.

Lyberg, K., A. Simonsson, and J.E. Lindberg. 2005. Influence of phosphorus level and soaking of food on phosphorus availability and performance in growing-finishing pigs. Animal Science. 81:375-381.

Mader, T.L. and M.C. Brumm. 1987. Effect of feeding sarsaponin in cattle and swine diets. J. anim. Sci. 65:9-15.

Mackie, I.R., G.P. Stroot, and H.V. Varel. 1998. Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste. J. Anim. Sci. 76:1331-1342.

Martínez, A.A.M.M. 1990. Uso del ensilado de estiércol, rastrojo de maíz y melaza en la alimentación de becerras Holstein. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de posgraduados.. Montecillo. México.

McAllister, T.A., C.A. Annett, C.L. Cockwill, M.E. Olson, Y. Wang, and P.R. Cheeke. 2001. Studies on the use of *Yucca schidigera* to control giardiasis. Veterinary parasitology. 97:85-99.

McCrary, D.F. and P.J. Hobbs. 2001. Additives to reduce ammonia and emission from livestock wastes: a review. J. Environ. Qual. 30:345-355.

McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. Clin. Chem. 17:297-304.

Miller, D.N. and V.H. Varel. 2003. Swine manure composition affects the biochemical origins, composition, and accumulation of odorous compounds. J. Anim. Sci. 81:2131-2138.

Molloy, S.P., and H. Tunney. 1983. A laboratory study of ammonia volatilization from cattle and pig slurry. Irish J. Agric. Res. 22:37-45.

Moreira, A.J., S.D.M. Silber, N.M Alves da Trindade, and L.J. Bautista. 2003. Phytase enzyme in diets containing defatted rice bran for growing swine. Scientia Agrícola. 60(4):631-636.

Morse, D. 1995. Environmental considerations of livestock producers. *J. Anim. Sci.* 73:2733-2740.

Mroz, Z., A.W. Jongbloed, K.H. Partanen, K. Vreman, P.A. Kemme, and J. Kogut. 2000. The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. *J. Anim. Sci.* 78:2622-2632.

Mueller, J.P., J.P. Zublena, M.H. Poore, J.C. Barrer and J.T. Green. 1994. Managing pasture, and hay fields Receiving nutrients from anaerobic swine wastw lagoons. North Caroline cooperative extension service. 21 pp.

Murphy T., and C. Cargill. 2004. The effects of indoor air pollutants on the health and production of growing pigs. *Pigs News and information.* 25(1), 35N-44N.

Ni, J., J. Hendriks, J. Coenegrachts, and C. Vinckier. 1999a. Production of carbon dioxide in a fattening pig house under field conditions. I. Exhalation by pigs. *Atmospheric Environment.* 33:3691-3696.

Ni, J., J. Hendriks, C. Vinckier, and J. Coenegrachts. 1999b. Production of carbon dioxide in a fattening pig house under field conditions. II. Release from the manure. *Atmospheric Environment.* 33:3697-3703.

Nicks, B., M. Laitat, F. Farnir, M. Vandenheede, A. Desiron, C. Verhaeghe, and B. Canart. 2004. Gaseous emissions from deep-litter pens with straw or sawdust for fattening pigs. *Animal science.* 78:99-107.

NOM-001-ECOL-1996. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México.

NRC, 1998. Nutrient Requirement of Swine. Tenth revised edition. National Academy Press, Washington, D C. 211 pp.

Odink, J., J.F.M. Smeets, IJR. Visser, H. Sandman, and J.M.A. Snijders. 1990. Hematological and clinicochemical profiles of healthy swine and swine with inflammatory processes. *J. Anim. Sci.* 68:163-170.

O'Connell, M. K., P.B. Lynch, and J.V. O'Doherty. 2005a. Determination of the optimum dietary lysine concentration for growing pigs housed in pairs and in groups. *Animal Science.* 81:249-255.

O'Connell, J. M., T. Sweeney, J.J. Callan, and J.V. O'Doherty. 2005b. The effects of cereal type and exogenous enzyme supplementation in pigs diets on nutrient digestibility, intestinal microflora, volatile fatty acid concentration and manure ammonia emission from finisher pigs. *Animal science.* 81:357-364.

Oleszek, W., M. Sitek, A. Stochmal, S. Piacente, C. Pizza, and P. Cheeke. 2001. Steroidal saponins of *Yucca schidigera* Roetzl. J. Agric. Food Chem. 49:4392-4396.

Pérez, E.R. 1998. Porcicultura intensiva y medio ambiente en México situación actual y perspectivas. <http://www.cipav.org.co/cipav/confr/espejo.htm>

Pfeiffer, A. and H. Henkel. 1991. The effect of different dietary protein levels on water intake excretion of growing pigs. 5th Symposium on digestive physiology in pigs. Wageningen. Netherlands. pp. 126-131.

Plonait, H., K. Bick. 2001. Manual de enfermedades del cerdo. Ed. Acribia. Zaragoza España. pp.184.

Portejoie, S., J.Y. Dourmand, J. Martinez, and Y. Lebreton. 2004. Effect of lowering dietary crude protein on nitrogen excretion, manure composition and ammonia emission from fattening pigs. Livestock production science. 91:45-55.

Ramírez, F., M. Meraz, C. Fajardo y O. Monroy. 1994. Técnica para la determinación de actividad metanogénica en lodos anaerobios. III taller y seminario Latinoamericano, tratamiento anaerobio de aguas residuales. Montevideo Uruguay. pp 443-446.

Robertson, J.F., D. Wilson and W.J. Smith. 1990. Atrophic rhinitis: the influence of the aerial environment. Animal production. 50:173-182.

Ryan, J.P. and T. Quinn. 1999. Some beneficial effects of *Yucca* plant extracts in sheep and other domestic animals. University College Dublin. 2 pp.

Ryan, J. P., T. Quinn, J. Mullally, and B.F. Leek. 2003. The effects of different fractions of yucca plant extract (De-Odorase) on the fermentation on the fermentation of in ovine ruminal fluid in vitro. The international journal of applied research in veterinary medicine. Vol. 1:(2).

Ryan, P., T. Quinn, and F.B. Leek. 2001. Effect of De-odorase on blood urea and blood ammonium levels in hay-fed sheep. Irish Veterinary Journal. 54(7)339-341.

Rush, I.G., B.A. Weichenthal, and B.G. Van Pelt. 1994. *Yucca* extract with and without *Aspergillus oryzae* for finishing steers. J Anim Sci. 72 (Suppl. 1): 299.

Selle, P.H., A.R. Walker, and W.L. Bryden. 2003. Total and phytate-phosphorus contents and phytase activity of Australian-sourced feed ingredients for pigs and poultry. Australian Journal of Experimental Agriculture. 43, 475-479.

Sharpe, R.R and L.A. Harper. 1999. Methane emissions from an anaerobic swine lagoon. Atmospheric environment. 33: 3627-3633.

Śliwiński, B.J., C.R. Soliva, A. Machmüller, and M. Kreuzer. 2002a. efficiency of plant extracts rich in secondary constituents to modify rumen fermentation. *Animal feed science and technology*. 101:101-114.

Śliwiński, B.J., M. Kreuzer, H.R. Wettstein, and A. Machmüller. 2002b. Rumen fermentation and nitrogen balance of lambs fed diets containing plant extracts rich in tannins and saponins, and associated emissions of nitrogen and methane. *Arc. Anim. Nutr.* Vol. 56. pp. 379-392.

Statistical Analysis System. 1998. SAS system for windows: statistical version 6.11 Cary, N.C.

Steel, D.R.G., H.J. Torrie, and A.D. Dickey. 1997. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. Ed. McGraw-Hill. E.U. pp. 604.

Sutton, A.L., K.B. Kephart, M.W.A. Verstegen, T.T. Canh and P.J. Hobbs. 1999. Potential for reduction of odorous compounds in swine manure through diet modification. *J. Anim. Sci.* 77:430-439.

Sutton, A.L., K.B. Kephart, J.A. Petterson, R. Mumma, D.T. Kelly, E. Bugs, D.D. Jones, and A. Heber. 1997. Dietary manipulation to reduce ammonia and odor compounds in excreta and anaerobic manure storages. In *Proc. Int. simp. Ammonia and odour control from anim. Facilities*, Vinkeloord, The Netherlands. pp 422-427.

Swindle, M.M., A.C. Smith, K.L. Laber, J.A. Goodrich and S.A. Bingel. 2003. Biology and medicine of swine. International veterinary information service. Ithaca N.Y. (www.ivis.org) pp. 1-17.

Tamminga, S. 2003. Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production. *Livestock Production Science*. 84 101-111.

Tejada, H.I. 1992. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. Ed. SEP. 285-287 pp.

Thacker, P.A. and R.W. Newkirk. 2004. Performance of growing-finishing pigs fed barley-based diets containing toasted or non-toasted canola meal. *Can. J. Anim. Sci.* 85:53-59.

Urbain, B., P. Gustin, J.F. Prouvost, and Ansay. 1994. Quantitative assessment of aerial ammonia toxicity to the nasal mucosa by use of the nasal lavage method in pigs. *Am. J. Vet. Res.* 55. 1335-1340.

Van der Peet-Schwering, C.C., N. Verdoes, .M. P. Voermans and G.N. Beelen. 1996. Effect of feeding and housing on the ammonia emission of growing and finishing pigs facilities. *Research institute of pigs husbandry Rep. P. 5.3.* pp. 27-28.

van't Klooster, C. E., and B.P. Heitlager. 1994. Determination of minimum ventilation rate in the pig houses with natural ventilation based on carbon dioxide balance. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 57. 279:287.

Verstegen, M.W.A., L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen, and J.H.M. Metz. 1993. Nitrogen flow in pig production and environment consequences, in: M.W.A. Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen, and J.H.M. Metz (Ed.9 Nitrogen flow in pig production and environmental consequences. *Eaap Publ. No. 69*. p493. Pudoc, Wagening, The Netherlands.

Voermans, J.A.M., N. Verdoes, and L.A. den Hartog. 1994. Environmental impact of pig farming. *Pig news and information*. Vol. 15. no 2. 51N-54N.

Voigt, G.L. 2003. *Conceptos y técnicas hematológicas para técnicos veterinarios*. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza España. 144 pp.

Wallace, R.J., L. Arthaud and C.J. Newdold. 1994. Influence of *Yucca schidigera* extract on ruminal ammonia concentrations and ruminal microorganisms. *Appl Environ Microbiol*. 60:1762-1767.

Wang, Y., T.A. McAllister, L.J. Yanke and P.R. Cheeke. 2000. Effect of steroidal saponin from *Yucca schidigera* extract on ruminal microbes. *Journal of applied microbiology*. 88:887-896.

Wang, J.F., Y.H. Zhu, D.F. Li, M. Wang, and B.B. Jensen. 2004. Effect of type and level of dietary fibre and starch on ileal and faecal microbial activity and short-chain fatty acid concentrations in growing pigs. *Animal science*. 78.109-117.

Wathes, C M., Demmers T G M., Teer N., White R P., Taylor L L., Bland V., Jones P., Armstrong D., Gresham A C J., Hartung J., Chennells D J. and Done S H. 2004. Production responses of weaned pigs after chronic exposure to airborne dust and ammonia. *Animal Science* 78:87-97.

Wilson, R.C., T.R. Overton, and J.H. Clark. 1998. Effects of *Yucca schidigera* extract and soluble protein on performance of cows and concentrations of urea nitrogen in plasma and milk. *J. Dairy Sci*. 81:1022-1027.

Whittemore, C. 1993. *Ciencia y práctica de la producción porcina*. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza España. 513-515 pp.

Zervas, S. and Zijlstra R T. 2002. Effects of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs. *J. Anim. Sci*. 80:3247-3256.

Anexos

Solución salina para determinación de gases por cromatografía

- 1.- Se adiciona Cloruro de Sodio a agua, hasta saturar la solución.
- 2.- Se agrega Ácido Clorhídrico al 3% hasta lograr bajar el pH de la solución a 2.
- 3.- Se agrega Rojo de Metilo.

Preparación de los tubos

Los tubos se llenan completamente con solución salina se colocan las septas y se cubren con las tapas de rosca perforada, se colocan con el tapón hacia abajo en una gradilla. Para guardar la muestra de gas en el tubo se verifica que en éste no exista ninguna burbuja y se introduce una aguja hipodérmica (calibre 0.70 mm x 32 mm) con la finalidad de que la solución se desplace y se recupere en un vaso de precipitado al introducir el gas que se inyecta con una jeringa de 10 ml.

Perfil bioquímico

Las muestras sanguíneas sin anticoagulante se centrifugaron a 2,500rpm durante 5 minutos, para la obtención de suero.

Glucosa.- es necesario separar los componentes celulares de la muestra para evitar que los eritrocitos consuman glucosa, esto se logra centrifugando la muestra en un periodo no mayor a 30 minutos de la extracción.

Del suero se adicionan 10 microlitros a un tubo con 1 mL de reactivo para incubarse a 37 °C durante 10 minutos. Se lee la muestra en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 505 nm.

Cálculos:

$$\frac{(A) \text{ Muestra} \times 100 (\text{Concentración Patrón})}{(A) \text{ Patrón}} = \text{mg/dL de glucosa en la muestra}$$

Factor de conversión: mg/dl x 0,0555 = mmol/L

Determinación cuantitativa de proteínas totales.- se realiza con 1 mL de reactivo de Biuret y 25 microlitros de suero, los cuales se incuban a 37 °C durante 15 minutos y se mantiene durante 5 minutos a temperatura ambiente (15-25 °C). La absorbancia se lee a una longitud de 540 nm.

Cálculos:

$$\frac{(A) \text{ Muestra} \times 7(\text{Concentración Patrón})}{(A) \text{ Patrón}} = \text{g/dL de proteínas totales}$$

Albumina.- se necesita 1 mL de reactivo (verde bromocresol) y 5 microlitros de suero, se mezclan y se incuban durante 5 minutos y se leen a una longitud de onda de 630 nm.

$$\frac{(A) \text{ Muestra} \times 5 (\text{Concentración Patrón})}{(A) \text{ Patrón}} = \text{g/dL de albúmina en la muestra}$$

Factor de conversión: g/dL x 144,9 = micromol/L

Creatinina.- se adicionan 100 microlitros de suero y 1 mL de reactivo (ácido pícrico 17.5 mmol/L e hidróxido sódico 0.29 mol/L), se mezclan, se incuban a 37 °C y se lee a una longitud de onda 492 nm.

Cálculos:

$(A) \text{ Muestra} \times 2 \text{ (Concentración Patrón)} = \text{g/dL de creatinina en la muestra}$

$(A) \text{ Patrón}$

Factor de conversión: $\text{mg/dL} \times 88,4 = \text{mmol/L}$

Urea- Se adiciona en un tubo 25 microlitros de suero diluido con agua destilada en una dilución de 1:50, mas 1 mL del reactivo 1 (ortoftalaldehido 4.8 mmol/L), se mezcla y se añade 1 mL del reactivo 2 (borato 87 mmol/L), se mezcla, se incuba a 37 °C durante 15 minutos y se lee a una longitud de onda de 510 nm.

Cálculos:

$(E2-E1) \text{ Muestra} \times \text{concentración estándar} = \text{concentración de la muestra}$

$(E2-E1) \text{ estándar}$

Factor de conversión: $\text{mg/dL} \times 0.1665 = \text{mmol/L}$

Perfil hemático

Las muestras se obtienen en tubos con anticoagulante ya sea heparina o EDTA (ácido etilendiaminotetraacético). La determinación del hematocrito se realiza mediante centrifugación de la sangre la cual se separa en tres capas, la masa eritrocítica en el fondo denominada volumen globular o Vg, una capa blanca o gris de leucocitos y trombocitos situada inmediatamente por encima de la masa de glóbulos rojos y que se denomina capa anteada o costra flogística y el plasma sanguíneo.

Hematocrito, se toma una muestra de sangre con un anticoagulante y se llena las $\frac{3}{4}$ partes de un tubo de capilaridad, se sella este con fuego por el lado que no tiene sangre, y se centrifuga durante 5 minutos a 10,000 rpm en una microcentrifuga y se interpreta mediante un medidor de hematocrito.

Concentración de proteínas plasmáticas totales, se determinan mediante un refractómetro de Goldberg. El tubo capilar se rompe por encima del paquete celular y se depositan unas cuantas gotas de plasma sobre el prisma del refractómetro. La lectura se realiza en el punto donde la línea que separa el campo claro del oscuro cruza la escala.

Conteo eritrocitario y leucocitario, se llena una pipeta de dilución la cual consta de una parte tubular calibrada y de un bulbo o cámara de mezcla con una perlita de vidrio para facilitar la dispersión uniforme de las células en el diluyente. La parte calibrada se divide en diez partes iguales, cuyo total es una unidad. En el lado opuesto del bulbo aparece el número 11 en la pipeta de glóbulos blancos y el número 101 en la de los glóbulos rojos. Por suave succión se aspira la sangre en la pipeta hasta la marca deseada (según cada pipeta la cual se diferencia por la graduación y el color del agitador, para GB agitador blanco, GR agitador rojo). La pipeta para glóbulos blancos proporciona una dilución de 1 en 20 y la de los glóbulos rojos una dilución de 1 en 200. El diluyente para recuento de leucocitos contiene un ácido que produce la lisis de los glóbulos rojos. Puede emplearse HCl al 1% o ácido acético al 2%. Se agrega 1 ml de solución acuosa de violeta de genciana al 1% a cada 100 ml de diluyente para los leucocitos a fin de distinguirla de otras soluciones empleadas en el laboratorio. El líquido para la dilución de los glóbulos rojos debe ser isotónico. Se emplean comúnmente solución de Hayem, de Gower o una solución salina al 0.85%.

El conteo se realiza en una cámara de Neubauer después de haber mezclado por tres minutos las diferentes soluciones, el conteo de GB se realiza en el los 4 cuadrantes de los extremos de la cámara y el conteo de los GR se realiza en 5 cuadrantes de rayado fino en los extremos y en el centro, después del conteo el numero de GB se multiplica por 50, y el numero de GR contados se multiplicara por 10 dando la cantidad de células por decilitro.

Hemoglobina, el volumen corpuscular medio VCM. Indica el tamaño medio de los glóbulos rojos. Las células normocíticas son aquellas que tienen un VCM normal, las macrocíticas tienen un VCM elevado y las microcíticas un VCM bajo. Hemoglobina corpuscular media HCM indica la cantidad en peso de la hemoglobina que hay en un

eritrocito medio. Depende del tamaño de los eritrocitos y su concentración media de hemoglobina.

Frotis sanguíneo, Se deposita una gota de sangre en un extremo de un porta objetos de cristal utilizando un tubo capilar. Se coloca otro portaobjetos delante de la gota de sangre formando un ángulo de 20-40°. El porta objetos se desliza hacia atrás hasta que su borde corto entra en contacto con la gota de sangre y ésta se extiende a lo largo de todo el borde, luego se hace avanzar suave y rápidamente para dar lugar a una extensión con un borde en forma de pluma. El frotis se deja secar al aire y luego se fija con metanol durante tres minutos antes de ser teñido con tinción de Wrigth o de May-Grünwald Giemsa.

Examen de eritrocitos, se debe examinar el color las células policromatífilas son más grandes que los eritrocitos y se tiñen de color azul. El incremento de éstas se denomina policromasia y significa que ha habido un aumento en la liberación de GR inmaduros desde la médula ósea. Tamaño, el término anisocitosis se refiere a la variación del tamaño celular, que puede ser debida a la presencia de células macrocíticas o microcíticas (deficiencia de hierro). Forma, la poiquilocitosis describe una alteración en la morfología de los eritrocitos y puede ser indicativa de una alteración de la eritropoyesis o una disfunción de un órgano específico y pueden ser leptocitos (células diana), acantocitos (células espuela), esferocitos (forma de esfera), esquistocitos (fragmentados), crenocitos (proyecciones protoplásmicas cortas); con inclusiones como cuerpos de Howell-Jolly, Heinz.

Recuento diferencial de leucocitos, se realiza contando 200 leucocitos en un frotis sanguíneo. Las células se cuentan en el borde largo de la extensión mediante el método de las almenas, contándose 4 campos de gran aumento en una dirección, luego 4 más de forma perpendicular a la primera y así sucesivamente siguiendo la forma de las almenas de los castillos. Se determina el porcentaje de cada tipo de célula y luego se multiplica este porcentaje por el número total de leucocitos para obtener un recuento absoluto de cada uno de los tipos celulares. Los leucocitos se dividen en granulocíticos: neutrofilos (banda, segmentados, hiper segmentados) agranulocíticos: linfocitos y monocitos (Kraft, 1998; Davidson, 2000).