

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO
AGROPECUARIAS



**"APROVECHAMIENTO DEL AGUACATE DE DESECHO EN LA
ALIMENTACIÓN DEL CERDO PELÓN MEXICANO Y CERDO COMERCIAL"**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
ZOOTECNICAS Y VETERINARIAS**

PRESENTA:

M.V.Z. FERNANDO GRAGEOLA NÚÑEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. CLEMENTE LEMUS FLORES

CO-DIRECTOR

DR. JULIO LY CARMENATTI

ASESORES

DR. ALEJANDRO ANGEL GÓMEZ DANÉS

DRA. LEONOR SANGINÉS GARCÍA

DR. MIGUEL CERVANTES RAMIREZ



**SISTEMA DE BIBLIOTECAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE NAYARIT**

Xalisco, Nayarit; Septiembre del 2009

DR. DIEGO GARCÍA PAREDES

COORDINADOR DEL POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO-AGROPECUARIAS
(CBAP).

PRESENTE.

Asunto: Liberación de la tesis del

C. MVZ Fernando Grageola Núñez

Los suscritos, integrantes del Consejo Tutorial del C. MVZ Fernando Grageola Núñez, declaramos que hemos revisado en forma y contenido la tesis "Aprovechamiento del aguacate de desecho en la alimentación del cerdo Palón Mexicano y cerdo comercial" y en nuestra opinión, cumple el requisito parcial para obtener el Grado de Maestría en el área de Ciencias Zootécnicas y Veterinarias.

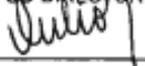
CONSEJO TUTORIAL

DIRECTOR



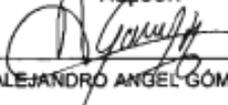
DR. CLEMENTE LEMUS FLORES

CO-DIRECTOR



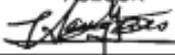
DR. JULIO LY CARMENATTI

ASESOR



DR. ALEJANDRO ANGEL GÓMEZ DANÉS

ASESOR



DRA. LEONOR SANGINÉS GARCÍA

ASESOR



DR. MIGUEL CERVANTES RAMÍREZ

Xalisco, Nayarit, Agosto de 2009

DEDICATORIA

A MIS PADRES CON MUCHO CARIÑO Y AMOR
Juan Grageola García y Francisca Núñez Ulloa

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme vida, salud y permitirme cumplir un logro más en mi vida profesional.

A la **Universidad Autónoma de Nayarit**, parte fundamental en mi formación profesional.

Al **Posgrado en Ciencias Biológico y Agropecuarias (CBAP)** por la oportunidad otorgada para realizar mis estudios de posgrado.

Al **Instituto de Investigaciones Porcinas** de la Habana, Cuba, por todas las facilidades y el buen trato que siempre me brindaron todas las personas que colaboraron en mi enseñanza.

Al **Instituto Nacional de Ciencias Medicas y Nutrición Salvador Zubirán**, por su valiosa colaboración en el desarrollo de ésta investigación.

En particular, al **Dr. Rubén Pérez González** director de la Unidad Académica de Agricultura por el apoyo y todas las facilidades brindadas para la realización de mi tesis.

De forma muy especial, al **Dr. Clemente Lemus Flores**, por ser parte esencial en mi formación profesional, a quien aprecio, respeto y admiro, gracias por todas sus enseñanzas, por confiar en mi y por siempre alentarme a superarme, pero más que nada por ser un gran amigo.

De manera muy especial, al **Dr. Julio Ly Carmenatti**, por su valiosa colaboración, siendo parte primordial en la realización y culminación de mi tesis, a quien aprecio, respeto, admiro y agradezco enormemente sus sabios consejos, su apoyo incondicional y más que nada por su gran amistad que será para siempre.

Al comité tutorial: **Dra. Leonor Sanginés García, Dr. Miguel Cervantes Ramírez, Dr. Alejandro Ángel Gómez Danés**, por su ayuda, confianza, amistad y asesoramiento constante en los diferentes aspectos inherentes a la tesis.

A todos mis maestros del Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, por transmitirme de manera incondicional sus experiencias y conocimientos.

A mis amigos: **Alejandro, José Luis, Valentín, Cristian, Laura, Job, Otoniel, Yahel, Vanía y Mariela** por su gran amistad y apoyo en los momentos más difíciles en ésta travesía académica.

Al **Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Nayarit (COCYTEN)** por el apoyo económico otorgado para la impresión y empastado de la tesis.

A todas las personas que con su granito de arena contribuyeron en el desarrollo de ésta investigación.

	CONTENIDO	Pág.
	DEDICATORIA	i
	AGRADECIMIENTOS	ii
	INDICE GENERAL	iii
	INDICE DE CUADROS	vi
	INDICE DE FIGURAS	viii
	INDICE DE ABREVIATURAS	ix
	RESUMEN	x
I	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Planteamiento del problema	2
1.2	Justificación	2
1.3	Hipótesis	3
II	OBJETIVOS	3
2.1	Objetivo general	3
2.2	Objetivos específicos	3
III	REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1	Aguacate	4
3.1.1	Producción y desecho	5
3.1.2	Características nutritivas	7
3.2	Orígenes del cerdo criollo	9
3.2.1	El cerdo criollo en México	10
3.2.2	El cerdo Pelón Mexicano	12
3.2.3	El cerdo Pelón Mexicano en Nayarit	13
3.3	Digestibilidad	14
3.3.1	Procesos digestivos del cerdo	15
3.3.2	Determinación del valor nutritivo de los alimentos	16
3.3.3	Digestibilidad <i>in vivo</i>	16
3.3.4	Métodos indirectos de la determinación de la digestibilidad	17
IV	MATERIALES Y METODOS	18
4.1	Investigación 1: Determinación de la composición física y química del aguacate Hass y Criollo de los municipios de Tepic y Xalisco, Nayarit	18
4.1.1	Origen y preparación de las muestras	18

4.1.2	Análisis químicos	19
4.1.3	Diseño experimental y análisis estadístico	20
4.2	Características de las investigaciones realizadas en cerdos	21
4.2.1	Sitio de ejecución de los experimentos	21
4.2.2	Origen y tipo de los animales	21
4.2.3	Alojamiento de los animales	22
4.2.4	Características de las dietas	23
4.2.5	Preparación y suministro de alimento	24
4.3	Investigación 2: Patrón de consumo de cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial alimentados con dietas de pulpa fresca de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.)	24
4.3.1	Manejo de animales	24
4.3.2	VARIABLES A MEDIR	25
4.4	Investigación 3: Salida fecal en cerdos Pelón Mexicano y comerciales alimentados con pulpa fresca de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.)	25
4.4.1	Manejo de los animales	25
4.4.2	Recolección de muestras	25
4.4.3	Cálculo de la salida fecal de materiales	26
4.5	Investigación 4: Balance de nitrógeno y energía, y digestibilidad de nutrimentos en cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial alimentado con pulpa fresca de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.)	26
4.5.1	Recolección de muestras	26
4.5.2	Determinaciones de laboratorio	27
4.5.3	Cálculo de digestibilidad de la pulpa fresca de aguacate	27
4.5.4	Cálculos para la determinación del balance de nitrógeno y energía	27
4.5.4.1	Digestibilidad y balance de nitrógeno	27
4.5.4.2	Digestibilidad y balance de energía	28

4.5.5	Cálculo de la digestibilidad por el método directo	29
4.5.6	Diseño experimental y análisis estadístico	29
4.6	Investigación 5: Comparación de la digestibilidad por el método directo e indirecto de cenizas insolubles en ácido en cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial, alimentados con dieta de pulpa fresca de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.)	30
4.6.1	Método indirecto (cenizas insolubles en ácido)	30
4.6.2	Determinaciones de laboratorio	30
4.6.3	Cálculo de la digestibilidad por el método indirecto	30
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
5.1	Investigación 1: Determinación de la composición física y química del aguacate Hass y Criollo	32
5.2	Investigación 2: Patrón de consumo de cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial alimentados con dietas de pulpa fresca de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.)	35
5.3	Investigación 3: Salida fecal en cerdos Pelón Mexicano y comerciales alimentados con pulpa fresca de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.)	40
5.4	Investigación 4: Balance de nitrógeno y energía, y digestibilidad de nutrimentos en cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial alimentados con pulpa fresca de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.)	41
5.5	Investigación 5: Comparación de la digestibilidad por el método directo e indirecto de cenizas insolubles en ácido en cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial, alimentados con dieta de pulpa fresca de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.)	48
VI	CONCLUSIONES	52
6.1	Recomendaciones	53
VII	LITERATURA CITADA	54
VIII	ANEXOS	67
7.1	Fotografía 1. Corrales individuales	67
7.2	Fotografía 2. Jaulas metabólicas	68

INDICE DE CUADROS		Pág.
Cuadro 1	Producción nacional del aguacate de la modalidad de riego y temporal	5
Cuadro 2	Producción del aguacate por variedad en la modalidad de riego y temporal en el estado de Nayarit	6
Cuadro 3	Producción de aguacate en el estado de Nayarit por distrito y municipio	7
Cuadro 4	Ingredientes de las dietas experimentales (por ciento en base seca)	23
Cuadro 5	Estimado de nutrimentos y energía de las dietas experimentales (por ciento en base seca)	23
Cuadro 6	Composición física de aguacates maduros cosechados en el estado de Nayarit	32
Cuadro 7	Composición química del mesocarpio de aguacates maduros del estado de Nayarit (por ciento en base seca)	33
Cuadro 8	Perfil de ácidos grasos presentes en mesocarpio de aguacates del estado de Nayarit. Efecto variedad	34
Cuadro 9	Perfil de ácidos grasos presentes en mesocarpio de aguacates del estado de Nayarit. Efecto localidad	35
Cuadro 10	Influencia del genotipo en rasgos del patrón de consumo en cerdos	36
Cuadro 11	Influencia de la dieta en rasgos de patrón de consumo en cerdos en crecimiento	37
Cuadro 12	Índices digestivos en cerdos en crecimiento alimentados con dietas de pulpa fresca de aguacate. Efecto del genotipo	40
Cuadro 13	Índices digestivos en cerdos en crecimiento alimentados con dietas de pulpa fresca de aguacate. Efecto del nivel de fruta en la dieta	41
Cuadro 14	Digestibilidad rectal aparente de nutrimentos y energía en cerdos en crecimiento alimentados con dietas con pulpa fresca de aguacate	42

Cuadro 15	Digestibilidad rectal aparente de la pulpa fresca de aguacate en cerdos en crecimiento calculada por el método de diferencia	43
Cuadro 16	Balance de nitrógeno en cerdos en crecimiento alimentados con dietas con pulpa fresca de aguacate	45
Cuadro 17	Balance de energía en cerdos en crecimiento alimentados con dietas con pulpa fresca de aguacate	46
Cuadro 18	Matriz de correlación de Pearson de índices digestivos en cerdos en crecimiento alimentados con dietas de aguacate	48
Cuadro 19	Digestibilidad rectal aparente de nutrimentos en cerdos por el método directo ó por el método indirecto	49
Cuadro 20	Coefficientes de correlación de Pearson entre valores de digestibilidad calculados por el método indirecto	50

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Frecuencia de ingestión de harina de cereales y granos en cerdos. Efecto del genotipo.	38
Figura 2	Frecuencia de ingestión de pulpa fresca de aguacate en cerdos. Efecto del genotipo.	39
Figura 3	Digestibilidad de la materia orgánica predicha a través del método indirecto.	51

INDICE DE ABREVIATURAS

$^{\circ}\text{C}$ = Grados Celsius

CaCO_3 = Carbonato de calcio

CAI= Cenizas insolubles en ácido

$\text{CaPO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ = Fosfato ácido de calcio dihidratado

cm= Centímetros

E= Energía

EE= Extracto etéreo

g/kg= Gramos sobre kilogramos

g= Gramos

g MS= Gramos de materia seca

ha= Hectárea

Kg= Kilogramos

Mcal= Megacalorías

mL/min= Mililitros sobre minutos

mL= Mililitros

mm= Milímetros

MO= Materia orgánica

MS= Materia seca

N= Nitrógeno

NaCl= Cloruro de sodio

PVC= Cloruro de polivinilo

t= Tonelada

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue analizar el valor nutritivo del aguacate de desecho nayarita como una alternativa de alimentación no convencional en cerdos en crecimiento. Se realizaron cinco investigaciones, en cuatro de ellas se utilizaron los mismos animales (cuatro cerdos Pelón Mexicano, PM, y cuatro Yorkshire x Landrace, YL) alimentados con una dieta convencional con 0 y 20% de pulpa fresca de aguacate Hass de desecho, bajo un diseño de cambio en un arreglo factorial 2x2. En la primera investigación se determinó la composición física de la fruta y de los nutrimentos de la pulpa de aguacate del Hass de exportación, Hass de desecho y Criollo de origen nayarita, en tres localidades de Nayarit. Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3x3. No hubo interacción ($P>0.05$) tipo de fruta x localidad. Se observó un bajo contenido de MS y de proteína bruta (21.9 y 7.7%, respectivamente), y un alto contenido de MO y EE (92.9 y 65.7%, respectivamente). Los aguacates Hass de desecho tuvieron una mayor cantidad de MS pero una menor cantidad de proteína bruta (34.7 y 4.4% respectivamente). La pulpa de aguacate tuvo un grado de insaturación (55.2% fueron monoinsaturados y 19.4% de poliinsaturados). El aguacate Hass de desecho fue el más alto en ácido oleico (48.3%). Estos datos indican que el aguacate Hass nayarita de desecho, puede ser aprovechado, como una alternativa en la alimentación animal. En la segunda investigación se realizó un patrón de consumo con dietas con pulpa fresca de aguacate (0 y 20% de una dieta de cereales). La interacción genotipo x dieta no fue significativa ($P>0.05$). Durante las dos horas consecutivas a la distribución de la comida, el alimento ingerido fue 67.8 y 69.1% del brindado en los cerdos mejorados o en los PM. Se sugiere que el suministro de dietas convencionales sustituidas parcialmente por pulpa fresca de aguacate determina una disminución en el tamaño de ración y en el tiempo comiendo, lo que pudiera prolongar el acto prandial a lo largo de la jornada. En lo que respecta a la tercera investigación, el estudio de la salida fecal en cerdos PM y de tipo comercial, no se halló efecto significativo ($P>0.05$) en la interacción genotipo x dieta. Se encontró que los cerdos PM mostraron una digestibilidad rectal de MS que representó el 98.1% de la correspondiente a los cerdos mejorados (86.5 y 88.2%, respectivamente). En la cuarta investigación, en la digestibilidad rectal aparente no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) en la digestibilidad aparente de MS, N, energía, cenizas y materia orgánica cuando los dos fueron comparados en el sitio rectal. En contraste, la digestibilidad aparente de la grasa fue superior ($P<0.001$) cuando los cerdos se alimentaron con la dieta que contenía pulpa fresca de aguacate. La digestibilidad rectal de la pulpa fresca de aguacate calculada por diferencia para cerdos en crecimiento fue 86.57, 83.82, 83.44, 84.08 y 82.13% para la MS, materia orgánica, extracto etéreo acidificado, energía y N, respectivamente. La pulpa de aguacate en la dieta redujo la retención de N, expresado como g/día, % de consumo, ó % de N digerido ($P<0.05$). Por otro lado, los cerdos YL retienen más N, expresado como g/día ($P<0.001$), % de consumo, ó % de digerido ($P<0.05$). En el balance de energía se obtuvo un alto efecto significativo ($P<0.001$) en el consumo de energía por los cerdos de la pulpa de aguacate. Por otra parte, la retención de energía expresada como porcentaje de la energía digerida, fue mejor ($P<0.05$) en la raza YL, comparados con los cerdos PM. En la quinta investigación, se comparó la digestibilidad de nutrimentos por el método directo e indirecto (CAI). No hubo diferencias ($P>0.05$) en la digestibilidad rectal de MS, energía y N entre métodos

(MS, 86.9 y 85.2%; N, 83.1 y 82.4%; energía, 84.9 y 84.3%). Solamente se encontró efecto significativo ($P<0.05$) por método para la digestibilidad de MO en ambos genotipos, observando que el método indirecto sobreestimó ligeramente el valor de digestibilidad rectal de la MO. Se puede concluir que el aguacate Hass de exportación y de desecho muestran una composición química similar, que la digestibilidad de grasa y energía de la pulpa fresca de aguacate Hass es alta y semejante en cerdos mexicanos Pelón Mexicano ó YL. La digestibilidad rectal del N de la pulpa de aguacate no parece ser eficiente. La retención de N tampoco parece ser eficiente en los cerdos Pelón Mexicano.

Palabras claves: aguacate, digestibilidad, Pelón Mexicano, ácidos grasos.

I.- INTRODUCCION

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es una fruta de temporada, la cual se presenta en dos periodos en el hemisferio norte, agosto-octubre, que es cuando se tiene la mayor producción, y otra en enero-marzo. Este cultivo se encuentra en la mayoría del territorio mexicano, siendo Michoacán, Morelos y Nayarit los principales productores a nivel nacional.

La utilización de aguacate en la dieta de cerdos no es algo nuevo a nivel rural, ya que entidades muy separadas de la masa urbana han utilizado ésta fruta principalmente en animales de traspatio, como lo ha sido durante mucho tiempo el cerdo Pelón Mexicano.

El aguacate es un alimento nutritivo, ya que cuenta con ácidos grasos con una mayor proporción monoinsaturados, por lo tanto, es muy atractivo como fuente de grasa y energía, así mismo contribuye con otros nutrimentos en la dieta de los seres humanos.

El conocimiento sobre el uso del aguacate en la alimentación y nutrición del ganado porcino es de naturaleza empírica. Por lo tanto, se hace necesario el estudio y evaluación de esta fruta, para determinar su composición, así como el nivel de aprovechamiento de los nutrimentos que contiene y sus efectos en el perfil de ácidos grasos del animal, ya que estos pudieran modificarse y provocar cambios en la calidad de la carne.

De manera general, los estudios sobre la utilización del aguacate en la alimentación de animales monogástricos de interés económico para la producción de carne, son muy escasos ya que la mayoría de las investigaciones se han llevado a cabo en animales de laboratorio.

1.1.- Planteamiento del problema

La corta vida poscosecha de frutas como el aguacate, es un gran problema para el productor, ya que si no se cuenta con una buena demanda del producto, éste perece; por otra parte la ausencia de métodos de almacenamiento como la refrigeración provoca grandes pérdidas económicas. Otro problema que se ocasiona es la contaminación ambiental, debido a que no se dispone convenientemente de los desperdicios, además de la falta de aprovechamiento apropiado de las frutas que carecen de demanda en el mercado local. Otro aspecto a considerar, es la escasa tecnología en el proceso de empaque de frutas de temporada, que han provocado gran merma en la producción poscosecha. Hasta la fecha a toda esta pérdida que ha llegado a ser hasta de un 40 %, no se ha manejado ninguna alternativa para su uso.

1.2.- Justificación

Se define como aguacate de desecho a toda fruta cosechada y acopiada que sufre descalificación en el proceso del empaque y no llega a comercializarse, o que no es adquirida en el mercado local.

La carencia de tecnología en el proceso de empaque del aguacate, ha provocado gran merma en la producción poscosecha, por lo tanto ha dado la pauta para pensar en algunas alternativas para el aprovechamiento de ese tipo de alimento, manejándolo como no convencional en la alimentación de animales monogástricos como el cerdo. Por otro lado en la producción porcina, hasta un 70 % u 80 % del costo total de la producción es atribuible a la alimentación; por lo tanto, se pudiera disminuir el costo de la dieta, se tendrían mejores ganancias en la producción comercial y también de autoconsumo.

Además, si los ácidos grasos presente en el aguacate fueran adquiridos por el cerdo, probablemente se mejoraría la calidad del producto cárnico, proporcionándole un valor agregado y con ello se podría competir a nivel internacional, con otros productos como los del cerdo Ibérico, o aún más, crear nuevas alternativas en el mercado nacional e internacional.

1.3.- Hipótesis

La inclusión del aguacate en la dieta del cerdo Pelón Mexicano y del híbrido comercial, con lo que respecta a su consumo y digestibilidad puede no mostrar diferencias apreciables entre estos dos genotipos.

II.- OBJETIVOS

2.1.- Objetivo general

Evaluar el valor nutritivo del aguacate de desecho para utilizarlo como una alternativa de alimento no convencional, así como evaluar la digestibilidad de dietas sin y con inclusión de pulpa fresca de aguacate en el cerdo Pelón Mexicano y cerdo comercial.

2.2.- Objetivos específicos

Determinar la composición física, química proximal y el nivel de ácidos grasos en los aguacates Hass de exportación y de desecho, y Criollo de la región de Tepic y Xalisco, Nayarit.

Evaluar el comportamiento etológico, a través de una prueba de patrón de consumo en cerdos Pelón Mexicano y Comercial alimentado con aguacate.

Evaluar la salida fecal en cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial, alimentados con dieta de pulpa fresca de aguacate.

Realizar el balance de nitrógeno, energía, así como la digestibilidad de nutrimentos en cerdos, Pelón Mexicano y de tipo comercial, alimentados con dieta que contengan pulpa fresca de aguacate, para establecer el valor nutritivo de éste pulpa en el ganado porcino.

Comparar la digestibilidad del método directo vs el método indirecto al usar cenizas insolubles en ácido como marcador interno, en cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial, alimentados con dieta de pulpa fresca de aguacate.

III.- REVISIÓN DE LITERATURA

3.1.- Aguacate

Con el mismo nombre genérico de "aguacate" se designa tanto al árbol como al fruto en muchos países iberoamericanos, y se deriva de deformaciones de vocablos de la antigua lengua náhuatl, con la cual se expresaban los aztecas de México, quienes llamaban *ahuacacuáhuatl* al árbol y *ahuácatl* al fruto y que por la forma y la manera de colgar de la planta lo comparaban con los testículos, que en el mismo idioma se conocían precisamente como *ahuácatl* (Sánchez *et al.*, 1997; Rutiaga, 2006).

El aguacate es originario de la región americana, que se extiende desde México hasta Venezuela, y pertenece a la familia de las lauráceas. Los primeros españoles que llegaron a América bautizaron a este fruto con el nombre de "pera de las Indias", dada su semejanza externa con las peras españolas. Los principales países productores hoy día son: México, Brasil, Estados Unidos, Australia, Israel, China, Kenia, Sudáfrica y España. Son cinco las variedades más comercializadas en los puntos de venta: en primer lugar se encuentra el aguacate a) *Hass*, que es el más conocido de tamaño pequeño, rugoso y piel oscura y pulpa amarilla. Se produce principalmente en México y en España; b) *Bacon*: es de color verde brillante y muy cultivada en España; c) *Cóctel o dátil*: alargado, sin semilla central, de sabor fino y delicado; se cultiva en Israel, España y se comercializa, sobre todo, en Francia; d) *Fuerte*, tiene forma de pera sin brillo y de piel fina, áspera y sabor exquisito, con un peso aproximado de 250 g; cultivado en Israel, Kenia, Sudáfrica y España. e) por último, la variedad *Pinkerton* que es alargado, con forma de pera, de piel rugosa y sabor agradable, cultivado en Israel (Sánchez *et al.*, 1997; Pushkar *et al.*, 2001; Rutiaga, 2006; Azizi y Najafzadeh, 2008).

El aguacate es uno de los muchos regalos que México le ha dado al mundo. Su sabor, textura y propiedades alimenticias, han cautivado a innumerables países que con gusto lo han adoptado, como son Francia y otros tan lejanos como Japón. Y es que el mexicanísimo aguacate mexicano lleva conquistando paladares de todo el mundo desde hace 500 años. Un ejemplo de ello nos lo da Martín Fernández de Enciso en, *Suma de Geografía*, publicado en Sevilla en

1519, "lo que hay dentro del fruto de aguacate es como mantequilla, tiene un sabor delicioso y deja un gusto tan blando y tan bueno que es maravilloso" (Rubiaga, 2006).

3.1.1.- Producción y desecho

A nivel mundial, México es reconocido como el primer productor de aguacate (*Persea americana* Mill.), con una aportación alrededor de 40.28 %, con una superficie cosechada estimada de 94, 904 hectáreas, y una producción de 800 mil toneladas anuales, cuyo valor es para 1994 fue de 1, 183, 890, 576 pesos mexicanos. En el Cuadro 1 se presenta la estadística de producción nacional de aguacate, en condiciones de temporal y de riego.

Cuadro 1.- Producción nacional del aguacate de la modalidad de riego y temporal

Estado	Temporal y riego	
	Superficie sembrada (ha)	Producción estimada (t)
Michoacán	98,462	995,961
Morelos	2,681	26,267
Nayarit	2,680	22,796
México	1,928	21,988
Puebla	2,483	15,322

Fuente: SAGARPA (2007).

El estado de Michoacán es el principal productor de aguacate, con 82.7 % del total de la superficie; le siguen en menor escala los estados de Morelos, Nayarit, Puebla y Estado de México. Nayarit se encuentra entre los primeros a nivel nacional; su producción se ubica principalmente en los municipios de Tepic y Xalisco, con una superficie plantada de 2, 338 hectáreas y un rendimiento anual medio de 8.0 t/ha (Salazar y Lazcano, 1999; Osuna *et al.*, 2005; Cossio *et al.*, 2007).

Osuna *et al.* (2005) mencionaron que la mayor parte de la producción del país y de Nayarit, se destina al mercado nacional debido a la falta de refrigeración en su manejo que reduce la vida de anaquel de los frutos (de 9 a 12 días), llegando a pérdidas poscosecha de hasta 40 %.

Por su parte Zamora *et al.* (1999), indicaron que a partir de 1997, la apertura de las exportaciones al mercado estadounidense como una opción más para el productor mexicano, se creó la imperiosa necesidad de comercializar frutos con una excelente calidad con el fin de cautivar a los consumidores extranjeros. Desde el punto de vista fisiológico y en particular de la poscosecha, muchas veces las frutas se ven demeritadas en su apariencia y estética. Dichos defectos tienen su origen o se agudizan por el manejo inadecuado en los procesos que se dan desde la cosecha hasta el empaque. Se considera que el daño por rozamiento, caracterizado por la oxidación del tejido (que posteriormente se hunde y se necrosa), es uno de los que más se presentan durante la cosecha, llegándose a estimar en el orden de un 78 % de los frutos.

En el Cuadro 2 se presentan los datos de producción del aguacate en el estado de Nayarit. Tanto en condiciones de riego, como de temporal. Se puede observar que el aguacate Hass supera al aguacate Criollo.

Cuadro 2.- Producción del aguacate por variedad en la modalidad de riego y temporal en el estado de Nayarit

Cultivo, variedad	riego		temporal	
	Superficie sembrada (ha)	Producción estimada (t)	Superficie sembrada (ha)	Producción estimada (t)
Aguacate	93	857	2,523	21,421
Aguacate Criollo	9	67	8	49
Aguacate Hass	11	95	42	370
Total (sin asociados)	113	1,019	2,573	21,840

Fuente: SAGARPA (2007).

Como se mencionó, los municipios de Tepic y Xalisco son los que presentan mayor superficie sembrada como se puede observar en el Cuadro 3.

Cuadro 3.- Producción de aguacate en el estado de Nayarit por distrito y municipio

Distrito	Municipio	Superficie sembrada (ha)	Producción estimada (t)
Ahuacatlan	Ahuacatlan	4.5	27.0
	Amatlan de cañas	2.0	12.0
	Ixtlan del Río	10.8	74.5
	Jala	0.5	2.5
	Santa María del Oro	42.5	382.5
Compostela	Compostela	3.5	19.3
Santiago	Ruiz	6.0	36.0
Ixcuintla	Santiago Ixcuintla	3.0	15.0
Tepic	San Blas	527.0	4,063.1
	Tepic	1,124.5	9,366.4
	Xalisco	956.3	8,798.0
Total		2,680.6	22,796.3

Fuente: SAGARPA (2007).

3.1.2.- Características nutritivas de la pulpa de aguacate

De acuerdo con datos presentados en la literatura científica la composición química de la pulpa fresca de aguacate de la variedad Hass contiene 65–80 % de humedad; 1–4 % de proteína (Nx6.25); 1 % de carbohidratos y 3–30 % de grasa. Éste es rico en vitaminas B y moderadamente en vitaminas A y D. El aceite de aguacate muestra una composición similar al aceite de oliva, el cual es altamente digestible. Por su alto contenido de grasa, los aguacates muestran un alto valor energético más que ninguna otra fruta, los ácidos grasos encontrados en el mesocarpio del aguacate son de cadena larga, con 16 átomos de carbono o más. De igual manera se menciona que el aguacate es una fruta inusual ya que varían sus características de composición de acuerdo con el lugar de cosecha, el tiempo de estación, el ambiente y la variedad (Naveh *et al.*, 2002; Azizi y Najafzadeh, 2008).

Por su parte Pushkar *et al.* (2001) mencionan que el contenido de aceite del aguacate depende de la variedad y el lugar de cosecha. Por ejemplo, en cultivares de Guatemala y México, el contenido varía desde 10 a 13 % hasta 15 a 25 %, respectivamente.

El aguacate como se mencionó, es un alimento rico en ácidos grasos monoinsaturados, con un contenido de 15.63 g por 100 g de aguacate, en base fresca. El ácido oleico (C18:1) es el más abundante aportando el 58.6 % en la concentración total. Altas concentraciones de ácidos grasos monoinsaturados (ácido oleico), en la dieta podrían tener efectos benéficos sobre los lípidos en la sangre, por lo que podría desempeñar un rol importante en la protección contra el desarrollo de enfermedades cardiovasculares en el ser humano (Pieterse *et al.*, 2003; Díaz y Andrea, 2004; Pérez *et al.*, 2005).

Otra característica del aguacate es su alto contenido de fitoesterol que funciona como un agente anticolesterolémico (Pieterse *et al.*, 2003). Estudios en Australia demostraron que una dieta de 20 a 35 % de calorías provenientes de grasa del aguacate, era más efectiva para disminuir el nivel total del colesterol que una dieta baja en grasas y un alto contenido de carbohidratos complejos (Ortega, 2003; Díaz y Andrea, 2004).

Al comparar diferentes tipos de aceites vegetales y su efecto en la aterogenicidad, demostraron que el aceite de coco fue el de mayor efecto. El aceite de maíz fue ligeramente menor que el aceite de oliva y aguacate. (Pérez *et al.*, 2005).

Una característica importante del consumo del aguacate, es su efecto benéfico para eliminar el colesterol dañino para la salud humana (lipoproteínas de baja densidad) y reducir el riesgo de desarrollar aterosclerosis. También se ha observado un efecto benéfico del consumo del aguacate en pacientes humanos con asma y con artritis reumatoide. El aguacate es un abogado de la salud por su efecto en la disminución del colesterol, al promover un aumento sanguíneo en las lipoproteínas de alta densidad, una reducción de triglicéridos e insulina en ayuno. El fruto, las hojas y el hueso son utilizados en la medicina natural para eliminar parásitos internos (Téliz, 2000; Shojiro *et al.*, 2004).

En cuanto el contenido de minerales, es rico en potasio y magnesio, así como pobre en sodio. El potasio es necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso, para la actividad muscular normal e interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula; mientras que el magnesio se relaciona con el funcionamiento del intestino, nervios y músculos, formando parte de huesos y

dientes, además de mejorar la inmunidad y poseer un efecto laxante suave (Naveh *et al.*, 2002); otros oligoelementos presentes son: Ca, P, Cu, Fe, Se y Zn, todos ellos empleados para el buen funcionamiento del metabolismo celular y la circulación sanguínea (Rutiaga, 2006).

Destaca el contenido de vitamina E que tiene actividad antioxidante, e interviene en la estabilidad de las células sanguíneas y en la fertilidad. También se encuentra presente la vitamina B6 o piridoxina, que participa en el funcionamiento del sistema nervioso (Naveh *et al.*, 2002; Pérez *et al.*, 2005).

Las propiedades curativas del aguacate han sido probadas y comprobadas durante milenios en la medicina tradicional de nuestro país. El *tzitzi*, nombre que recibe en ciertas regiones de Chiapas, se utiliza para eliminar parásitos; las semillas se utilizan como antihelmíntico, y molidas contra la sarna; las hojas se aprovechan en infusión como expectorante. Asimismo, 10 ácidos grasos, de los cuales cinco son mono y poli-insaturados, destacándose los omega-9, omega-6 y omega-3. Éste último forma parte de la protección contra el cáncer (Naveh *et al.*, 2002; Rutiaga, 2006). Posee 10 aminoácidos indispensables: arginina, fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano y valina los cuales son requeridos en la síntesis de proteínas y para el mejor metabolismo celular.

Ikhouria y Maliki (2007) consideran a la semilla de aguacate como una alternativa en la alimentación animal, por su alto contenido en aceite y elevado valor nutricional. Los rendimientos de pulpa dependen de la variedad, informándose rendimientos que fluctúan entre 63 y 67 %; el resto corresponde a semillas y cáscaras (Olaeta, 2003).

3.2.- Orígenes del cerdo criollo

De los cerdos criollos provenientes del *Sus scrofa mediterraneus* que pobló la región mediterránea de Grecia, España, Portugal, Italia y algunos países de África como Egipto, se han derivado una gran variedad de razas célticas e ibéricas, desaparecidas con el tiempo o absorbidas mediante cruzamientos. Actualmente quedan unas pocas, entre las que sobresalen las Coloradas, Rubias, Negras y

Manchado de Jabugo, las cuales conforman actualmente las piaras que se explotan en España. Los cerdos criollos latinoamericanos, descendientes de este grupo presentan algunas características similares a las de los animales mediterráneos (Lemus *et al.*, 2001; Lemus y Alonso, 2005).

Filogenéticamente los cerdos criollos locales se encuentran separados de los cerdos modernos, lo que sugiere que se han conservado con independencia, por la falta de programas sistematizados de mejoramiento genético. Por otro lado los cerdos modernos se encuentran cercanos, señalándose que comparten la mayoría de sus genes y que los programas de selección de los que han sido objeto, les acerca más entre razas (Lemus *et al.*, 2001; Trejo, 2005).

En el libro la "Historia de las Indias" de Fray Bartolomé de las Casas, se menciona que la introducción del cerdo en América, ocurrió en el segundo viaje de Cristóbal Colón, en 1493 y continuó en expediciones subsiguientes, ya que la política de los Reyes Católicos era el fomento de la ganadería (porcina, bovina y ovina, entre otras) en el área de las Antillas, que sirviera como abastecimiento de alimento a las expediciones de conquista del territorio continental americano. Desde entonces, este tipo de cerdos han estado presentes en la crianza familiar, con un manejo extensivo y una alimentación basada en su mayoría, en desperdicios de cocina y de cosechas (Rico *et al.*, 2000).

Se puede deducir que los cerdos de América derivan de las múltiples razas existentes en los siglos XV y XVI. Lo cual puede explicar la gran variedad de fenotipos existentes en todos los países. La presencia de cerdos criollos originarios de las razas ibéricas, se extiende desde México, hasta el extremo sur de Argentina; desde el nivel del mar, hasta más de 4,500 m de altitud, como en la provincia de Chimborazo en Ecuador, y en algunas regiones de Bolivia y Perú (Benítez, 2001).

3.2.1.- El cerdo criollo en México

Las poblaciones de cerdo criollo mexicano son descendientes de los cerdos criollos traídos por los españoles en la colonia. Fueron transportados por órdenes de Cortés en el año 1522, proveniente de las islas de Cuba, Jamaica, Santo

Domingo y Puerto Rico. Una vez abierto el camino legal al transporte de ganado de las Antillas a la Nueva España, el ganado porcino se multiplicó rápidamente en grandes cantidades, tanto por los embarques que se hacían de las islas como por la reproducción natural. Se necesitaba poco espacio para su crianza y el maíz como alimento era barato y abundante (Mateyzanz, 1965).

Los resultados sobre población de estos animales en México son difíciles de precisar, máxime que se trata de poblaciones criollas. En este sentido, es inclusive peligroso para las razas autóctonas, ya que no se tiene idea de lo que pueda estar pasando con ellas en materia de población, y como consecuencia podrían estar en peligro extinción (Lemus y Alonso, 2005; Trejo, 2005).

Dentro de las poblaciones del cerdo criollo en México, se reconocen tres tipos por el Domestic Animal Diversity Information System (DAD-IS) de la Organización para la Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas (FAO): el Birich, el Cerdo Cascote y el Cuino, que corresponden al cerdo Pelón Mexicano, Pata de Mula y Cuino, respectivamente (FAO, 1994).

De acuerdo con Sierra (1997), algunos de los factores predisponentes para que muchas de las razas locales en México se estén perdiendo, son: la falta de estudios para demostrar su capacidad de las razas locales, sobre todo cuando se trata de producir en ambientes difíciles, y por el poco valor económico que reciben estos animales ya que son manejados sin ninguna asesoría técnica, la importación excesiva de animales mejorados del exterior, sin ningún estudio previo; el uso indiscriminado sin ninguna dirección técnica de los cruzamientos entre razas locales y selectas.

La FAO (1994) considera que estos cerdos se encuentran en riesgo de extinguirse al ser absorbidos por razas modernas, por carencia de programas de conservación, así como por falta de programas técnicos en el uso de estos animales.

Como ya se mencionó, no se tiene un censo oficial sobre la importancia numérica y distribución geográfica del cerdo criollo mexicano; extraoficialmente se acepta que estos animales están ampliamente distribuidos en todas las regiones costeras y principalmente en el sureste, comprendiendo los estados de Oaxaca, sur de

Veracruz, Tabasco, Chiapas, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, y algunos estados hacia el norte, como Nayarit y Jalisco (Lemus *et al.*, 2001; Lemus y Alonso, 2005). La importancia de esta especie en las comunidades rurales es doble, ya que por un lado mejora la dieta del campesino o criador y por otro son engordados para su venta.

3.2.2.- El cerdo Pelón Mexicano

El biotipo del cerdo Pelón Mexicano es probable que se haya formado a partir de cerdos célticos, ibéricos y napolitanos que introdujeron los españoles en México, en combinación con animales de raza asiática, introducidos por el comercio con China después de la conquista. Estos cerdos se volvieron salvajes esparciéndose por el territorio nacional. La falta de control propició el cruzamiento entre estas cuatro razas, trayendo como consecuencia la creación de un nuevo biotipo, llamado Pelón Mexicano (Tello y Cisneros, 1990; Lemus y Alonso, 2005); su fenotipo consiste en: cabeza y cara rectilínea, orejas de tamaño mediano caídas hacia los ojos y semierectas; dorso un tanto rectilíneo con ancas completamente caídas, el cuerpo se encuentra parcial o totalmente desprovisto de pelo, su color es grisáceo y son de talla mediana. Presentan una alzada de 57-76 cm, una longitud total del cuerpo entre 1.4 y 1.5 m con un peso de 150 a 170 kg; por su color de piel no se observan casos de fotosensibilización o eritema solar, como en las razas de color claro (Panepinto y Phillip, 1986; Flores, 1992; Lemus *et al.*, 1999).

Uno de los principales problemas del Pelón Mexicano es su valor comercial, ya que al considerarse como "corriente", y por su alto porcentaje de grasa producida, se desmerita su apreciación comercial. Sin embargo, este tipo de cerdo es en muchas regiones en las comunidades rurales, una fuente de proteína animal para la alimentación humana y una fuente de ingreso familiar (Tello y Cisneros, 1990; Plata, 2000).

Al aprobarse recientemente que la calidad de su carne es apropiada para su industrialización, con excelentes productos embutidos tipo ibérico, se presenta una oportunidad para estudiar y difundir la elaboración de estos productos en las

comunidades rurales, para crear una cultura de conservación y favoreciendo la preservación y utilización de la carne de este tipo de cerdo, fomentando además, una agrupación de criadores de cerdo Pelón Mexicano que no permita su estudio, mejoramiento y comercialización (Rojas, 1994; Lemus y Alonso, 2005).

González (1974) y Plata (2000), estudiaron la ganancia de peso y eficiencia alimentaria en el cerdo Pelón Mexicano y las ventajas que tiene sobre otras razas comerciales. Richards y Rejón (1983), aseguran que la producción de lechones con Pelón Mexicano es redituable, pero en general, las investigaciones de Aguilar y Castellanos (1983), sugieren que ésta raza no tiene ventajas, excepto por su resistencia en patas y hocico; ya que posee baja prolificidad y no está capacitado genéticamente para aprovechar una buena alimentación (Rojas, 1994), lo que contrasta con los resultados de Tello y Cisneros (1990), quienes en el Estado de Nayarit con animales estabulados no encontraron diferencias con las razas modernas en conversión alimentaria, días de gestación, días de destete y al primer servicio, además de el porcentaje de supervivencia en la lactancia.

En comparación con lo que ya se sabe sobre rasgos reproductivos y genéticos del cerdo Pelón Mexicano muy poco se conoce sobre su alimentación y nutrición, lo cual resulta indispensable, para establecer estrategias que contribuyan a establecer sistemas sostenibles de producción en la República Mexicana (Lemus y Alonso, 2005).

3.2.3.- El cerdo Pelón Mexicano en Nayarit

En el Estado de Nayarit, al cerdo Pelón Mexicano se le localiza en ejidos y comunidades rurales, encontrándolos en varios municipios: Huajicori, Acaponeta y Rosamorada, principalmente. Este cerdo se produce con bajos niveles de conocimiento técnico y de control sanitario, por lo que su población se da básicamente en familias de poblados pequeños o en la periferia de las poblaciones (Lemus *et al.*, 1999; Lemus y Alonso, 2005).

En una encuesta realizada a 63 propietarios en tres municipios del estado de Nayarit, se obtuvo que los vientres se manejan como máximo hasta tres partos, desechándose la mayor parte al primer parto (50 %), seguida del segundo (33 %)

y tercer parto (17 %). Con lo que respecta a la alimentación, el 29.04 % de los propietarios siempre proporcionan maíz a los animales, y el 6.45 % circunstancialmente. El 22.58 % siempre ofrecen desperdicios frutales y el 8.06 % lo hace ocasionalmente. El 9.68 % siempre brinda quelite y el 11.29 % frecuentemente. La calabaza picada sin cocer la ofrecen temporalmente el 9.68 %. Alimentos comerciales son suministrados regularmente por el 1.61 % de los propietarios (Lemus y Alonso, 2005). Por otra parte, no se tienen antecedentes sobre el aprovechamiento digestivo de éstos o cualquier otro alimento en los cerdos pelones de Nayarit.

3.3.- Digestibilidad

Para conocer el valor nutritivo de un alimento, especialmente cuando no se tienen muchos antecedentes sobre su aprovechamiento digestivo, es necesario realizar pruebas de digestibilidad, así mismo, resulta conveniente en el caso de trabajar con dietas en los diferentes genotipos y estados fisiológicos de ganado porcino (Ly, 2008).

La forma de cuantificar la digestibilidad de una dieta, un alimento o un nutrimento en particular, es a través del coeficiente de digestibilidad, que se define como el porcentaje de un producto determinado que después de ser consumido por el animal, no es excretado en las heces fecales (Ly, 2008).

Algunos investigadores (Buxadé, 1996; Ly, 2008) consideran que en el material excretado por los animales, se encuentran además del residuo no digerido, sustancias de origen endógeno y microbiano, por lo cual se hace referencia a una digestibilidad aparente, ya que no se toma en cuenta la fracción metabólica (sustancias de origen endógeno y microbiano), a diferencia de la digestibilidad real en que sí se considera, representando un valor más exacto, pero a la vez más difícil de evaluar (Bateman, 1970; Ly, 2008).

Existen factores que pueden afectar la digestibilidad; mismos se pueden separar en dos grupos: los que están relacionados directamente con el animal y los que corresponden a el tipo de alimento (Bateman, 1970; Buxadé, 1996; Bondi, 1998; McDonald, 1999; Ly, 2008).

La digestibilidad de un alimento está influida directamente por la especie animal, que la afecta de acuerdo con la anatomía del tracto gastrointestinal y con su capacidad de digestión y utilización de los alimentos; en el caso de los cerdos domésticos presenta un bajo coeficiente de digestibilidad para la fibra, a diferencia de los animales rumiantes (McDonald, 1999); del mismo modo, se pueden encontrar diferencias entre las mismas especies. (Van Wieren, 2000; Ly, 2008); otro factor ligado a la especie animal corresponde a la edad o peso corporal; ya que los animales jóvenes presentan una digestibilidad inferior a los adultos (Ly, 2008).

En cuanto a los factores relacionados con el alimento, Buxadé (1996) atribuye el nivel de alimentación, la composición química de la dieta, el método de conservación, el efecto de procesado y la composición de las raciones, entre otros.

3.3.1.- Procesos digestivos del cerdo

En los animales monogástricos la digestión de la mayoría de los componentes de la dieta comienza en la boca, el estómago y se completa en el intestino delgado, donde tiene lugar la acción hidrolítica de las enzimas digestivas del animal, y la absorción de nutrimentos a través de la pared intestinal. Se piensa que la fase gástrica de la secreción, comienza tan pronto como el alimento entra en el estómago y puede continuar por 3-4 horas con una secreción total de 600 mL o más de jugo fuertemente ácido que contiene una alta concentración de pepsina. Durante la fase intestinal las enzimas pancreáticas hidrolizan los componentes de la dieta hasta el estado terminal que justamente precede la hidrólisis final fundamentalmente de dipéptidos, disacáridos y monoglicéridos y/o la absorción por los enterocitos o células del borde en forma de cepillo, de las microvellosidades intestinales. La digesta, al salir del intestino delgado llega al ciego y el colon donde ocurre un proceso fermentativo particular de la pared celular de los vegetales por acción de la microflora que aquí se encuentra, lo que proporciona energía al organismo que de otro modo se perdería en las heces fecales (Díaz, 2003).

3.3.2.- Determinación del valor nutritivo de los alimentos

En la producción porcina es muy importante la eficiencia con que son utilizados los alimentos, si se tiene en cuenta que es consenso general que alrededor del 70-80 % del costo de producción en esta ganadería descansa en los insumos de alimentos. A su vez la eficacia en el aprovechamiento digestivo ha quedado establecido que está estrechamente relacionada con rasgos de comportamiento productivo tales como la ganancia y el consumo diario de alimento, por la conversión alimentaria (Dierick *et al.*, 1990). Todo lo anterior es válido tanto para la alimentación convencional como en la no convencional, siendo más útil en este último caso, cuando se trata de conocer el valor nutritivo en un nuevo alimento.

3.3.3.- Digestibilidad *in vivo*

Existen diferentes formas de conocer la digestibilidad de un alimento; en el mundo se han desarrollado un gran número de experimentos *in vivo* para medir la digestibilidad en variados alimentos. Existen tres métodos *in vivo* para medir la digestibilidad, el directo, el indirecto e *in situ*, válidos tanto para la digestibilidad ileal como la total y para cualquier tipo de nutrimento (minerales, proteínas, azúcares, grasas), y para cualquier edad de los animales (Díaz, 2003).

La digestibilidad de un alimento suele expresarse como porcentaje en base seca; ya sea del total o bien de sus principios nutritivos. Estos últimos a pesar de los criterios surgidos acerca de su expresión en términos químicos o bioquímicos, siguen aceptándose como los de mayor utilidad práctica, y se corresponden con el bien conocido esquema analítico de Weende, que fue propuesto en el siglo XIX, el cual cuantifica los principios nutritivos aproximados como por ciento del total del alimento. Este esquema tiene en cuenta la cantidad de agua presente (100 menos materia seca), las cenizas, minerales, proteína bruta ($N \times 6.25$), extracto etéreo o grasa cruda, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, (incluye el almidón y otros azúcares solubles), y se calcula como la diferencia entre 100 y la suma de ceniza, fibra cruda, grasa cruda y proteína bruta. A estos principios nutritivos se suele agregar la materia orgánica (materia seca menos ceniza) y la energía bruta (Díaz, 2003).

El conocimiento preciso de la digestibilidad de cada una de las entidades químicamente definidas dentro de un alimento es hasta el momento muy difícil de alcanzar. Esto se debe a que la excreción fecal o de cualquier punto del tracto gastrointestinal, no consiste únicamente en los residuos de la dieta que no han sido digeridos por el cerdo, sino en una mezcla de éstos, de parte de los mismos transformados, de secreciones endógenas, además de las decamaciones de la mucosa intestinal, así como de productos del metabolismo microbiano de la flora gastrointestinal que normalmente coloniza todo el canal alimentario (Ly, 2008). En el cerdo desde un punto de vista general, los indicadores de digestibilidad de mayor interés, aparte el de materia seca son los del nitrógeno, y por extensión, de la proteína cruda, la materia orgánica y la energía (Ly, 2008). Se menciona que la digestibilidad total se encuentra altamente correlacionada a la materia orgánica y la energía con los rasgos de comportamiento (Dierick *et al.*, 1990), lo que ocurre en menor cuantía cuando se trata de la digestibilidad rectal del nitrógeno.

3.3.4.- Métodos indirectos de la determinación de la digestibilidad

Existen otros métodos para la determinación de la digestibilidad aparte de los directos, que son llamados métodos indirectos. Estos métodos se emplean utilizando un marcador ya sea externo que se agrega al alimento, o interno, lo que indica que está incluido en el mismo. (Stanogias y Pearce, 1985). Las cenizas insolubles en ácido constituyen un marcador natural que permite la determinación de la digestibilidad de manera indirecta. El método de determinación de cenizas insolubles en ácido (CAI) ha sido usado para determinar la digestibilidad aparente de los nutrimentos que componen un alimento (McCarthy *et al.*, 1974; Van Keulen y Young, 1977). Para calcular la digestibilidad por este método es necesario determinar las cenizas insolubles en ácido tanto en las muestras del alimento como en las heces; que pueden provenir de la recolección total (Yen *et al.*, 1983) o de la obtención *in situ* de la porción terminal del recto.

La determinación de las cenizas insolubles en ácido también ha sido utilizada como un marcador natural para la estimación de la digestibilidad de un nutrimento, superior a otros indicadores artificiales utilizados como el óxido crómico (Moore, 1957; McCarthy *et al.*, 1974).

IV.- MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se dividió en cinco investigaciones, y en cuatro se utilizaron los mismos animales e iguales condiciones experimentales de alojamiento y alimentación.

En la primera investigación se determinó la composición física del aguacate y de la composición química de la pulpa con el fin de usarla como alimento no convencional en cerdos. En las restantes se emplean ocho cerdos, cuatro Pelón Mexicano y cuatro de tipo comercial, alimentados con dos dietas experimentales, una sin inclusión de pulpa fresca de aguacate y otra con la adición del 20 %. En la segunda investigación se evaluó el patrón de consumo, en la tercera se determinó la salida fecal, mientras que en la cuarta se realizó el balance de nitrógeno y energía al igual que se determinaron distintas digestibilidades boca-recto por el método directo. Por último se compararon dos métodos para la determinación de la digestibilidad de los distintos nutrimentos.

4.1.- Investigación 1: Determinación de la composición física y química del aguacate Hass y Criollo de los municipios de Tepic y Xalisco, Nayarit.

El objetivo de este ensayo fue comparar la composición física y química de la pulpa de aguacate (*Persea americana* Mill.) de tres localidades; para lo cual se utilizaron en total 36 frutas maduras escogidas al azar en un mismo día de la cosecha, en marzo de 2008, de las variedades Criollo, Hass de exportación y Hass de desecho acopiadas de productores de los municipios de Tepic y Xalisco.

4.1.1.- Origen y preparación de las muestras

Se obtuvieron frutos de aguacates maduros, acopiados de mercados locales desechados por su apariencia o falta de demanda para el consumo humano. En ninguno de los casos la fruta mostraba signos de descomposición. La adquisición de los aguacates se hizo en el período de cosecha de febrero y marzo de 2008. La separación física de las tres partes de la fruta se hizo de manera manual, y dos frutas constituyeron una muestra o réplica, para un total de tres réplicas por

tratamiento. Las tres partes en que se dividió cada fruta fueron: cáscara ó exocarpio, pulpa ó mesocarpio y semilla ó endocarpio. Las partes de los aguacates se pesaron en forma fresca en una balanza digital que apreciaba hasta un gramo de peso.

4.1.2.- Análisis químicos

Los análisis de materia seca, cenizas, extracto etéreo y nitrógeno se hicieron por métodos reconocidos AOAC (1995), mientras que la determinación de ácidos grasos, se llevó a cabo por la cromatografía de gases, para lo cual los lípidos totales fueron extraídos siguiendo la técnica 34.1.08 descrita por AOAC (1995); en donde un gramo de la muestra fue homogeneizado con 25 mL de solución cloroformo-etanol 1:1 (v/v). Después de 24 horas, la muestra se filtró a través de papel filtro cualitativo. Enseguida este extracto fue evaporado hasta sequedad en baño maría bajo flujo constante de nitrógeno gaseoso. Por diferencia de peso se cuantifico la cantidad de lípidos totales.

La determinación del perfil de ácidos grasos se realizó con la técnica 41.1.27 descrita por AOAC (1995), en donde el extracto total de lípidos fue transmetilado hasta obtener ésteres metílicos de ácidos grasos con trifluoruro de boro en metanol, se separaron y cuantificaron usando un cromatógrafo de gases marca Varian 3380 (Varian In Company, California), equipado con detector de ionización de flama, utilizando una columna capilar DB-23 de 30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 micrometros de película (J & W No. scientific 122-2332) con cianopropil, metil-polisiloxano. Como gas acarreador se usó nitrógeno a un flujo constante de 2.0 mL/min. Se empleó un gradiente de temperatura para el horno como sigue: 120 °C de temperatura inicial, aumentado 10 °C/min hasta 200 °C, después 5 °C/min hasta 230 °C. Como estándar interno se utilizó ácido miristoleico (C14:1) (SIGMA M3650). Los picos del cromatograma fueron identificados y cuantificados con el programa Star Chromatography Workstation de Varian (Varian In Company, California)

tratamiento. Las tres partes en que se dividió cada fruta fueron: cáscara ó exocarpio, pulpa ó mesocarpio y semilla ó endocarpio. Las partes de los aguacates se pesaron en forma fresca en una balanza digital que apreciaba hasta un gramo de peso.

4.1.2.- Análisis químicos

Los análisis de materia seca, cenizas, extracto etéreo y nitrógeno se hicieron por métodos reconocidos AOAC, (1995), mientras que la determinación de ácidos grasos, se llevó a cabo por la cromatografía de gases, para lo cual los lípidos totales fueron extraídos siguiendo la técnica 34.1.08 descrita por AOAC (1995); en donde un gramo de la muestra fue homogeneizado con 25 mL de solución cloroformo-etanol 1:1 (v/v). Después de 24 horas, la muestra se filtró a través de papel filtro cualitativo. Enseguida este extracto fue evaporado hasta sequedad en baño maría bajo flujo constante de nitrógeno gaseoso. Por diferencia de peso se cuantifico la cantidad de lípidos totales.

La determinación del perfil de ácidos grasos se realizó con la técnica 41.1.27 descrita por AOAC (1995), en donde el extracto total de lípidos fue transmetilado hasta obtener ésteres metílicos de ácidos grasos con trifluoruro de boro en metanol, se separaron y cuantificaron usando un cromatógrafo de gases marca Varian 3380 (Varian In Company, California), equipado con detector de ionización de flama, utilizando una columna capilar DB-23 de 30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 micrometros de película (J & W No. scientific 122-2332) con cianopropil, metil-polisiloxano. Como gas acarreador se usó nitrógeno a un flujo constante de 2.0 mL/min. Se empleó un gradiente de temperatura para el horno como sigue: 120°C de temperatura inicial, aumentado 10 °C/min hasta 200 °C, después 5 °C/min hasta 230 °C. Como estándar interno se utilizó ácido miristoleico (C14:1) (SIGMA M3650). Los picos del cromatograma fueron identificados y cuantificados con el programa Star Chromatography Workstation de Varian (Varian In Company, California)

empleando una mezcla pura de estándares (C4-C24 SUPELCO 18919), para determinar el tiempo de retención de cada uno de ellos.

4.1.3.- Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño en arreglo factorial 3x3 con dos factores, en donde cada factor contó con tres alternativas. En el primer factor (variedad) fueron tres tipos de aguacate, Criollo, Hass de exportación y Hass de desecho. En el segundo factor (localidad) fueron tres localidades de acopio de la fruta, dos localidades de Xailisco y una del municipio de Tepic. Para los análisis de la composición del aguacate el modelo es:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y = Observación del tratamiento

μ = Media general

A = Tipo de aguacate

B = Localidad de recolección

AB = Interacción tipo de aguacate por localidad de recolección (variedad x localidad)

E = Error experimental

Para el procesamiento de la información numérica los datos fueron sometidos a análisis de varianza de acuerdo con recomendaciones convencionales (Steel *et al.*, 1997), y se utilizó el paquete estadístico del SAS (1999). De igual manera se aplicó la prueba de Tukey cuando el resultado del análisis de varianza reveló diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos.

4.2.- Características de las investigaciones realizadas en cerdos

4.2.1.- Sitio de ejecución de las investigaciones

Se llevaron a cabo en los meses de febrero y marzo del 2008, en la Unidad Académica de Agricultura perteneciente a la Universidad Autónoma de Nayarit localizada en el municipio de Xalisco, Nayarit, la cual se encuentra ubicada en el kilómetro 9 de la carretera Tepic-Puerto Vallarta; geográficamente está a los 21° 26' de latitud norte y 104° 55' de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

El clima en esta región según la clasificación de Koppen, es: (A) e (W₂) a (j), lo que corresponde a un clima semicálido (subtropical subhúmedo), el más cálido de los templados. El régimen pluviométrico es mayor a 1,300 mm anuales y siendo julio el mes de máxima precipitación con 370 a 380 mm, mientras que el de menor incidencia es mayo con menos de 30 mm. La temperatura media anual varía de 20 a 29 °C. Los meses más cálidos son de junio a septiembre, con una temperatura media de 23 a 24 °C; mientras que los más fríos (16 a 17 °C) corresponden a diciembre y enero (García, 1983). La temperatura ambiental varió entre 7 y 27 °C. Otro detalle de interés fue la altitud a la que se halla situada la Unidad Académica de Agricultura, en el municipio nayarita de Xalisco, a casi mil metros sobre el nivel del mar.

4.2.2.- Origen y tipo de animales

Se utilizaron un total de ocho cerdos machos castrados, cuatro Pelón Mexicano que provenían del municipio de Tuxpan, Nayarit, localizado al poniente del estado de Nayarit, entre los paralelos 21° 52' y 22° 01' de latitud norte y los meridianos 105° 12' y 105° 27' de longitud oeste (CNEM, 1988), y cuatro cerdos mejorados (Yorkshire x Landrace) procedentes de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nayarit que se encuentra ubicada en la carretera Compostela-Chapalilla en el kilómetro 3.5; geográficamente al sureste del estado de Nayarit entre 21° 17' 48" de latitud norte y 104° 54' de longitud oeste, a una altura de 880 (SPPEN, 1996). Los animales contaban con un promedio inicial de 39.2 kg. Los cerdos de cada genotipo eran de edad similar (4 meses) y por consiguiente tenían diferente peso vivo inicial

(Pelón Mexicano y Yorkshire x Landrace, 32.6 y 45.7 kg, respectivamente); debido principalmente al lento ritmo de crecimiento de los cerdos Pelón Mexicano (Becerril *et al.*, 2009).

4.2.3.- Alojamiento de los animales

Los animales se alojaron en instalaciones cerradas con ventanas para facilitar la circulación del aire, en corrales individuales fabricados de varilla de acero redonda de un cm de grosor, con tubería aérea de PVC para el suministro de agua para consumo. Las dimensiones de cada corral son: 127 cm de largo, 58 cm de ancho, 78 cm de alto, con un espacio entre las varillas laterales de 16 cm. Se utilizó un comedero metálico móvil tipo tolva de 43 cm de largo, 41 cm de alto, 23 cm de ancho y una altura del piso de 20 cm. Los bebederos son tipo tetina a una altura de 28 cm; el piso es de cemento con una rejilla de 25 cm de ancho colocada en la parte posterior del corral (fotografía 1 en anexos).

También se utilizaron jaulas metabólicas, las cuales se encontraban en un local que contaba con 2 salas con 4 jaulas cada una. Todas contaban con tubería aérea de material de PVC para el suministro de agua con bebedero de tetina a 23 cm de altura. Las medidas descriptivas de las jaulas metabólicas son: 120 cm largo, 60.5 cm de ancho; con piso de varilla redonda de acero de un cm de grosor, el espacio entre varilla es de dos cm. Contaban con dos planchas laterales, una trasera y otra en la parte superior; las planchas laterales miden 70 cm de largo y 35 cm de ancho, la plancha trasera tiene 40 cm de largo y 20 cm de ancho; por su parte la plancha superior mide 50 cm de largo y 25 cm de ancho. El comedero es móvil del tipo tolva, con una altura del piso de 10 cm, 44.5 cm de largo y 23 cm de ancho (fotografía 2 en anexos).

4.2.4.- Características de las dietas

Los tratamientos estuvieron dados por el nivel de inclusión en la dieta basal de la pulpa fresca de aguacate de la siguiente forma:

Tratamiento I. Sin pulpa de aguacate

Tratamiento II. 80% de la dieta basal, mas el 20% de pulpa fresca de aguacate en base seca.

Las características de las dietas, en cuanto a sus ingredientes constituyentes, se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4.- Ingredientes de las dietas experimentales (por ciento en base seca)

Ingrediente	Inclusión de pulpa de aguacate	
	0% (testigo)	20 %
Harina de maíz	75.0	60.0
Harina de soya	22.0	17.6
Aguacate	-	20.0
CaPO ₄ H.2H ₂ O	1.0	0.8
CaCO ₃	0.5	0.4
NaCl	0.5	0.4
Premezcla ¹	1.0	0.8

¹Vitaminas y minerales según NRC (1998)

En el Cuadro 5 se presenta la composición proximal estimada de las dietas utilizadas.

Cuadro 5.- Estimado de nutrimentos y energía de las dietas experimentales (por ciento en base seca)

Análisis	Inclusión de pulpa de aguacate	
	0% (testigo)	20%
Materia seca	87.23	59.11
Cenizas	2.59	2.34
Materia orgánica	97.41	97.66
Fibra cruda	3.34	3.36
Extracto etéreo	3.38	15.43
Proteína bruta, Nx6.25	16.00	15.23
Extracto libre de N	74.69	63.64
Energía bruta, Mcal/g MS	3.05	4.16

4.2.5.- Preparación y suministro del alimento

Todos los ingredientes de la dieta basal fueron adquiridos de una vez, en la ciudad de Tepic directamente de una fábrica de alimentos para animales, y estaban en forma de harina. Los ingredientes se mezclaron manualmente para obtener una harina homogénea en un solo lote de acuerdo con la formulación prevista.

Se utilizaron aguacates maduros cosechados en el estado de Nayarit, de la variedad Hass, de desecho para el consumo humano, fundamentalmente debido al tamaño, mal aspecto del fruto o rotura de la cáscara, deformaciones, o bien por falta de oportunidad de mercado. Las frutas fueron acopiadas en lugares de expendio o en plantas empacadoras durante el mes de marzo de 2008. La pulpa del aguacate se separó manualmente del resto de la fruta, homogeneizada y mezclada de forma manual con el resto de los ingredientes secos para ser ofrecido a los animales.

Las dietas se suministraron una vez al día, a las 9:00 am, constituyeron el 10% del peso metabólico ($W^{0.75}$, kg) en base seca. El agua fue distribuida *ad libitum* por bebederos del tipo tetina. El consumo de alimento fue registrado diariamente, recuperándose cualquier sobrante en el caso de que lo hubiere.

4.3.- Investigación 2: Patrón de consumo de cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial alimentados con dietas de pulpa fresca de aguacate (*Persea americana* Mill.)

4.3.1.- Manejo de los animales

Los animales se pesaron al comienzo del estudio, para ajustar el nivel diario de consumo de alimento. La adaptación a las dietas experimentales duró siete días y en el octavo se evaluó la conducta alimentaria individual de los cerdos. Al noveno día, los animales se pesaron nuevamente y se realizó el cambio de dieta repitiendo de la misma manera el periodo de adaptación y de evaluación. Los rasgos del patrón de consumo fueron medidos durante dos horas consecutivas al suministro de la ración, (de 9:00 a.m. a 11:00 a.m.)

4.3.2.- Variables a medir

Los rasgos del patrón de consumo registrados fueron las veces comiendo, veces tomando agua, tamaño promedio de la ración y velocidad de ingestión (g ingestión/min) en base fresca y en base seca, de acuerdo con el método propuesto por Faliu y Griess (1969). Igualmente se hizo el etograma que describe la conducta alimentaria de los cerdos durante las dos horas de medición. Se estandarizaron las medidas para todo el personal que colaboró en la investigación. El contenido de MS en los alimentos se determinó gravimétricamente por duplicado, hasta peso constante, de acuerdo con Undersander *et al.* (1993), en un horno de radiación de microondas.

4.4.- Investigación 3: Salida fecal en cerdos Pelón Mexicano y comerciales alimentados con pulpa fresca de aguacate (*Persea americana* Mill.).

4.4.1.- Manejo de los animales

Los animales fueron pesados al inicio para ajustar el consumo diario de alimento. El período de adaptación a las dietas experimentales fue de siete días, en el octavo se pasaron a las jaulas metabólicas con dos días de adaptación a las jaulas, la recolección de las muestras se realizó durante cinco días; una vez concluida ésta, los animales se pesaron nuevamente para ajustar el consumo diario de alimento e iniciar el segundo período del experimento; momento en que los cerdos fueron regresados a los corrales individuales para el cambio de dieta, siguiendo los mismos pasos metodológicos anteriormente descritos para completar los dos períodos de muestreo.

4.4.2.- Recolección de muestras

Se realizó la recolección total de las excretas de los animales durante cinco días consecutivos y se cuantificaron. Asimismo se registró cualquier rechazo de comida que ocurriese en este período.

Las muestras fecales se conservaron en congelación hasta el momento de sus análisis en que se descongelaron y se mezclaron convenientemente. La determinación de MS fecal se realizó por duplicado en muestras representativas en un horno de microondas siguiendo las indicaciones de Undersander *et al.* (1993).

4.4.3.- Cálculo de la salida fecal de materiales

El cálculo de la salida fecal, se realizó a través de las siguientes ecuaciones:

1) Material fresco, g/kg MS ingerida = (material fresco/ kg MS ingerida)

2) Material seco, g/kg MS ingerida = [(material fresco x (%MS fecal/100)) /kg MS ingerida

3) Contenido de agua/kg MS ingerida = (material fresco g/kg MS ingerida – material seco g/kg MS ingerida)

Para poder calcular el material fresco g/kg de MS ingerida se necesita la cantidad de MS ingerida; para ello se realiza un cálculo el cual es:

4) MS ingerida = alimento consumido en base fresca x (% MS del alimento)/100

4.5.- Investigación 4: Balance de nitrógeno y energía, y digestibilidad de nutrimentos en cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial alimentado con pulpa fresca de aguacate (*Persea americana* Mill.).

4.5.1.- Recolección de muestras

Las heces fueron colectadas y pesadas cada 24 horas durante cinco días y conservadas en congelación a -20 °C. Una vez mezcladas, se tomó una muestra representativa del 10 % para los análisis químicos. La orina se midió y recogió diariamente en recipientes plásticos que contenían 10 mL de ácido sulfúrico a 4N y se conservó el 10 % del volumen total para obtener una muestra representativa al final del periodo de muestreo para su análisis químicos.

4.5.2.- Determinaciones de laboratorio

La composición química de los alimentos, así como de las heces y orina se realizó a muestras representativas, los análisis se hicieron por duplicado:

- Cenizas (AOAC, 1990).
- Extracto etéreo acidificado de acuerdo con Ly *et al.* (1990).
- Nitrógeno por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990).
- Materia orgánica, por diferencia (100 - % de cenizas)
- Energía bruta en un calorímetro adiabático de bomba.

4.5.3.- Cálculo de digestibilidad de la pulpa fresca de aguacate

Se determinó la digestibilidad rectal de la pulpa fresca de aguacate por el método de diferencia (Crampton y Harris, 1969), de acuerdo con la siguiente expresión:

Digestibilidad de Z, % = (Digestibilidad de Z en dieta experimental – Digestibilidad de Z en dieta control x 0.80) x 5.

Donde 0.80 es el por ciento de la dieta control en la dieta experimental y 5 es el estimado de la digestibilidad de Z si constituyera el 100% de la dieta (100/20 = 5).

Donde Z es igual a la pulpa fresca de aguacate.

4.5.4.- Cálculos para la determinación del balance de nitrógeno y energía

Las siguientes ecuaciones fueron utilizadas para calcular los distintos índices de digestibilidad y balance.

4.5.4.1.- Digestibilidad y balance de nitrógeno

- 1) Consumo de N, g/día = consumo de MS, g x (% N en la dieta/100)
- 2) Excreción de N fecal, g/día = excreción fecal en base seca x (% N heces/100)
- 3) Digestión de N, g/día = (consumo de N, g – excreción fecal de N, g)
- 4) Digestibilidad, % = (digestión de N, g/consumo de N, g) x 100

- 5) Excreción urinaria de N, g/día = litros de orina/día x (g N/ litros de orina)
- 6) Excreción total de N, g/día= excreción fecal de N, g + excreción urinaria de N, g
- 7) Retención de N, g/día = consumo de N, g – excreción total de N, g
- 8) Retención, % consumo de N = (retención de N, g/ consumo de N, g) x 100
- 9) Retención, % digestión de N = (retención de N, g/ digestión de N, g) x 100

4.5.4.2.- Digestibilidad y balance de energía

- 1) Consumo de E, Mcal/día = consumo de MS, g x (E en la dieta Mcal/g)
- 2) Excreción de E fecal, Mcal/día = excreción fecal en base seca x (E heces, Mcal/g)
- 3) Digestión de E, Mcal/día = (consumo de E, Mcal – excreción fecal de E, Mcal)
- 4) Digestibilidad, % = (digestión de E, Mcal/ consumo de E, Mcal) x 100
- *5) Excreción urinaria de E, kcal/día = litros de orina / día x (Mcal / litro de orina)
- 6) Excreción total de E, Mcal/día = excreción fecal de E, Mcal + excreción urinaria de E, Mcal
- 7) Retención de E, Mcal/día = consumo de E, Mcal – excreción total de E, Mcal
- 8) Retención, % consumo de E = (retención de E, Mcal / consumo de E, Mcal) x 100
- 9) Retención, % digestión de E = (retención de E, Mcal / digestión de E, Mcal) x 100

*Para el cálculo de la excreción urinaria de energía se utilizó la ecuación propuesta por Ly (2005).

4.5.5.- Cálculo de la digestibilidad por el método directo

Después de la determinación de nutrientes y energía en la dieta y en las heces, la digestibilidad de la materia seca se calculó al aplicar la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Digestibilidad de Z} = \frac{\text{Z consumido} - \text{Z excretado}}{\text{Z consumido}} \times 100$$

Donde:

Z consumido = alimento consumido (g MS) x (1/100) Z en alimento (%)

Z excretado = material excretado (g MS) x (1/100) Z en el material excretado (%)

Donde: Z corresponde a la MS, MO, grasa cruda, energía y nitrógeno por separado.

4.5.6.- Diseño experimental y análisis estadístico

Para las investigaciones dos, tres y cuatro se utilizó un diseño de cambio con un arreglo factorial 2 x 2 donde el primer factor a evaluar fue el genotipo, cerdos Pelón Mexicano contra cerdos mejorados predominantemente Yorkshire-Landrace; el segundo factor fue la dieta, una con el 100% de la dieta basal (testigo) y la otra con el 20 % de sustitución de pulpa fresca de aguacate, utilizando el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y = Observación del tratamiento

μ = Media general

A = Efecto del genotipo

B = Efecto de dieta

AB = Interacción del genotipo con la dieta

E = Error experimental

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza de acuerdo con recomendaciones convencionales (Steel et al., 1997), se utilizó el paquete estadístico del SAS (1999), para el procesamiento de la información numérica. En los casos necesarios se aplicó la prueba de Tukey para la separación de medias y la matriz de correlación de Pearson.

4.6.- Investigación 5: Comparación de la digestibilidad por el método directo e indirecto de cenizas insolubles en ácido en cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial, alimentados con dieta de pulpa fresca de aguacate (*Persea americana* Mill.).

En este experimento se realizó la comparación de los métodos directo e indirecto para la determinación de la digestibilidad rectal de materia seca, materia orgánica, energía, nitrógeno y extracto etéreo acidificado. Las características descriptivas del método directo se presentaron en el experimento cuatro.

4.6.1.- Método indirecto (cenizas insolubles en ácido)

4.6.1.1.- Determinaciones de laboratorio

A las muestras conservadas, previamente secadas y molidas (tanto de alimentos como de heces) se les determinó la concentración de cenizas insolubles en HCl 4N (CAI) según la técnica descrita por Van Keulen y Young (1977).

4.6.1.2.- Cálculo de la digestibilidad por el método indirecto

Una vez determinada la concentración de (CAI) en la dieta y en las heces, se calculó la digestibilidad de la materia seca por el método indirecto de acuerdo con la ecuación indicada por Ly (2008).

$$\text{Digestibilidad de MS (\%)} = \left(1 - \frac{\text{MD}}{\text{ME}} \right) \times 100$$

Donde MD y ME representan el porcentaje de marcador en la dieta y excretas, respectivamente. En el caso de nutrientes específicos, la fórmula empleada fue:

$$\text{Digestibilidad de Nutriente (\%)} = \left(1 - \frac{\text{MD}}{\text{ME}} \times \frac{\text{NE}}{\text{ND}} \right) \times 100$$

Donde MD y ME tienen el mismo significado que en la ecuación anterior, mientras que NE y ND son el porcentaje del nutriente (materia orgánica, energía, nitrógeno y extracto etéreo acidificado) en excretas y dieta en base seca.

Para la investigación cinco se utilizó de igual manera un diseño de cambio con arreglo factorial 2 x 2 donde el primer factor fue el genotipo, cerdos Pelón Mexicano contra cerdos del genotipo (Yorkshire-Landrace); y el segundo factor fue el método de determinación de la digestibilidad, directo contra el indirecto. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza de acuerdo con recomendaciones convencionales (Steel *et al.*, 1997), se utilizó el paquete estadístico del SAS (1999), para el procesamiento de la información numérica. En los casos necesarios se aplicó la prueba t de Student y la matriz de correlación de Pearson.

V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.- Investigación 1: Determinación de la composición física y química del aguacate Hass y Criollo de los municipios de Tepic y Xalisco, Nayarit.

Se encontró efecto significativo ($P < 0.05$) en la interacción tipo de aguacate x parte de la fruta en el peso total de la fruta y el exocarpio demostrando tener mayor peso y exocarpio el aguacate de la variedad Criollo (Cuadro 6). Salazar y Lazcano (1999), informaron valores de peso fresco de aguacates mexicanos Hass igual a 239 g. Por otra parte, Tango *et al.* (2004), examinaron 24 variedades de aguacate en Brasil, e informaron que el exocarpio y el endocarpio fueron el 14.0 y 17.4 % de la fruta, mientras que el mesocarpio o pulpa constituyó el 68.6 % de los aguacates, como promedio. Los resultados nayaritas coinciden en líneas generales con los de Tango *et al.* (2004), y también con datos de 10 variedades cultivadas en Colombia (Ríos y Tafur, 2003) u otras 12 variedades venezolanas con un contenido medio de aceite (Gómez, 2000).

Cuadro 6.- Composición física de aguacates maduros cosechados en el estado de Nayarit

	Variedad			EE ±
	Hass exportación	Criollo	Hass desecho	
n ¹	9	9	9	-
Peso fresco, g	236.0 ^b	372.0 ^a	112.8 ^c	2.96 ^{***}
Proporción, %				
Exocarpio	13.5 ^b	15.2 ^a	12.9 ^c	0.08 ^{***}
Endocarpio	17.0	18.0	18.9	0.32
Mesocarpio	69.5	66.8	68.2	0.27

¹ Cada muestra representa dos frutas

^{***} $P < 0.001$

^{ac} Medias sin letras en común en la misma fila difieren significativamente ($P < 0.05$) entre sí

Desde el punto de vista de la composición química (Cuadro 7), se observó que las frutas se caracterizaron por un bajo contenido de MS y proteína bruta (promedio, 21.92 y 7.73 % respectivamente), y un alto contenido de materia orgánica y extracto etéreo (92.94 y 65.71 % respectivamente), mostrando diferencias significativas ($P < 0.001$) entre tipo de aguacate para las variables de materia seca, materia orgánica y proteína bruta, demostrando una mayor cantidad de materia seca para los aguacates Hass de desecho pero una menor cantidad de

proteína bruta (34.7 y 4.40 % respectivamente), posiblemente por el mal manejo del aguacate tanto en las empacadoras como en los mercados de venta, provocando daños físicos a la fruta y probablemente la degradación de algunas proteínas (Zamora *et al.*, 1999). Salazar y Lazcano (1999), han informado valores de 23.2 % de MS en mesocarpio de aguacates Hass, valor superior al de otras variedades cultivadas, como Choquette, Booth-8 y Hall, que a su vez fueron similares al contenido de MS de los aguacates criollos nayaritas. De acuerdo con los datos de Tango *et al.* (2004), el contenido de MS y extracto etéreo de la pulpa o mesocarpio de 24 variedades de aguacates brasileños sería 24.5 y 65.3 % respectivamente, aunque de acuerdo con estos autores, el Hass en Brasil tendría 42.8 % de MS y 72.7 % de extracto etéreo, en desacuerdo con los datos nayaritas para esos dos índices.

Cuadro 7.- Composición química del mesocarpio de aguacates maduros del estado de Nayarit (por ciento en base seca)

	Tipo de aguacate				Localidad			EE ±
	Hass expo	Hass desecho	Criollo	EE ±	Tepic	Xalisco 1	Xalisco 2	
n ¹	9	9	9	-	6	6	6	-
Materia seca	26.14 ^b	34.70 ^b	17.92 ^c	0.19 ^{***}	21.76	22.53	21.45	1.31
Materia orgánica	73.85 ^b	65.29 ^c	82.08 ^b	0.27 ^{***}	93.73	92.71	92.38	1.18
Nx6.25	8.12 ^a	4.40 ^c	7.34 ^b	0.09 ^{***}	7.53	7.66	8.00	0.21
Extracto etéreo	63.22	65.77	68.19	1.56	71.46 ^a	61.48 ^b	64.16 ^b	2.29 ^{**}

¹ Cada muestra representa dos frutas

*** P<0.001, ** P<0.01

^{ab} Medias sin letras en común en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) entre sí

La composición en ácidos grasos del extracto etéreo de la pulpa de aguacates aparece en el Cuadro 8. Se encontró que el grado de insaturación fue alto, puesto que como promedio, el 55.2 % de todos los ácidos grasos fueron monoinsaturados, y el 19.4 % correspondió a ácidos poliinsaturados. El ácido oleico fue el ácido graso predominante en el extracto etéreo del mesocarpio del aguacate nayarita, y ascendió al 43.5 % del total de ácidos grasos.

En segundo lugar estuvieron los ácidos palmítico (24.3 %) y linoleico (17.8 %). Bora *et al.* (2001) hallaron que en aguacates Fuerte, de Brasil, los principales ácidos grasos saturado e insaturado en aceite de pulpa fueron el palmítico y el

oleico (21.3 y 64.3 %). En general, los resultados de la presente investigación coinciden con los obtenidos por Bora *et al.* (2001) y de Werman y Neeman (1987).

Cuadro 8.- Perfil de ácidos grasos presentes en mesocarpio de aguacates maduros del estado de Nayarit. Efecto variedad.

	Tipo de aguacate			EE ±
	Hass exportación	Hass desecho	Criollo	
n ¹	9	9	9	-
Ácidos grasos, %				
¹ Palmitico	22.03 ^b	23.23 ^b	27.79 ^a	0.10***
² Palmitoléico	12.73 ^a	12.70 ^a	8.40 ^b	0.08***
¹ Estéarico	0.49 ^b	0.53 ^b	0.71 ^a	0.01***
² Oleico	42.48 ^b	48.28 ^a	39.72 ^b	0.33***
³ Linoleico	19.49 ^a	13.69 ^b	20.36 ^a	0.28***
³ Linoléico	1.26 ^b	0.82 ^c	2.17 ^a	0.05***
¹ Araquídico	0.17 ^a	0.12 ^b	0.18 ^a	0.01***
² Eicosenoico	0.18 ^a	0.16 ^b	0.22 ^a	0.01***
Otros	1.17 ^a	0.47 ^b	0.45 ^b	0.03***
Proporción, %				
¹ Saturados	23.06 ^a	24.09 ^a	29.01 ^b	0.10***
² Monoinsaturados	56.01 ^a	61.34 ^b	48.29 ^c	0.37***
³ Polinsaturados	20.93 ^a	14.57 ^b	22.70 ^a	0.34***

¹Cada muestra representa dos frutas

*** P<0.001

^{abc} Medias sin letras en común en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) entre sí

Con respecto a los ácidos grasos de acuerdo con la localidad de recolección (Cuadro 9), no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en ninguna de las medidas examinadas, dejando como manifiesto que en la zona aguacatera de Nayarit, que comprende los municipios de Xalisco y Tepic, el fruto muestra la misma tendencia en cuanto a su composición en ácidos grasos, tanto desde el punto de vista individual, como de la proporción del grado de saturación, de acuerdo con los análisis realizados en esta investigación.

Cuadro 9.- Perfil de ácidos grasos presentes en mesocarpio de aguacates del estado de Nayarit. Efecto localidad.

n ¹	Localidad			EE ±
	Tepic	Xalisco 1	Xalisco 2	
	6	6	6	-
Ácidos grasos, %				
Palmitico	25.33	24.68	24.74	0.92
Palmitoléico	10.46	10.41	10.32	0.75
Estearico	0.62	0.60	0.61	0.03
Oleico	40.79	42.18	40.92	0.76
Linoleico	19.44	20.00	20.34	0.54
Linolénico	1.67	1.73	1.87	0.16
Araquídico	0.20	0.17	0.18	0.01
Eicosenoico	0.22	0.19	0.19	0.01
Otros	0.96	1.03	0.89	0.18
Proporción, %				
Saturados	26.50	25.73	25.90	0.95
Monoinsaturados	51.59	52.40	51.69	1.34
Polinsaturados	21.18	21.86	22.41	0.69

¹Cada muestra representa dos frutas

Un estimado de disponibilidad de aguacates de desecho como frutas frescas en Nayarit de acuerdo con lo informado por Osuna *et al.* (2005), podría llegar a unas 9,120 t/año, ha llegado a ser hasta de un 40 % de la producción total. Si a estos datos se les agregara el desecho de la pasta después de ser extraído eficientemente el aceite, el estimado para Nayarit podría ser aún más alto.

5.2.- Investigación 2: Patrón de consumo de cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial alimentados con dietas de pulpa fresca de aguacate (*Persea americana* Mill.)

No se encontró diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$), en la interacción genotipo x dieta para ninguno de los indicadores que se midieron. El efecto del genotipo sobre los índices del patrón de consumo se muestra en el Cuadro 10. Durante las dos horas observadas consecutivas a la oferta de comida, el alimento ingerido fue 67.8 y 69.1 % del brindado en los cerdos mejorados y en los Pelón Mexicano. Debido a la diferencia en peso vivo que existió entre los cerdos Pelón Mexicano y los mejorados, no se consideró necesario efectuar el análisis de varianza para el tamaño de la ración suministrada o consumida; así mismo, el resto de los atributos del patrón de consumo, la técnica no reveló

evidencias ($P > 0.05$), de que existieran diferencias notables entre los dos genotipos evaluados, hasta el punto de observar que la velocidad de ingestión, el tamaño de ración y las veces comiendo fue prácticamente la misma en ambos genotipos.

Cuadro 10.- Influencia del genotipo en rasgos del patrón de consumo en cerdos en crecimiento

	Genotipo		EE \pm
	Pelón Mexicano	Mejorado ¹	
n	8	8	-
Ración, kg material fresco			
Suministrada	2.02	2.54	0.07
Consumida	1.32	1.71	0.11
Ración, kg material seco			
Suministrada	1.58	1.97	0.01
Consumida	1.10	1.33	0.09
Consumida, % del suministro	69.1	67.8	5.16
Tiempo comiendo, min	38.8	43.5	2.54
Ingestión, g/min			
Base fresca	35.6	38.8	2.41
Base seca	27.8	30.0	1.51
Ración, g MS	523.3	574.2	59.1
Veces comiendo	2.25	2.75	0.20

¹ Predominantemente Yorkshire x Landrace

Renaudeau *et al.* (2005), hallaron modificaciones en el patrón de consumo de cerdos criollos en Guadalupe, cuando éste se contrastó con el de animales mejorados. Un hallazgo similar no fue posible que se detectara en la presente investigación. Se halló que 84.4 y 52.5 % de las dietas sin o con 20 % de aguacate fue consumido durante las dos horas de prueba (Cuadro 11). Hubo diferencia de tratamiento ($P < 0.01$).

Cuadro 11.- Influencia de la dieta en rasgos del patrón de consumo en cerdos en crecimiento

	Aguate, %		
	-	20	EE ±
n	8	8	-
Ración, kg material fresco			
Suministrada	1.89	2.68	0.05
Consumida	1.58	1.45	0.12
Ración, kg material seco			
Suministrada	1.75	1.80	0.03
Consumida	1.46	0.97	0.08*
Consumida, % del suministro	84.4	52.5	4.18**
Tiempo comiendo, min	51.0	31.3	1.78*
Ingestión, g/min			
Base fresca	31.6	42.7	2.19
Base seca	29.2	28.6	1.52
Ración, g MS	679.1	459.6	61.1
Veces comiendo	2.50	2.50	0.19

* P<0.05, **P<0.01

El efecto de dieta también se manifestó significativamente ($P<0.05$) para el tiempo que los animales estuvieron comiendo durante las dos horas de observación. En este sentido, al incluir pulpa fresca de aguacate determinó que los animales dedicaran a comer solamente la mitad del tiempo con relación a la dieta testigo. La descripción de la frecuencia de ingestión de las dietas por parte de los animales se presenta en las Figuras 1 y 2.

La Figura 1, muestra la influencia del genotipo, en la frecuencia de ingestión de alimento por parte de los cerdos, cuando éstos ingirieron la dieta testigo. El catalogo de conductas que se obtuvieron sugieren que en el caso de los cerdos mejorados, uno de los mismos prolongó su ingesta de alimento en comparación con los otros tres cerdos, que cesaron de comer aproximadamente a los 35 min; mientras que la respuesta de los cerdos Pelón Mexicano, fue aparentemente más homogénea, con su tiempo de consumo hasta los primeros 65 min aproximadamente después de haberles ofrecido la ración.

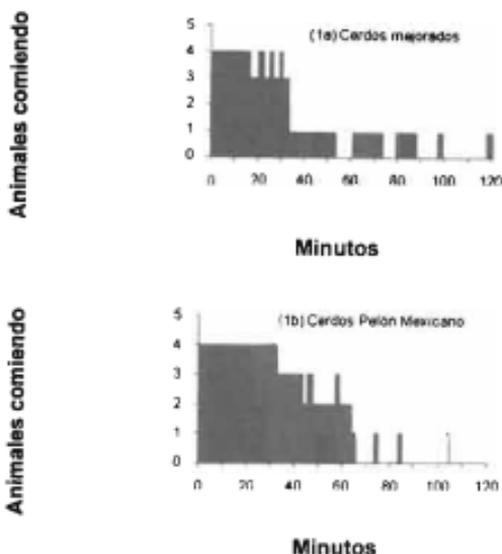
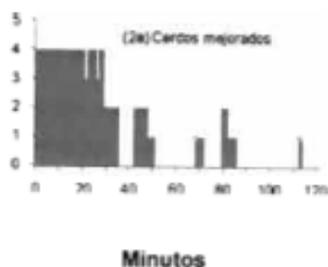


Figura 1.- Frecuencia de ingestión de la dieta testigo. Efecto del genotipo

En la Figura 2, aparece el histograma de frecuencia que describe la ingestión de la dieta que contenía la pulpa fresca del aguacate. En esta conducta, se describe una habilidad mayor de los cerdos Pelón Mexicano para consumir rápidamente la dieta que contenía pulpa de aguacate, en comparación con los cerdos mejorados, que fue prácticamente la mitad del tiempo.

En general, se encontró que la dieta con 20 % de pulpa de aguacate fue consumida en menor tiempo, con un menor tamaño de ración. lo que aparentemente no se compensó con una mayor velocidad de ingestión, debido probablemente a las características propias de la pulpa fresca de aguacate, muy rica en grasa. Como se sabe bien, los lípidos dietéticos pueden inhibir a corto plazo el consumo voluntario, mediante la manipulación de la secreción de colecistoquinina en cerdos (Fernández, 2007; Ly, 2008), tal como ocurre en el hombre (Drewe *et al.*, 1992; Marzinger *et al.*, 2000).

Animales comiendo



Animales comiendo

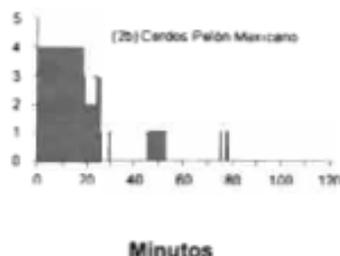


Figura 2.- Frecuencia de ingestión dietas con 20% de pulpa fresca de aguacate en cerdos. Efecto del genotipo

Se sugiere que el suministro de dietas convencionales sustituidas parcialmente por pulpa fresca de aguacate, determina una disminución en el tamaño de ración y en el tiempo de consumo, lo que pudiera prolongar el acto prandial a lo largo de la jornada. Por otra parte, no existen diferencias notables entre los cerdos Pelón Mexicano y los convencionales o mejorados, en cuanto a los índices del patrón de consumo de alimento, al menos en la forma en que fueron determinados en el presente experimento.

5.3.- Investigación 3: Salida fecal en cerdos Pelón Mexicano y comerciales alimentados con pulpa fresca de aguacate (*Persea americana* Mill.).

En el transcurso de esta evaluación, los animales no mostraron ningún síntoma de rechazo a las dietas suministradas, y el alimento fue consumido de acuerdo con lo previsto. Todos los cerdos estuvieron siempre en balance positivo de peso vivo. Los datos referentes a la influencia del genotipo en los índices digestivos medidos se presentan en el Cuadro 12. En el que se puede ver que no se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) en la interacción genotipo x dieta. Por otra parte, se encontró que los cerdos Pelón Mexicano mostraron una digestibilidad rectal de MS que representó el 96.1 % de la correspondiente a los cerdos mejorados (86.5 y 88.2 %, respectivamente).

Cuadro 12.- Índices digestivos en cerdos en crecimiento alimentados con dietas de pulpa fresca de aguacate. Efecto del genotipo

	Genotipo		EE ±
	Pelón Mexicano	YxL	
n	8	8	-
Salida fecal, g/kg MS ingerida			
Material fresco	378	320	9.9
Agua	243	202	7.7
Material seco	135	118	2.9
MS fecal			
Concentración, %	35.75	36.92	0.52
Digestibilidad, %	86.97	86.91	0.11

El efecto del nivel de la pulpa en la dieta en los índices fecales examinados se muestra en el Cuadro 13. La dieta con 20 % de aguacate determinó una digestibilidad de MS igual a la dieta control (87.3 %). No se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) de dieta en ninguna de las medidas efectuadas. Se estimó un valor de digestibilidad de MS para la pulpa de aguacate equivalente a 87.3 %, estimado por diferencia (Crampton y Harris, 1969). Es conocido que el valor nutritivo de la pulpa de aguacate es alto en seres humanos (Ahmed y Barmore, 1990; Bergh, 1992). Los resultados en otra especie animal monogástrica como lo es el cerdo, confirman los datos de Bergh (1992). En el conocimiento de los autores (Ly, 2008), no existen antecedentes de digestión y otros índices de fisiología nutricional en cerdos alimentados con pulpa fresca de aguacate

Cuadro 13.- Índices digestivos en cerdos en crecimiento alimentados con dietas de pulpa fresca de aguacate. Efecto del nivel de fruta en la dieta

	Aguacate, %		EE ±
	-	20	
n	8	8	-
Salida fecal, g/kg MS ingerida			
Material fresco	349	350	10.6
Agua	222	223	8.3
Material seco	127	127	3.0
MS fecal			
Concentración, %	36.40	36.27	0.53
Digestibilidad, %	87.3	87.3	0.10

Se considera que en los cerdos Pelón Mexicano de origen nayarita, al menos para el peso vivo entre 30 y 50 kg, la digestibilidad de MS de dietas convencionales o con 20 % de pulpa fresca de aguacate es equivalente a la de cerdos mejorados.

5.4.- Investigación 4: Balance de nitrógeno y energía, y digestibilidad de nutrimentos en cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial alimentados con pulpa fresca de aguacate (*Persea americana* Mill.).

La interacción entre la raza y la dieta no tuvo efecto significativo ($P > 0.05$) para ninguno de los índices evaluados. Los resultados de la digestibilidad aparente de los nutrimentos se muestran en el Cuadro 14; en donde se aprecia que no hubo diferencias significativas (MS, N, energía, cenizas y materia orgánica) cuando fueron comparados en el sitio rectal. En contraste la digestibilidad aparente de la grasa cruda muestra un alto efecto altamente significativo ($P < 0.001$) cuando los cerdos fueron alimentados con la dieta que contenía pulpa fresca de aguacate. Igualmente, la digestibilidad de las cenizas fue significativamente ($P < 0.05$) en la dieta que contenía aguacate. En otro orden, la raza no tuvo efecto cuando se evaluaron los valores de digestibilidad aparente rectal.

Cuadro 14.- Digestibilidad rectal aparente de nutrimentos y energía en cerdos en crecimiento alimentados con dietas con pulpa fresca de aguacate¹.

Digestibilidad rectal, %	Aguacate,%			Genotipo		
	0	20	EE ±	PM	Y x L	EE ±
Materia seca	87.31	87.31	0.10	86.97	86.91	0.11
Cenizas	27.91	31.60	0.60*	29.90	29.60	0.61
Materia orgánica	84.34	83.82	0.09	84.11	84.05	0.09
Grasa cruda	65.57	83.43	0.24***	73.85	71.55	0.65
Proteína bruta (Nx6.25)	84.14	82.12	0.17	83.42	82.84	0.18
Energía	85.75	86.11	0.15	84.73	85.09	0.15

¹ Ocho observaciones por tratamiento

* P<0.05; *** P<0.001

Se ha informado que la pulpa de aguacate contiene una gran cantidad de lípidos (Ozdemir y Topuz, 2004; Tango *et al.*, 2004), y el producto evaluado en esta investigación no es la excepción, puesto que la grasa cruda de la pulpa de aguacate es de 63.2 % en base seca (Grageola *et al.*, 2008), por lo cual es obvio que la digestibilidad de la grasa se ve en gran parte influenciada por el valor nutritivo de la pulpa de aguacate.

Li y Sauer (1994), no encontraron ninguna influencia del aceite de canola en la digestibilidad fecal aparente de la materia seca, N y aminoácidos en lechones, como resultado de incrementar los niveles de este aceite vegetal hasta un 12.2 % en la dieta. Por lo tanto, éstos datos son semejantes a los resultados referentes al efecto de la pulpa de aguacate sobre la digestibilidad fecal aparente en cerdos jóvenes. Similarmente, la inclusión en dietas de un 18.9 hasta 19.2 % de grasa cruda de aceite de pescado, aceite de canola o aceite de coco no afectó la digestibilidad rectal de la materia seca, energía y proteína en cerdos jóvenes (Jorgensen *et al.*, 2000). Sin embargo, en otras investigaciones, tales como la de Jorgensen y Fernández (2000), la inclusión de grasa en la dieta determinó una clara mejora de la digestibilidad de proteína cruda y aminoácidos, medida en el sitio rectal. En éste aspecto, el nivel, así como también la naturaleza de las grasas incluídas en la dieta de cerdos podría implicar una respuesta animal diferente respecto a los índices de digestibilidad. Por otra parte, un aumento en la capacidad digestiva, en términos de un incremento lineal del peso del sistema digestivo fue encontrado por Terán *et al.* (2004) como consecuencia del incremento en el porcentaje de aceite de palma en la dieta. Sin embargo, no hay una clara explicación de estas interdependencias, incluída la pulpa de aguacate.

Cuadro 15. Digestibilidad rectal aparente de la pulpa fresca de aguacate en cerdos en crecimiento calculada por el método de diferencia¹

Digestibilidad, %	Valor
N	8
Materia seca	86.57 ± 1.68 ²
Materia orgánica	83.82 ± 1.49
Extracto etéreo acidificado	83.44 ± 3.63
Energía	84.08 ± 2.77
N	82.13 ± 3.11

¹ Determinado por diferencia (Crampton y Harris, 1969)

² Media y desviación estándar

La digestibilidad rectal de la pulpa fresca de aguacate calculada por diferencia para los cerdos en crecimiento que se utilizaron en esta investigación fue 86.57, 83.82, 83.44, 84.08 y 82.13 % para la MS, materia orgánica, extracto etéreo acidificado, energía y N, respectivamente (Cuadro 15). Se encontró que el coeficiente de variación fue muy bajo para la digestibilidad de la MS y la materia orgánica (1.94 y 1.78 %) y algo más alto para el extracto etéreo acidificado, energía y N (4.35, 3.29 y 3.79 %). Los valores encontrados para el valor nutritivo fueron altos, y son los primeros que se informan en relación con la digestibilidad rectal de algún producto de aguacate en cerdos, tanto en México como en otros lugares. Estos datos coinciden con otros anteriormente determinados en otras especies en los que se ha mencionado que la digestibilidad de la pulpa de aguacate es más bien alta (Mattii, 1916; Holmes y Deuel, 1920). Estos valores de digestibilidad rectal están de hecho influenciados por los valores altos de digestibilidad rectal del extracto etéreo ácido de esta pulpa, explicado en lo fundamental porque el contenido de la grasa cruda en el mesocarpio de aguacate es alto, y su alta digestibilidad será determinante en la digestibilidad rectal de la MS y de la materia orgánica.

De acuerdo con lo esperado, debido al alto contenido de ácidos grasos insaturados (Grageola *et al.*, 2006), el valor nutritivo de la pulpa de aguacate fue relativamente alto. Es conocido que la digestibilidad de los ácidos grasos insaturados es prácticamente completa incluso a nivel del ileon en cerdos (Jorgensen y Fernández, 2000; Duran-Montgé *et al.*, 2007). En otro orden, se podría esperar que el incremento de la digestibilidad de la grasa cruda en cerdos debe ocurrir como resultado del aumento en el porcentaje de grasa cruda en la dieta (Just, 1989). De hecho, está disponible un gran volumen de información

concerniente al contenido de grasa cruda y composición de ácidos grasos en aguacates en otros países (ver por ejemplo, Ozdemir y Topuz, 2004; Tango *et al.*, 2004), y por otro lado, cada vez más se han realizado estudios sobre digestión y absorción de lípidos (Demarne, 1982; Jorgensen *et al.*, 2000). Sin embargo, muy poco se conoce acerca de la utilización digestiva de la fracción del extracto etéreo del aguacate en cerdos (Göhl, 1975) ó aun en humanos (Ortega, 1983).

De acuerdo con la información que se cuenta sobre el valor nutritivo de la pulpa de aguacate, se pudiera pensar que es necesario conducir más investigaciones, para saber el grado de digestibilidad ileal de los ácidos grasos en los cerdos alimentados con pulpa fresca de aguacate, puesto que se menciona que la digestibilidad fecal de ácidos grasos no refleja la utilización digestiva verdadera de estos ácidos por esta especie animal (Just, 1989; Jorgensen *et al.*, 1996, 2000; Averette Gatlin *et al.*, 2002). Desde otro punto de vista, la absorción de altas cantidades de ácidos grasos no saturados de la pulpa de aguacate, principalmente oleico y linoleico puede determinar un alto valor del índice de yodo de la grasa corporal de los cerdos alimentados con dietas con una proporción importante de pulpa de aguacate, ya que se conoce muy bien que la grasa corporal del cerdo refleja la composición de ácidos grasos en la dieta (Madsen *et al.*, 1992; Averette Gatlin *et al.*, 2002; Pascual *et al.*, 2006; Durant-Montgé *et al.*, 2007). Por otra parte, es desconocido en qué medida este fenómeno puede ser similar en el cerdo Pelón Mexicano y en el animal comercial. Aunque se han hecho estudios de digestibilidad rectal en cerdos Pelón Mexicano (Chei *et al.*, 1983; Trejo, 2005; Vázquez, 2007).

No se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) para la dieta con aguacate, (Cuadro 16), pero los cerdos mejorados tuvieron un consumo más alto que los animales del genotipo Pelón Mexicano. La excreción fecal, urinaria y total así como también la digestión de N no fueron afectadas ($P > 0.05$) por las dietas que contenían aguacate. Aún así, la excreción fecal y la digestión de N fueron afectadas por la raza. Los cerdos mejorados tuvieron una mayor excreción fecal ($P < 0.05$) y digestión ($P < 0.001$) de N. La excreción urinaria y total de N no fue afectada por la raza. Por otra parte, la pulpa de aguacate en la dieta redujo la retención de N, expresado como g/día, por ciento de consumo, ó por ciento de N digerido ($P < 0.05$). Por otro lado, los cerdos mejorados retienen más N, expresado como g/día

($P < 0.001$), por ciento de consumo, ó por ciento de digerido ($P < 0.05$). En general, el balance de N fue influenciado negativamente por la inclusión de pulpa de aguacate en la dieta y cuando se compararon los cerdos mejorados con los Pelón Mexicano, este balance fue más favorable para la raza comercial.

Cuadro 16.- Balance de nitrógeno en cerdos en crecimiento alimentados con dietas con pulpa fresca de aguacate¹.

Balance, g/día	Aguacate, %			Genotipo		
	0	20	EE ±	Pelón Mexicano	Y x L	EE ±
Consumo	42.12	41.01	0.37	37.65	45.48	0.27***
Excreción fecal	6.65	7.33	0.09	6.21	7.77	0.07*
Digestión	35.47	33.67	0.33	31.44	37.71	0.26***
Excreción urinaria	15.42	17.83	0.32	18.21	15.03	0.31
Excreción total	22.07	25.17	0.32	24.43	22.80	0.33
Retención	20.06	15.84	0.38*	13.22	22.68	0.25***
Retención, % de consumo	47.89	37.46	0.70*	35.57	49.79	0.62*
Retención, % de digestión	57.04	45.59	0.84*	42.68	59.95	0.72*

¹Ocho observaciones por tratamiento

* $P < 0.05$; *** $P < 0.001$

La inclusión del 20% de la pulpa de aguacate en la dieta dio lugar a una depresión clara de la retención de N, por lo cual se sugiere que quizá la composición de aminoácidos de la pulpa de aguacate es lejana de ser similar a la proporción de aminoácidos requerida para el crecimiento del cerdo (NRC, 1998). Muy poca información está disponible sobre la composición de aminoácidos de la pulpa del aguacate (Hall *et al.*, 1980; Ortega, 2003), y este aspecto merece mayor consideración ya que el que los cerdos sean alimentados con una cantidad de pulpa de aguacate relativamente elevada en la dieta, determinaría con toda seguridad una necesidad de balancear la ración desde el punto de vista de aminoácidos esenciales. Como demostración, Ortega (2003) informó valores de 59, 40 y 29 mg de lisina, treonina y metionina por 100 g de pulpa de aguacate. En este sentido parece que la proporción de metionina y treonina con respecto a la lisina parece sumamente desfavorable (NRC, 1998).

En oposición a resultados favorables de digestibilidad ileal de N en cerdos Pelón Mexicano en comparación con animales mejorados de Yucatán (Vázquez, 2007), en la presente evaluación se encontró una disminución evidente en la retención

de N en los cerdos Pelón Mexicano con respecto a los cerdos mejorados. De hecho, los resultados son similares a los encontrados por Ly *et al.* (2000) y Trejo (2005). Se ha sugerido que el balance de N podría ser un indicador de los requerimientos de N en los cerdos (McConell *et al.*, 1971, 1972). En éste caso de los cerdos Pelón Mexicano, se encontró que probablemente sería necesaria una menor cantidad de proteína para apoyar un crecimiento máximo de este tipo de cerdo local mexicano. De hecho, es razonable aceptar que su lento crecimiento, así como su composición corporal de tipo graso (Lemus y Alonso, 2005) podría estar relacionado con la baja retención de N y la alta digestibilidad de la grasa. Ambas características antes mencionadas no se ajustan a la alimentación de éste tipo de animales locales con las necesidades energéticas recomendadas para los cerdos mejorados (NRC, 1998).

Se obtuvo un alto efecto significativo ($P < 0.001$) en el consumo de energía por los cerdos de la pulpa de aguacate (Cuadro 17). Esto se debió al hecho de que diariamente el consumo de alimento fue ajustado a la MS y no en base a la energía. No obstante, la retención de la energía cuando fue expresada como el por ciento de lo consumido ó lo ingerido, no mostró efecto significativo ($P > 0.05$) de la dieta. Por otra parte, la retención de energía, cuando fue calculada como el por ciento de energía digerida, reflejó un efecto significativo ($P < 0.05$) debido a la raza, donde los cerdos mejorados expresaron una mejor utilización de la energía comparados con los cerdos Pelón Mexicano.

Cuadro 17.- Balance de energía en cerdos en crecimiento alimentados con dietas con pulpa fresca de aguacate.

Balance, Mcal/día	Aguacate, %			Genotipo		
	0	20	EE ±	Pelón Mexicano	Y x L	EE ±
Consumo	5.01	7.02	0.06***	5.41	6.62	0.08***
Excreción fecal	0.71	0.96	0.01***	0.77	0.90	0.01
Digestión	4.30	6.05	0.05***	4.64	5.72	0.07***
Excreción urinaria	0.19	0.18	0.01	0.21	0.15	0.01
Excreción total	0.90	1.15	0.01**	0.98	1.06	0.01
Retención	4.11	5.87	0.05***	4.42	5.56	0.07***
Retención, % de consumo	81.85	83.44	0.17	81.61	83.68	0.17
Retención, % de digestión	95.47	96.88	0.13	95.10	97.25	0.12*

*Ocho observaciones por tratamiento

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$

La investigación actual proporcionó evidencia a favor de que no hay desventajas digestivas en el cerdo Pelón Mexicano desde el punto de vista de una utilización eficiente de la energía, en comparación cuando éste genotipo local se alimenta con dietas altas en fibra (Chel *et al.*, 1983; Trejo, 2005). Estos resultados son similares a los de otras investigaciones realizadas en otros animales criollos con similar origen genético (Ly *et al.*, 1998; Toro, 2008); sin embargo, no hay observaciones anteriores de la utilización de grasa en el cerdo Pelón Mexicano. Vega (2003) alimentó cerdos de engorda Yorkshire-Landrace con aguacate de la variedad Hass, encontrando cambios importantes en la grasa corporal, con disminución de los ácidos grasos saturados e incremento en el nivel de ácidos grasos insaturados, específicamente palmitoleico, oleico y linoleico. Por su parte, Ly *et al.* (2000) y Toro (2008) observaron que la utilización de grasa en cerdos criollos cubanos y colombianos es considerablemente mayor si se mide a nivel rectal, y ello contrasta favorablemente con los cerdos exóticos importados en Cuba y Colombia, que parecen digerir la grasa de la dieta con una menor eficiencia. Otros cerdos del tipo Ibérico, tales como el Alentejano y el Retinto, en Portugal y en España, al parecer muestran una ventaja digestiva similar (Boza *et al.*, 1969; Freire *et al.*, 1997, 1998). Puesto que la retención de la energía parece ser más eficiente en los mejorados, con relación a los cerdos Pelón Mexicano, lo cual se podría relacionar probablemente con la utilización de la grasa dietética por los animales.

En el Cuadro 18 se presentan la matriz de correlación de Pearson para los índices digestivos en cerdos alimentados con dietas de pulpa de aguacate de desecho. Se halló una correlación significativa ($P < 0.05$) entre DMO y DE, lo cual es muy interesante ya que podría ser posible determinar la DE por medio de DMO. Por otra parte, la DMS también presentó una correlación significativa ($P < 0.05$) para DE, DMO y DN. Este resultado cobra gran importancia, ya que solamente con la determinación de DMS se pudiera predecir la digestibilidad de otros compuestos, a excepción de la DEEA ya que presenta una correlación muy baja y no significativa ($P > 0.05$) con respecto a todas las demás digestibilidades. Esta información obtenida por primera vez en nuestro laboratorio concuerda con los de otros grupos de trabajo de otros países (Ly, 2008).

Cuadro 18.- Matriz de correlación de Pearson de índices digestivos en cerdos en crecimiento alimentados con dietas de aguacate

	DE	DMO	DEEA	DN
DMO	0.569*			
DEEA	-0.135	0.191		
DN	0.754	0.440	-0.210	
DMS	0.909*	0.512*	-0.047	0.700*

DE, DMO, DEEA, DN y DMS expresan digestibilidad rectal de energía, materia orgánica, extracto etéreo acidificado, nitrógeno y materia seca

*P<0.05

De acuerdo con las correlaciones observadas y con las posibilidades de predicción de diferentes digestibilidades a partir de la más sencilla y económica; se presentan las ecuaciones de predicción para la digestibilidad de MO y N. La ecuación para la digestibilidad de MO es:

$$y = 0.846 + 10.53 x$$

donde x es la digestibilidad de la MS. Para la digestibilidad del N es:

$$y = 1.548 - 51.44 x$$

donde x es la digestibilidad de la MS.

5.5.- Investigación 5: Comparación de la digestibilidad por el método directo e indirecto de cenizas insolubles en ácido en cerdos Pelón Mexicano y de tipo comercial, alimentados con dieta de pulpa fresca de aguacate (*Persea americana* Mill.).

De acuerdo con los resultados mostrados en el Cuadro 19, no se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) al comparar los valores para cada método, directo e indirecto por separado, independientemente del genotipo (pelón o comercial) y de su alimentación (0 y 20 % de aguacate) en la digestibilidad rectal de MS, MO, E y N.

Cuadro 19.- Digestibilidad rectal aparente de nutrimentos en cerdos por el método directo ó por el método indirecto¹

	Cerdos		
	Yorkshire	Landrace	EE ±
Materia seca, %			
Método directo	86.9	87.0	0.65
Método indirecto	85.6	84.7	3.08
EE ±	0.95	0.97	
Materia orgánica, %			
Método directo	84.0	84.1	0.68
Método indirecto	87.8	87.6	0.86
EE ±	0.68*	0.86*	
Energía, %			
Método directo	85.1	84.7	1.27
Método indirecto	85.0	83.5	1.21
EE ±	2.11	2.71	
Nitrógeno, %			
Método directo	82.8	83.4	1.35
Método indirecto	82.2	82.6	2.20
EE ±	1.56	2.05	

¹ Ocho observaciones por tratamiento

* P<0.05

Al comparar un método con el otro, en cada genotipo por separado no se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) en la digestibilidad rectal de MS, E y N (MS, 86.9 y 85.2 %; N, 83.1 y 82.4 %; energía, 84.9 y 84.3 %). Solamente se encontró efecto significativo ($P < 0.05$) de tratamiento para la digestibilidad de MO en ambos genotipos, observando que el método indirecto sobreestimó ligeramente el valor de digestibilidad rectal de la MO. Es muy probable que las diferencias encontradas en el caso de la digestibilidad de la MO se deban a que su estimación se hace a partir de sustraer el contenido de ceniza de la muestra, lo que en sí implica una evaluación indirecta de la MO. En este sentido, se menciona que antes de implementar la técnica se tiene que tener la confianza de su manejo para evitar estimaciones sesgadas (Nieves *et al.*, 2008).

Estudios en cerdos Mong Cai encontraron una sobrestimación en la digestibilidad de MS, MO y N (Ly *et al.*, 2002). En contraste con otros estudios comparativos entre estos dos métodos se han encontrado valores similares para digestibilidad fecal (Sales y Janssens, 2003; Nieves *et al.*, 2008; Yin *et al.*, 2003).

En la presente investigación ambos genotipos, aunque se sobreestimó con el método indirecto la digestibilidad de la MO, se pudo predecir con confianza la digestibilidad directa de esta variable. Sin embargo, en los otros tres índices evaluados, que se consideran más importantes desde el punto de vista nutricional, es decir, MS, E y N, no se halló diferencias significativas ($P < 0.05$) cuando se compararon los métodos directos e indirectos. De igual forma que en los trabajos de Sales y Janssens (2003), en donde no encontraron diferencias entre ambos métodos (directo e indirecto); además de los realizados por Martin *et al.* (1998); Moughan *et al.* (1991); Ly y Samkol (2001) y Ly *et al.* (2002).

La mayoría de las variables se correlacionan significativamente para ambos métodos ($r = 0.592$; $P < 0.01$). Solo la MO no tuvo una correlación significativa con N. A pesar de esto, es posible a través de una variable, las más fácil de calcular, predecir las demás al igual que con el método directo y que en este caso, es a través de MS con la correlación más alta.

Cuadro 20.- Coeficientes de correlación de Pearson entre valores de digestibilidad calculados por el método indirecto

	MO	E	N
E	0.522*		
N	0.477	0.726***	
MS	0.591**	0.853***	0.852***

MS: materia seca. MO: materia orgánica. N: nitrógeno. E: energía

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$

En la Figura 3 se presenta la digestibilidad de la materia orgánica directa predicha a través del método indirecto con la siguiente ecuación: $y = 43.08 + 0.467 x$, donde x fue el valor de la digestibilidad indirecta de la materia orgánica.

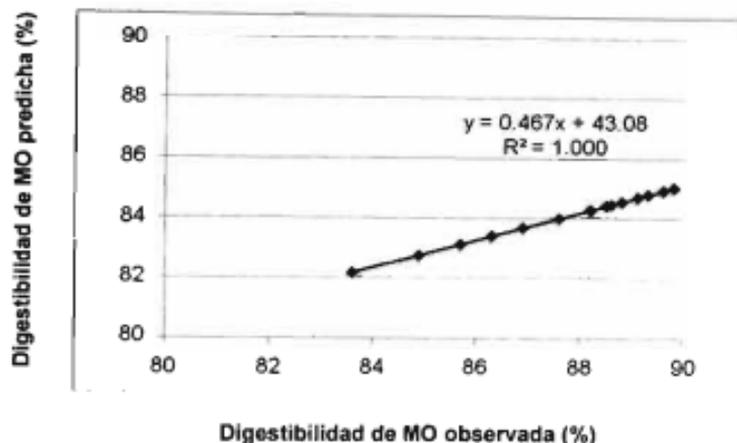


Figura 3.- Digestibilidad de la materia orgánica predicha a través del método indirecto

En estudios realizados en aves se obtuvieron valores de predicción para las variables energía metabolizable ($R^2 = .98$) y retención de nitrógeno ($R^2 = .76$) con el método de ceniza insolubles en ácido demostrando la confiabilidad de este método (Scott y Hall, 1998). El método indirecto utilizado para la determinación de digestibilidad, empleando la ceniza insolubles en ácido como la sustancia de referencia, puede ser usado para la evaluación nutricional de dietas dadas a cerdos jóvenes (Ly *et al.*, 2002); sin embargo, se tiene que tener cuidado en el manejo de la técnica ya que el uso de este tipo de ceniza como marcador externo en estudios de digestibilidad con cerdos, ha generado a veces recuperación incompleta del indicador (Yin *et al.*, 2003) y la efectividad de la técnica depende de esta recuperación.

Los resultados del presente estudio concuerdan con los informados anteriormente y permiten confirmar que la digestibilidad fecal de nutrientes en cerdos puede determinarse indistintamente por el método de colección total o mediante el método de ceniza ácido insoluble. Es decir, se puede proponer que el método ceniza ácido insoluble podría ser usado en forma alternativa para sustituir el método de colección total, como una manera confiable, económica y práctica para estimar digestibilidad de nutrientes en cerdos.

VI.- CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en la primera investigación, se considera que el aguacate Hass de desecho cultivado en el estado de Nayarit, es rechazado principalmente por el deterioro de sus características físicas y no por el decremento de la calidad y cantidad de grasa, ya que éste aguacate muestra un perfil de ácidos grasos tan destacable como el aguacate Hass de exportación. Por lo que se sugiere su aprovechamiento como una alternativa en la alimentación animal, particularmente en la del ganado porcino.

El patrón de consumo en el cerdo Pelón Mexicano y de tipo comercial, a partir de dietas convencionales sustituidas parcialmente por pulpa fresca de aguacate hasta un 20 %, determina una disminución en el tamaño de ración y en el tiempo comiendo, sin diferencias notables entre los cerdos Pelón Mexicano y los convencionales o mejorados.

La digestibilidad rectal de la pulpa fresca de aguacate en cerdos en crecimiento es alta, y está determinada fundamentalmente por la alta digestibilidad rectal del extracto etéreo acidificado o grasa cruda.

Se considera que la baja retención de N en los cerdos Pelón Mexicano podría estar relacionada con la composición corporal de este cerdo local, que por otra parte no parece ser inferior en comparación con razas mejoradas para digerir dietas por lo menos similares a las realizadas en la actual investigación.

Es viable el uso del método de ceniza insolubles en ácido para determinar la digestibilidad fecal de MS, MO, N y E incluyendo su aplicación en estudios de digestibilidad de cerdos Pelón Mexicano, por presentar una alta correlación con el método directo de recolección total de heces, además de constituir un procedimiento práctico, confiable y aplicable en estudios de valoración nutricional de alimentos para cerdos.

6.1.- Recomendaciones:

En futuras investigaciones sería necesario establecer el nivel de consumo de N para este tipo de cerdos locales mexicanos. Por otra parte, el uso de aguacate para alimentar cerdos, incluido el Pelón Mexicano, debe determinar una alta digestibilidad de la grasa cruda y al mismo tiempo un considerable deterioro de la retención de N, debido probablemente a una composición desequilibrada de aminoácidos. Se sugiere que el nivel de inclusión de la pulpa de aguacate en la dieta de cerdos se debe de incluir teniendo en cuenta esta posible limitación nutricional, que debe investigarse. De igual forma, sería de gran interés conducir investigaciones para determinar la composición corporal, calidad cármica y de grasa en cerdos alimentados con pulpa de aguacate.

A pesar que los animales no mostraron ningún rechazo a la manera de ser ofrecida la pulpa de aguacate, se consideró que para el productor no resulta ser muy práctica, por lo cual, se sugiere realizar estudios para proponer una manera más práctica y sencilla de suministrar el aguacate.

VII.- LITERATURA CITADA

- Aguilar, A. y Castellanos, R.A. 1983. Utilización digestiva de la alfalfa por el cerdo Pelón Mexicano. INIP. SARH, 27-34.
- Ahmed, E.M y Barmore, C.R. 1990. Avocado. In: Fruits of tropical and subtropical origin. AVI Publishing In Company Westport, 121-156.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th edition). Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- AOAC 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (15th edition). Washington, DC.
- Averette Gatlin, L., See, M.T., Hansen, J.A., Sutton, D. y Odle, J. 2002. The effects of dietary fat sources, levels, and feeding intervals on pork fatty acid composition. J. Anim. Sci. 80:1606-1615.
- Azizi, S.N. y Najafzadeh, S. 2008. Fatty acids and volatile compounds in avocado cultivated in North of Iran. World Appl. Sci. J., 5 (1):01-04.
- Bateman, J. 1970. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. Centro regional de ayuda técnica y agencia para el desarrollo internacional México, pp 468.
- Becerril, M., Lemus, C., Herrera, J.G., Huerta, M., Alonso, S. M., Ramírez, N. R., Mota R. D. y Ly, J. 2009. Studies on growth of Pelón Mexicano pigs: effect of rearing conditions on performance traits. J. Anim. Vet. Adv., 8:208-212.
- Benítez, O.W. 2001. Los cerdos criollos en América Latina. En: Los cerdos locales en los sistemas tradicionales de producción (M. Sánchez y O.W. Benítez, ed.). Estudio FAO Producción y Sanidad Animal No. 148. Roma, p 13-35.

- Bergh, B. 1992. Nutritious value of avocado. California Avocado Society Yearbook. 76:123-135.
- Bondi, A. 1998. Nutrición animal. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, pp 546.
- Bora, P.S., Paulo, M.Q., Rocha, R.V.M. y Narain, N. 2001. Caracterización de los aceites de la pulpa y semillas de aguacate (cultivar: Fuerte). Grasas y Aceites, 52: 171-174.
- Boza, J., Fonollá, J. y Varela, G. 1969. Estudio comparativo de la digestibilidad y valor nutritivo del sorgo en cerdos Retintos y Landrace. Rev. Nutr. Anim. 7, 112-120.
- Buxadé, C. 1996. Porcinocultura intensiva y extensiva. Editorial Acribia S.A. Madrid. España.
- Chel, L., Aguilar, A. y Castellanos, A. 1983. Utilización digestiva de la alfalfa por el cerdo pelón mexicano. Tec. Pec. México. 44, 27-34.
- CNEM. 1988. Centro Nacional de Estudios Municipales. Secretaría de Gobernación. Enciclopedia de los Municipios de México. Tomo "Los Municipios de Nayarit".
- Cossío, V.L.E., Salazar, G.S., González, D.I.J.L. y Medina, T.R. 2007. Algunos aspectos reproductivos del aguacate Hass en clima semicálido. Proceedings VI World Avocado Congress. ISBN: 978-956-17-0413-8.
- Crampton, E.W. y Harris, L.E. 1969. Applied Animal Nutrition. The use of feedstuff in the formulation of livestock rations (W.H. Freeman and Company). San Francisco, pp 753.

- Demame, Y. 1982. Digestion et absorption des lipides chez le porc. In: *Physiologie Digestive chez le Porc* (J.P. Laplace, T. Coming y A. Rérat, ed.). Les Colloques de l'INRA, 12, 99-109.
- Díaz, C. 2003. Evaluación del uso de recursos arbóreos en la alimentación de los cerdos por diferentes métodos de determinación de la digestibilidad. Tesis MSci. Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana.
- Díaz, M. y Andrea, C. 2004. Efecto de la adición del aguacate a la alimentación habitual sobre los niveles de lípidos en personas con dislipidemia, 9: 49-58.
- Dierick, N. A., Vervaeke, I., Decuypere, J. y Henderickx, H. 1990. Bacterial protein synthesis in relation to organic matter digestion in the hindgut of growing pigs: contribution of hindgut fermentation to total energy supply and growth performances. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 63: 220-235.
- Drewe, J., Gadiant, A., Rovati, L.C. y Beglinger, C. 1992. Role of circulating cholecystokinin in control of fat-induced inhibition of food intake in humans. *Gastroenterol.*, 102:1654-1659.
- Duran-Montgé, P., Lizardo, R., Torrallardona, D. y Esteve, E. 2007. Fat and fatty acid digestibility of different fat sources in growing pigs. *Livest. Sci.*, 109: 66-69.
- Faliu, L. y Griess, D. 1969. Le comportement alimentaire du porc charcutier. Contribution à le stude du repas du porc, alimenté une fois par jour, 6 jours par semaine. *J. Rech. Porcine France*, 1:61-66.
- FAO.1994. Boletín de información sobre recursos genéticos animales. Roma: FAO, UNEP.
- Fernández, J. 2007. Descripción del comportamiento alimentario en cuatro razas porcinas y estudio de su relación con la productividad, el gen del halotano y la

j rarqu a social. Tesis de Dr. en Veterinaria. Univ. Autón. Barcelona, Barcelona, pp 258.

- Flores, M.J. 1992. Cría y Explotación. Enfermedades e industrialización. Ganado porcino I. Editorial Limusa. México.
- Freire. J.P.B., Peiniau, J., Cunha, L.F., Almeida, J.A.A. y Aumaitre, A., 1997. A comparative study on the digestive performance and the activity of digestive enzymes in Alentejano and Large White piglets. In: Proc. IV Int. Sem. Dig. Physiol. Pig (J.P. Laplace, C. F vrier y A. Barbou, ed.). Saint Malo, pp. 140-143.
- Freire. J.P.B., Peiniau, J., Cunha, L.F., Almeida, J.A.A. y Aumaitre, A., 1998. Comparative effects of dietary fat and fibre in Alentejano and Large White piglets: digestibility, digestive enzymes and metabolic data. Livest. Prod. Sci., 53:37-47.
- García, E. 1983. Modificaciones al sistema de clasificación de Koppen. Instituto de Geografía. UNAM, México D.F.
- Gohl B., 1975. Tropical Feeds. In: Feeds Information Summaries and Nutritive Value, FAO, Rome.
- Gómez, V.M. 2000. Fruit characterization of Venezuelan avocado varieties of medium oil content. Scient. Agr c., 57:791-794.
- González, M.J.H. 1974. Contribución al estudio del cerdo Pelón Mexicano en el municipio del Naranja, Veracruz. Tesis de Licenciatura M.V.Z. Fac. Med. Vet. Zootec., Universidad de Tamaulipas.
- Grageola, F., Sanginés, L., Castillo, R.M., Lemus, C. y Ly, J. 2008. Algunas características de aguacates (*Persea americana* Mill.) mexicanos de Nayarit con potencial en la alimentación de ganado porcino. In: Sem. Int. Porc. Trop., La Habana, versión electrónica disponible en disco compacto, ISBN 978-959-282-075-3.

- Green, S., Bertrand, S.L., Duron, M.J.C. y Maillard, R.A. 1987. Digestibility of amino acids in maize, wheat and barley meal, measured in pigs with ileo-rectal anastomosis and isolation of the large intestine. *J. Sci. Food. Agric.*, 41:29-43.
- Hall, H.T., Smoot, J.M., Knight, R.J. y Nagy, S. 1980. Protein and amino acid composition of ten tropical fruits by gas-liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, 28:1217-1221.
- Holmes, A.D. y Deuel, H.J. 1920. Digestibility of certain miscellaneous fats. *J. Biol. Chem.* 41:227-235.
- Ikhuoria, E.U. y Maliki, M. 2007. Characterization of avocado pear (*Persea americana*) and African pear (*Dacryodes edulis*) extracts. *African J. Biotechnol.*, 6(7):950-952.
- Jorgensen, H. y Fernández, J.A. 2000. Chemical composition and energy value of different fat sources for growing pigs. *Acta Agric. Scand. A Anim. Sci.*, 50:129-136.
- Jorgensen, H., Gabert, V.M., Hedemann, M.S. y Jensen, S.K. 2000. Digestion of fat does not differ in growing pigs fed diets containing fish oil, rapeseed oil or coconut oil. *J. Nutr.*, 130:852-857.
- Jorgensen, H., Jensen, S. y Eggum, B.O. 1996. The influence of rapeseed oil on digestibility, energy metabolism and tissue fatty composition in pigs. *Acta Agric. Scand. Sect. A. Anim. Sci.*, 42:177-184.
- Just, A. 1989. The net energy value of crude fat for growth in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 9:501-509.
- Lemus, C., Hernández, J.A., Hernández, S.M. y González, M.C.A. 1999. Existencia y diferencias morfológicas del cerdo Pelón Mexicano en el estado de Nayarit. III Reun. Cient. Tecnol. Nayarit. Tepic, p 51-53.

- Lemus, F.C. y Alonso, S.M.L. 2005. El cerdo Pelón Mexicano y otros cerdos criollos. Univ. Autón. Nayarit. Tepic. ISBN: 968-833-064-7.
- Lemus, F.C., Ulloa, A.R., Ramos, K.M., Estrada, F.J. y Alonso, R.A. 2001. Genetic analysis of Mexican hairless pig populations. J. Anim. Sci., 79:1-6.
- Li, S. y Sauer, W.C. 1994. The effect of dietary fat content on amino acid digestibility in young pigs. J. Anim. Sci. 72:1737-1743.
- Ly, J. 2005. An approach to the relationship between N and energy in urine of pigs fed sugar cane products, Rev. Comp. Prod. Porcina, 12:35-38.
- Ly, J. 2008. Fisiología Digestiva del Cerdo (C. Lemus y J. Ly, editores). Univ. Autón. Nayarit. Tepic, pp 165.
- Ly, J., Chhay Ty y Pok Samkol. 2002. Studies on the use of acid insoluble ash as inert marker in digestibility trials with Mong CAI pigs. Livest. Res. Rural Develop., 14(5): versión electrónica disponible en el sitio: <http://www.cipav.org.co/1rrd/1rrd14/5/ly.html>.
- Ly, J. y Samkol, P. 2001. Nutritional evaluation of tropical leaves for pigs. *Desmanthus (Desmanthus virgatus)*. Livest. Res. Rural Develop. 13(4): versión electrónica disponible en el sitio: <http://www.cipav.org.co/1rrd/1rrd13/4/ly.html>.
- Ly, J., Avila, E. y Mederos, C.M. 1990. Efecto del método de determinación de la digestibilidad de grasa cruda en cerdos alimentados con dietas con bajo nivel de extracto etéreo. Cienc. Técn. Agric., Ser. Gan. Porcino, 13(2):69-79.
- Ly, J., Diéguez, F.J., Martínez, R.M. y García, A. 1998. Digestion of a diet very high in fibre in Cuban Creole pigs. Anim. Feed Sci. Technol., 72:397-402.
- Ly, J., Santana, I. y Macías, M. 2000. Studies on digestibility of royal palm nuts in Cuban Creole pigs. Cuban J. Agric. Sci., 34:327-335.

- Madsen, A., Jakobsen, K. y Mortensen, H. 1992. Influence of dietary fat on carcass fat quality in pigs. A review. *Acta Agric. Scand.*, 42:220-225.
- Martin, E. Nolan, J. Nitsan, Z. y Farrel, D. 1998. Strategies to improve the nutritive value of rice bran in poultry diets. IV. Effects of addition of fish meal and microbial photosets to duckling diets on bird performance and aminoacid digestibility. *Brit. Poultry Sci.*, 39:612-621.
- Marzinger, D., Degen, L., Drewe, J., Meuli, J., Diebendorfer, R., Ruckstuhl, N., D'Amato, M., Rovati, I. y Beglinger, C. 2000. The role of long chain fatty acids in regulating food intake and cholecystokinin release in humans. *Gut*, 44:688-693.
- Mateyzanz, J. 1965. Introducción a la ganadería en Nueva España 1521-1535. *Historia Mexicana. El Colegio de México*, 14(4):533-566.
- Mattil, H.A. 1916. The digestibility of the fat of the avocado. *California Avocado Assoc. Ann. Rep.*, 2:93-95.
- McCarthy, J.F. Aherne, F.X. y Okai, D.B. 1974. Use of HCl-insoluble ash as an index material for determining apparent digestibility with pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 54:157-169.
- McConell, J.C., Barth, K.M. y Griffin, S.A. 1971. Nutrient digestibility and nitrogen metabolism studies at different stages of growth with fat and lean type swine fed two levels of protein. *J. Anim. Sci.*, 32:654-657.
- McConell, J.C., Barth, K.M. y Griffin, S.A. 1972. Nitrogen metabolism at three stages of development and its relationship to measurements of carcass composition in fat and lean swine. *J. Anim. Sci.*, 35:556-560.
- McDonald, E. 1999. *Nutrición Animal*. 5ª ed. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, pp 576.

- Moore, J.H. 1957. Diurnal variations in the composition of the faeces of pigs on diets containing chromium oxide. *Brit. J. Nutr.*, 11:273-283.
- Moughan, P.J. Smith, W.C. Schrama, H. y Smits, C. 1991. Chromic oxide and acid insoluble ash as faecal markers in digestibility studies with young growing pigs. *New Zealand J. Agric. Res.*, 34: 85-88.
- Naveh, E., Werman, M.J., Sabo, E. y Neeman, I. 2002. Defatted avocado pulp reduces body weight and total hepatic fat but increases plasma cholesterol in male rats fed diets with cholesterol. *J. Nutr.*, versión electrónica disponible en el sitio: <http://www.jn.nutrition.org>.
- Nieves, D. Barajas, A. Delgado, G. González, C. y Ly J. 2008. Digestibilidad fecal de nutrientes en dietas con forrajes tropicales en conejos. Comparación entre métodos directo e indirecto. *Bioagro*, 20: 67-72.
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Swine.* National Academy Press. Washington, pp 139.
- Olaeta, J.A. 2003. Industrialización del aguacate: estado actual y perspectivas futuras. *Proceedings V World Avocado Congress*, p 749- 754.
- Ortega, T.M.A. 2003. Valor nutrimental de la pulpa fresca de aguacate Hass. *Proceedings V World Avocado Congress*, p 741-748.
- Osuna, J.A., Beltrán, J.A. y Vázquez, V. 2005. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre el comportamiento postcosecha del aguacate Hass. *Rev. Fitotecnia Mexicana*, enero-marzo, 28:1- 8.
- Ozdemir, F. y Topuz, A. 2004. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chem.*, 86:79-83.

- Panepinto, L.M. y Phillip, R.W. (1986). The Yucatan Miniature Pig: Characterization and utilization in biomedical research. *Lab. Anim. Sci.*, 36:344-347.
- Pascual, J.V., Rafecas, M., Canela, M.A., Boatella, J., Bou, R., Baucells, M.D. y Codony, R. 2006. Effect of increasing amounts of a linoleic-rich dietary fat on the fat composition of four pig breeds. Part I: backfat fatty acid evolution. *Food. Chem.*, 96:538-548.
- Pérez, R.R., Villanueva, R.S. y Cosío, R.R. 2005. El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales. *e-Gnosis (online)*, 3:10. ISBN: 1665-5745.
- Pieterse, Z., Jerling, J. y Oosthuizen, W. 2003. Avocados (monounsaturated fatty acids), weight loss and serum lipids. *South African Avocado Grow. Assoc. Yearbook*, 3:65-71.
- Plata, P.J. 2000. Comparación de la ganancia de peso, conversión alimenticia y grasa dorsal del cerdo Pelón Mexicano engordado en dos climas y dos sistemas de alimentación. Tesis de Licenciatura. *Fac. Med. Vet. Zoot., Univ. Autón. Nayarit.*
- Pushkar, S.B., Narendra, N., Rocha, R.V.M. y Marcal, Q.P. 2001. Characterization of the oils from the pulp and seeds of avocado (cultivar:Fuerte) fruits. *Grasas y Aceites*, 52 (3-4):171-174.
- Renaudeau, D., Siloux, F., Giorgi, M. y Weisbecker, J.L. 2005. A comparison of growth performance and feeding behaviour in Creole and Large White pigs: preliminary results. *Archiv. Zootec.*, 54:471-476.
- Richards, M. y Rejón, M. 1983. Diagnóstico del sistema porcino ejidal en la zona henequenera de Yucatán. *F.M.V.Z. Univ. Autón. Yucatán. Mérida.*
- Rico, C., Santana, I., García, G. y Ly, J. 2000. El cerdo criollo cubano. *Mem. V Congr. Iberoamer. Razas Autóct. Criollas. La Habana*, p 244-246.

- Ríos, D. y Tafur, R. 2003. Variedades de aguacate para el trópico: caso Colombia. In: Act. V Congr. Mund. Aguacates, p 143-147.
- Rojas, A.C. 1994. Comparación del comportamiento productivo durante la lactancia entre cerdos de raza Pelón Mexicano e híbridos de Yorkshire con Pelón Mexicano en el altiplano. Tesis de Licenciatura en M.V.Z. Fac. Med. Vet. Zootec., UNAM. México. D.F.
- Rutiaga, H.L. 2006. Curación con aguacate. Ediciones Viman, S.A. de C.V. México. ISBN: 968-9120-45-X.
- SAGARPA. 2007. Información de las Delegaciones, Distritos y Caders. Subsecretaría de Agricultura.
- Salazar, S. y Lazcano, I. 1999. Nutritional diagnosis of the Hass avocado (*Persea Americana* Mill.) under rainfed conditions. Serie Horticultura, 5:173-184.
- Sales, J. y Janssens, G.P. 2003. Acid insoluble ash as marker in digestibility studies: review. J. Anim. Feed Sci., 12:383-401.
- Sánchez, S., Mijares, P., López, L. y Barrientos, A. 1997. Historia del aguacate en México, p 173-187.
- SAS. 1999. SAS/STAT User's Guide. Release 6.12. Statistical Analysis System (SAS) Institute In Company. Cary.
- Scott, T.A. y Hall, J.W. 1998. Using acid insoluble ash marker ratios (diet digesta) to predict digestibility of wheat and barley metabolizable energy and nitrogen retention in broiler chicks. Poultry Sci., 77:674-679
- Shojiro, T.J., Limonta, C.C.R. y Bernado, S.N. 2004. Caracterizacáo física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extracáo de óleo. Rev. Brasileira Frut. Jaboticabal, 26 (1):17-23.

- Sierra, V.A. 1997. La conservación de animales domésticos en México. Mem. 1^{er} Congr. Nac. Conserv. Rec. Gen. Anim. Córdoba, p 149-152.
- SPPEN. 1996. Secretaría de Programación y Presupuesto del Estado de Nayarit. Ed Rekord Impresores S.A. México, D.F.
- Stanogias, G. y Pearce, J. 1985. The digestion of fibre by pigs. Effects of amount and type of fibre on physical characteristics of segments of the gastrointestinal tract. Brit. J. Nutr., 53:537-548.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H. y Dickey, M. 1997. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. MacGraw-Hill Book Company In Company (second edition). New York, pp 666.
- Tango, J.S., Carvalho, C.R.L. y Soares, N.B. 2004. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. Revista Brasileira de Fruticultura (Jaboticabal), 26:17-23.
- Téliz, D. 2000. El aguacate y su manejo integrado, editorial Mundi-Prensa, México D.F.
- Tello, R.A. y Cisneros, A.A. 1990. Evaluación del comportamiento alimenticio y reproductivo del CPM en estabulación. Tesis de Licenciatura. Fac. Med Vet. Zotec., Univ. Autón. Nayarit. Tepic.
- Terán, G., Sarmiento, L., Segura, J.C., Torres, F. y Santos, R. 2004. Productive performance, carcass characteristics and gastrointestinal tract weight of pigs fed with African palm oil (*Elaeis guineensis*). Téc. Pec. México, 42:181-192.
- Toro, C.A. 2008. Comparación del cerdo criollo vs. Mejorado en la capacidad de digestión y fermentación de dietas con diferentes tipos de materias primas fibrosas. Tesis M. Sci. Univ Nac. Colombia, Sede Palmira. Palmira, pp 109.

- Trejo, W. 2005. Strategies to improve the use of limited nutrient resources in pig production in the tropics. *J. Agric. Rural Develop. Trop. Subtrop.*, 85:1-108.
- Undersander, D., Mertens, D.R. y Theix, N. 1993. *Forage Analysis Procedures*. National Forage Testing Association. Omaha, pp 154.
- Van Keulen, J. y Young, B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble-ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.*, 44:282-287.
- Van Wieren, J. 2000. Digestibility and voluntary intake of roughages by wild board and Meishan pigs. *Anim. Sci.*, 71:149-156.
- Vázquez, G.M. 2007. Digestibilidad de la proteína cruda del grano de frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) en cerdos criollos y comerciales. Tesis Med. Vet. Zotec., Univ. Autónoma Yucatán, Mérida, pp 32.
- Vega, J.M.E. 2003. Efectos de la alimentación con aguacate (variedad Hass) sobre el perfil lipídico en cerdos en etapa de finalización. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.
- Werman, M.J. y Neeman, I. 1987. Avocado oil production and chemical characteristics. *J. Analysis Oil Chem. Soc.*, 64:229-232.
- Yen, J.T., Tess, M.W., Pond, W.G. y Dickerson, E. 1983. Digestibility and metabolism of dietary nitrogen and energy in contemporary, genetically lean and obese pigs as estimated by total fecal collection and acid insoluble ash. *J. Anim. Sci.*, 56:426-430.
- Yin, Y.L., Mcevoy, J.D., Schulze, H. y Mcken, K.J. 2003. Effects of xylanase and antibiotic addition on ileal and faecal apparent digestibilities of dietary nutrients and evaluating HCl-insoluble ash as a dietary marker in growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 71:95-103.

- Zamora, M.M.T., Cajuste, B.J., Colinas, L.M.T.B. y Santacruz, U.H. 1999. Efecto de los daños mecánicos sobre el comportamiento postcosecha de fruto de aguacate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5:319-328.

VIII.- ANEXOS

7.1.- Fotografía 1. Corrales individuales



7.2.- Fotografía 2. Jaulas metabólicas

