



**SEP**  
SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
Instituto Tecnológico de Huejutla

CLAVE: 13DIT0001E

**TITULACIÓN INTEGRAL**

**TESIS PROFESIONAL**

**Estimación de la degradabilidad y la producción de gas *In vitro* de la semilla de aguacate (*Persea americana* Mill) para la utilización en la elaboración en dietas para caprinos.**

**Para obtener el título de  
Ingeniero en agronomía**

**Integrante**

Irene López Santana

**Director**

Dr. Pánfilo Saldaña Campos

**Codirector**

Dra. María Magdalena Crosby Galván

**MARZO 2019**



Km. 5.5 Carretera Huejutla-Chalahuiyapa, C. P.  
43000

Huejutla de Reyes, Hgo. Tel./Fax: 789 89  
60648



REGC-582 Alcance de la Certificación: Servicio educativo que comprende desde la inscripción hasta la entrega del Título y Cédula Profesional de licenciatura

**ESTIMACIÓN DE LA DEGRADABILIDAD Y LA PRODUCCIÓN DE GAS *IN VITRO* DE LA SEMILLA DE AGUACATE (*PERSEA AMERICANA* MILL) PARA LA UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN EN DIETAS PARA CAPRINOS.**

Irene López Santana

Instituto Tecnológico de Huejutla , 2019

**RESUMEN**

La presente investigación se realizó en el Colegio de Posgraduados Campus Montecillo en el laboratorio Nutrición animal del Programa en Ganadería. Para ello se utilizó la semilla de aguacate (*Persea americana* Mill). Con objeto de conocer la degradabilidad y producción de *gas In vitro* en un periodo de tiempo de 0, 12, 24, 48, y 72 horas. Con la alternativa que se utilice como implementación en la elaboración de dietas para caprinos .A base los resultados analizados en degradabilidad a las 0 horas empezó con 20.15% y la máximas a las 72 horas con un porcentaje de 67.65% y en producción de gas a las 0 horas de 3.42 en 72 horas con 234.06 (PG\*g1 gMS<sup>-1</sup>) en donde se observó una producción de gas muy bajo a comparación de otros alimentos que consumen los pequeños rumiantes. De acuerdo a la literatura es una alternativa como desparasitante natural que aún falta investigación por hacer y así enriquecer este trabajo de investigación.

**Palabras clave:** *Persea americana* Mill ,degradabilidad y producción de gas *In vitro*

## DEDICATORIAS

Le doy Gracias a Dios por permitirme llegar con esta meta propuesta ya hace años, dándome enseñanzas y aprendizajes poniéndome a personas de gran corazón que me brindaron su apoyo incondicional.

A mis padres la Sra. Dominga Santana Romero y Sr. Antonio López Santana por darme el Don de la vida conocer la maravilla de la vida y lo que nos rodea, la experiencia de valorar cada detalle que ellos me han otorgado.

A mis hermanos Jorge López Santana, Héctor López Santana, Salvador López Santana; mi hermana Estela López Santana por su cariño, amor demostrado día con día, a pesar de la distancia siempre apoyándome con sus ánimos.

A ti primo Miguel Ángel Moran Castañón por acompañarme y seguir caminando por un camino no fácil pero siempre apoyándonos como hermanos.

A mis amigos en especial Jeremías Lara Sebastián, Benito Gutiérrez Martínez, Paulina López López, Francisco Noé Elizalde, Sarai Rico López, Selene Pérez Morales, Enrique Esteban Sixto Sáenz, Adelaida Bautista Hernández por permitirme conocerlos y tener una grandiosa amistad, el apoyo incondicional en cada momento siempre apoyándome y sacarme una sonrisa de ánimo para seguir adelante ante cualquier circunstancia.

Doctora María Magdalena Crosby Galván por su infinito compromiso y dedicación a este trabajo de investigación realizado en el laboratorio de la misma manera Ingeniero Elsa Margarita Crosby Galván siempre brindando su apoyo de una manera muy noble y carismática.

Doctor Pánfilo Saldaña Campos por su compromiso como docente desde un principio a mi formación profesional con sus enseñanzas y consejos así como haber aceptado ser mi asesor en este proyecto de investigación.

Profesor Hilario Hernández Hernández por sus consejos que siempre me ha brindado.

Ingeniero Graciano Aguado Lara por permitirme prestar mi servicio social en el laboratorio Edafología, donde llegue con varias inquietudes con su noble dedicación me brindó su apoyo para seguirme formando así como animándome a seguir con mis sueños gracias por su amistad.

Por tu amor incondicional que conocí en momentos difíciles pero al paso de tiempo hemos formado un gran equipo de trabajo, por ser mi amigo, compañero, mi novio Alejandro Hernández Pérez y familia gracias sigamos adelante con cada reto que se nos presente.

## **AGRADECIMIENTOS**

Instituto Tecnológico de Huejutla por permitirme formarme en sus aulas, adquiriendo los conocimientos que los ingenieros, maestros y doctores con empeño y dedicación estuvieron al pendiente de cada duda o inquietud; en donde no fue solo estar en aulas también participar en proyectos que me llenaron de satisfacción, experiencia y aprendizaje.

Colegio de Postgraduados Campos Montecillo, laboratorio nutrición Animal por permitirme las instalaciones para llevar acabo mi investigación y el apoyo brindado siendo mi asesor externo Doctora María Magdalena Crosby Galván e Ingeniero Elsa Margarita Crosby Galván por la atención, dedicación siempre al pendiente por cada actividad realizada.

## CONTENIDO

	Pag.
<b>I.INTRODUCCIÓN.....</b>	1
<b>II.JUSTIFICACIÓN.....</b>	2
<b>III. OBJETIVOS .....</b>	3
3.1 Objetivo general .....	3
3.2Objetivo específico.....	3
<b>IV. HIPÓTESIS .....</b>	3
<b>V.REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	4
5.1 Aguacate .....	4
5.1.1 Origen.....	4
5.1.2 Distribución geográfica .....	5
5.1.3Usos.....	5
5.1.4 Producción.....	6
5.1.5 Fruto.....	6
5.1.6 Taxonomía.....	7
5.1.7 Características químicas.....	7
5.2 El aguacate en la alimentación animal y humana .....	8
5.3 Semilla .....	9
5.3.1 Usos tradicionales de la semilla .....	10
5.3.2 Composición química de la semilla de aguacate .....	10
5.4 Técnica de gas <i>in vitro</i> .....	11
5.4.1 Historia de la técnica de gas <i>in vitro</i> .....	12

5.4.2 Generalidades del ambiente .....	13
<b>VI.MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
6.1 Ubicación de la elaboración del proyecto de investigación.....	15
6.2 Obtención de la semilla .....	16
6.3 Análisis químico proximal .....	16
6.4 Determinación de degradabilidad y gas <i>in vitro</i> .....	17
6.5 Análisis estadístico.....	17
<b>VII.RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>18</b>
<b>VIII.CONCLUSIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>IX.RECOMENDACIONES.....</b>	<b>22</b>
<b>X.LITERATURA CITADA.....</b>	<b>23</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pag.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Composición química aproximada de frutas frescas (% del peso fresco de la porción comestible).....	8
<b>Cuadro 2.</b> Características fisicoquímicas del ambiente ruminal.....	14
<b>Cuadro 3.</b> Composición química nutricional de la semilla de aguacate.....	19
<b>Cuadro 4.</b> Porcentaje y tiempo de la degradabilidad de la materia seca de la semilla.....	20
<b>Cuadro 5.</b> Porcentaje y tiempo en producción de gas ( $PG \cdot g^{-1} \text{ gMS}^{-1}$ ) de la semilla de aguacate.....	21

## ÍNDICE DE FIGURA

	<b>Pag</b>
<b>Figura 1.</b> Mapa del Colegio de Postgraduados Campus Montecillos.....	15

## ÍNDICE DE GRAFICAS

	<b>Pag</b>
<b>Grafica 1.</b> Porcentaje y tiempo de la degradabilidad de materia seca de la semilla.....	20
<b>Grafica 2.</b> Porcentaje y tiempo en producción de gas gas ( $PG \cdot g^{-1} \text{ gMS}^{-1}$ ) de la semilla.....	22



## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la preocupación del aprovechamiento de residuos ha tomado un interés sobre todo en la industria, donde el proceso de transformación genera desechos y subproductos que pueden ser útiles en otras actividades; sin embargo estos mismos no han sido aprovechados eficientemente, en parte porque su valor es aún desconocido.

Ha surgido un interés en el aguacate debido a que tiene varias aplicaciones industriales como la producción de pinturas, cosméticos, fragancias e industrias de alimento. En algunos países se utilizan ingredientes no convencionales que el ser humano no incluye en su dietas lo que permite que tengan un amplio potencial para aumentar la productividad de los sistemas pecuarios, uno de estos ingredientes puede ser la semilla del aguacate por sus características nutricionales por tal motivo este trabajo tiene como objetivo determinar la estimación de la degradabilidad de gas *In vitro* de la semilla de aguacate (*Persea americana* Mill). Con un periodo de horario de 0, 6, 12, 24, 48 y 72.

Las técnicas de fermentación de gas *in vitro* fueron diseñados con el propósito de evaluar alimentos de forma más rápida, menos costosa y utilizando un menor número de animales. Permite determinar la magnitud y la cinética de la fermentación del alimento atreves del volumen de gas producido durante el proceso fermentativo (Theodorou *et al*,; 1994) .

## II. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial, México es el principal productor de aguacate: En 2012 concentró 30.19% de la producción mundial, seguido de Indonesia y de República Dominicana (6.75% y 6.65% respectivamente) (FAOSTAT, 2016).

En México la producción de aguacate ha crecido de manera importante en los últimos años, entre 2002 y 2015 la tasa de crecimiento promedio anual fue del 4.2%, mientras que entre 2011 y 2015 el crecimiento promedio fue del 8.7% (SIAP, 2016).

Las tres entidades que aportan mayor producción son Michoacán con 59.8 mil toneladas, México con 8,656 toneladas y Veracruz 4,205 toneladas (SAGARPA, 2017).

En nuestro país hay una gran variedad de especies en aguacate en zonas rurales; en donde viven personas de escasos recursos para obtener ingresos niños(as), mujeres y ancianos tiene el cuidado de rebaños de cabras y borregos por lo que aprovechan los recursos naturales de su entorno en una ellas es el cultivo de aguacate es más utilizado en los desperdicios para la alimentación de pollos y puercos (Grageola ,2010). Con escasa información del uso de la semilla de este fruto, este proyecto tiene la finalidad de utilizar la semilla de aguacate en la formulación de dietas para cabras para aprovechar al máximo este recurso.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar la degradabilidad de la semilla de aguacate (*Persea americana* Mill) por la técnica de gas *In vitro*.

#### **3.2 Objetivo específico**

3.2.1 Determinar la degradabilidad y la producción de gas *In vitro* de la materia seca 0, 6, 12, 24, 48, 72 h.

### **IV. HIPÓTESIS**

El uso de la semilla de aguacate (*Persea Amarica Mill*) es una alternativa para la alimentación de pequeños rumiantes.

## V. REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1 AGUACATE (*Persea americana Mill*)

#### 5.1.1 Origen

El aguacate (*Persea americana Mill*) en México y Centroamérica incorporado a la dieta de la población desde hace muchos siglos posteriormente a la colonización llegó a otros puntos fuera del continente. En México precolombino ya realizaban selección de frutos de aguacate, desde el descubrimiento de América permaneció después desconocido hasta finales del siglo XIX, cuando surgió un acontecimiento que marco la expansión de la primera industria productora de aguacate con la introducción de la variedad Fuerte a California, en 1911 con material procedente de Atlixco Puebla México (Bergh, 1992).

El nombre común que recibe el fruto del aguacate (*Persea americana*) deriva del vocablo náhuatl “ahuacatl”. Palta (Quechua, Perú, Chile), Cura (Chibcha, Venezuela), Avocado (inglés, EU) (Téliz, 2007).

El primer documento escrito en América, se trata del aguacate de Martín Fernández, en Colombia 1519. Refiriéndose al fruto, afirmó que “se parece a una naranja y cuando se parte para comérselo es de color amarillo: lo que hay dentro es como mantequilla, tiene un sabor delicioso y deja un gusto tan blanco y tan bueno que es algo maravilloso (Turner y Miksiek, 1984).

Fernández de Oviedo, historiador de los conquistadores, descubrió en 1526 el aguacate como un “árbol grande como las hojas de un laurel, pero más grandes y más verdes, producen peras que pesan una libra o más, aunque algunos menos

y su color y forma es como las peras, en el centro del fruto hay una semilla como una castaña pelada (Popenoe, 1963).

### **5.1.2 Distribución geográfica**

Después del descubrimiento de América y la invasión de México, Centro América, Colombia y Perú, el aguacate ya existía cuando la isla fue descubierta por Cristóbal Colón (5 Diciembre 1492). Posteriormente los Españoles se los llevaron a España (Díaz-Robledo, 1997).

### **5.1.3 Usos**

El árbol del Aguacate es frondoso y de hoja perenne, tiene una floración muy generosa y se obtiene fruto en un porcentaje muy alto. El fruto que es una baya de una semilla, oval de superficie lisa o rugosa, tiene un rango de peso bastante amplio que en las variedades comerciales oscila entre los 120 g y los 2.5 kg, es de color verdoso y piel fina o gruesa; cuando está maduro, la pulpa tiene una consistencia como de mantequilla dura y su sabor recuerda levemente al de la nuez, es muy rico en proteínas y en grasas, con un contenido en aceite del 10 al 20% (Díaz-Robledo, 1997).

Los suelos más recomendados para su cultivo son los de textura ligera, profundos, bien drenados con un pH neutro o ligeramente ácidos (5.5 a 7), pero puede cultivarse en suelos arcillosos o franco arcillosos siempre que exista un buen drenaje. Puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 2,500 msnm, sin embargo, su cultivo se recomienda en altitudes entre 800 y 2,500 m, para evitar problemas con enfermedades, principalmente de las raíces.

Se utiliza principalmente en la alimentación, como complemento de todo tipo de comidas debido a su alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales. De su rica materia grasa puede extraerse aceites que una vez procesados son utilizados en la Industria Cosmética y Farmacéutica. (SE, 2009).

#### **5.1.4 Producción**

El aguacate son unos de los productos más exitosos de la exportación agroalimentaria nacional. México es el principal proveedor del mercado internacional con una aportación de 45.95 % del valor de las exportaciones. China países del bloque de la Unión Europea y países con los que no tiene acuerdo de libre comercio, que en conjunto consumen casi 1.7 millones de toneladas (SAGARPA, 2016).

En 2016 las exportaciones mexicanas representaron un porcentaje muy significativo de las importaciones de aguacate en los siguientes países: Guatemala 100%; Canadá 95.41%; Japón 92.72%; Estados Unidos 91.32 % y el Salvador 90.23 % (SAGARPA, 2016).

#### **5.1.5 Fruto**

El fruto es una drupa globosa generalmente periforme, oviforme de color verde amarillo lento hasta morrón y púrpura. La piel puede ser notable rugosa, gruesa y quebradiza (guatemalteca), delgada (mexicana ) y grueso con cuero (antillana) la pulpa de color amarillo claro verdoso, o verde claro de consistencia a mantequilla, rica en aceites (25-28 %) (CENTA, 2003).

### 5.1.6 Taxonomía

Clasificación taxonómica del aguacate (GBIF, 2016).

<b>Reino :</b>	Plantae
<b>Subreino:</b>	Tracheophyta (Plantas vasculares)
<b>División :</b>	Magnoliophyta (Plantas con flor)
<b>Clase :</b>	Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
<b>Subclase :</b>	Magnoliidae
<b>Orden :</b>	Lurales
<b>Familia :</b>	Luraceae
<b>Género:</b>	Persea
<b>Especie :</b>	<i>Persea americana Mill</i>

### 5.1.7 Características químicas

El consumo de aguacate está aumentando debido a los numerosos beneficios que posee para la salud, características relacionadas directamente con su composición. Esta fruta es considerada una importante fuente de energía, principalmente por sus altas cantidades de lípidos; específicamente, el aguacate es rico en grasas mono insaturadas, como el ácido oleico. También contiene hidratos de carbono C7 como la D-manoheptulosa 27; proteínas; fibra dietética; vitaminas E, C, B2, B5 y B6; potasio; magnesio y fósforo. Por otra parte, tiene una considerable cantidad de pigmentos como carotenoides ( $\beta$ -caroteno, criptoxantina, luteína, isoluteína, zeaxantina, etc.), las clorofilas (clorofilas a y b); antocianinas (cianidina 3-O-glucósido); esteroides ( $\beta$ -sitosterol, campesterol, estigmasterol); y compuestos fenólicos (ácidos fenólicos y flavonoides) (Carrasco-Pancorbo, 2013).

**Cuadro 1.** Composición química aproximada de frutas frescas (% del peso fresco de la porción comestible)

	<b>Agua</b>	<b>Proteína</b>	<b>Carbohidratos</b>	<b>Lípidos</b>	<b>Fibra</b>
Aguacate	78.8	1.5	5.9	12	1.8

Fuente: Moreiras *et al.*, 1992

## **5.2 El aguacate en alimentación animal**

En cuanto a la utilización del aguacate en la alimentación animal en México, hay escasa documentación al respecto, aunque es conocido el hecho de que en producciones de traspatio en las diferentes comunidades del país en donde se cultiva este árbol, se le proporciona a los animales el desperdicio del mismo, con muy buena aceptación por parte principalmente de los cerdos y las aves (Sanginés, 2008).

Es muy importante el estudio de la utilización del aguacate en la alimentación animal, ya que por un lado existe un gran desperdicio, tanto en las huertas como en las empacadoras, de todos aquellos que no cumplen con la norma de calidad para el consumo humano, y por otro da la oportunidad de observar hasta que porcentaje es conveniente incluirlo en la dieta de los animales. Actualmente se está realizando en la Universidad de Nayarit, México un trabajo de investigación para conocer la digestibilidad de la dieta con aguacate de desecho en cerdo pelón mexicano, así como los parámetros productivos y la calidad tanto de la carne, como de la canal y a través de esto poder dar alternativas para la utilización de este recurso (Sanginés, 2008)



### 5.3 Semilla

Dependiendo de las variedades esta única semilla alcanza entre 15 a 18% del peso total del fruto tipo baya.

Una vez separada la pulpa comestible, quedan como residuos la cáscara y la semilla. La semilla posee menos lípidos que la pulpa, por lo cual no se le considera de interés en un proceso como la obtención de aceite, sin embargo Mazliak (1965) y Lee (1981), encontraron que los ácidos grasos presentes en la semilla presentan mayor cantidad de ácidos poliinsaturados que la pulpa.

Las semillas de aguacate contienen amplia variedad de componentes, incluidos ácidos grasos, alcoholes y un número de compuesto insaturados con un sabor muy amargo.

El aceite de la semilla es abundante en tocoferol, la semilla del aguacate se le atribuyen algunas propiedades de tipo farmacológicas debido a la presencia de ácidos grasos (Werman y Neeman, 1987), compuestos polifenólicos y esteroides (Werman y Neeman, 1987; Lozano *et al.*, 1993) y ha sido usada desde épocas precolombinas contra padecimientos tales como dolores musculares, parásitos y micosis (Cabrera, 1996).

En las semillas, almacenan almidón (gránulos fundidos o agrietados en cotiledones y en el endospermo) proteínas (esferas o cuerpos pequeños e irregulares) o aceites (esferosomas) (Esaú, 1997).

La pulpa y la semilla son ricos en ácidos grasos tales como oleico, linoleico, palmítico, esteárico, y mirístico que forma el 80% del contenido graso del fruto. El aceite de la semilla es abundante en tocoferol.

### **5.3.1 Usos tradicionales de la semilla.**

Según el tratado sobre plantas medicinales del Perú; el epispermo de la semilla del aguacate se toma en infusión acuosa por tres días para expulsar parásitos nematodos; los mismos autores refieren que la semilla se utiliza como tónico capilar en la caída del cabello, siendo también muy eficaz en enterocolitis diarreicas; finalmente, refieren que existen estudios que demuestran las propiedades antimicrobianas del extracto acuoso de la semilla contra bacterias Gram positivas y negativas, hongos y mico bacterias (Mostacero *et al.*, 2011).

González *et al.*, 2010 refieren que en años recientes los laboratorios cosméticos han empezado a interesarse en el aceite de aguacate por su elevado contenido saponificable, por sus propiedades hidratantes, estructurantes y antioxidantes y por su especial capacidad de aumentar la síntesis de colágeno; posee además importantes cualidades de “penetración” y “mantenimiento”, lo que le hace eficaz como vehículo en cremas nutritivas.

### **5.3.2 Composición química de la semilla de aguacate (*Persea Americana Mill*)**

En general la composición química de la semilla contiene una humedad de 56.04 %, lípidos 1.87 %, proteína 1.95 %, cenizas 1.87 %, fibras 5.10 % y 33.17 % de carbohidratos (Ricardo, 2009).

#### 5.4 Técnica de gas *In vitro* (TPGIV)

Esta técnica de la producción de gas *in vitro* se ha utilizado ampliamente para evaluar el efecto de diferentes forrajes, alimentos y dietas, actualmente se ha utilizado para estimar metano (CH<sub>4</sub>) (Storm *et al.*,2012; Yañez-Ruiz *et al.*, 2016) el principio de la técnica es estimar bajo condiciones controladas de laboratorio el ambiente ruminal, manteniendo la temperatura, pH, anaerobiosis y aporte de minerales para evaluar la fermentación de diferentes sustratos (Storm *et al.*, 2012).

Se tiene que tomar en cuenta las variaciones entre los animales, la especie donante, el manejo de la alimentación y el tiempo de la recolección del inóculo, que pueden afectar la digestibilidad *in vitro*, este método se encuentra en una extensa y constante revisión (Firkins,1998).

Para la cuantificación y medición del gas liberado son métodos automatizados más prácticos y eficientes con respecto a otros como las jeringas graduadas (Menke, 1979 y 1988). Theodorou (1994) y Firkins (1998) miden la presión de gas liberado en la parte superior de los francos (viales). Las mediciones se realizan en intervalos de un horario (0, 6, 12, 24, 48 ,72 ), que permite establecer y estimar la cinética de la degradación de los forrajes .

Para tener un trabajo exitoso en el método de degradación *in vitro* es necesario contar con las siguientes condiciones específicas; los sustratos forrajeros que van a utilizar deben ser deshidratados y molidos a una malla de 1 mm esto permite una degradación por la actividad microbiana ruminal.

#### 5.4.1 Historia de la técnica de producción de gas *In vitro*

El estudio de la degradación y fermentación ruminal de alimentos mediante la producción de gas data a mediados del siglo XX cuando McBee (1953) y Hungate (1966) midieron por primera vez la producción de gas en un cultivo de líquido ruminal con el objetivo de evaluar la actividad microbiana (Rymer *et al.*, 2005). Por esa misma época Tilley y Terry (1963) realizaron estudios *in vitro* para medir la degradación de sustratos a un punto fijo pero fue en 1975 cuando Czerkawski y Breckenri desarrollaron un sistema de desplazamiento de un embolo por efecto de gas producido en fermentación realizadas en una jeringa de vidrio Posteriormente, en 1979, Menke y colaboradores utilizaron la técnica con jeringas para determinar la fermentación a punto final después de 24 horas de incubación. Esta técnica fue modificada por Blümel y Orskov en 1993 incubando las jeringas en una incubadora rotatoria, estableciendo que si se registraba la producción de gas a intervalos frecuentes se podía determinar la cinética de la fermentación. En lugar de registrar el desplazamiento de un émbolo, también se puede medir la presión de gas, metodología descrita inicialmente por Wilkins en 1974 y posteriormente por Theodorou *et al.*, 1994, quienes utilizaron un transductor de presión manual (Yáñez-Ruiz *et al.*, 2016). En este último caso, los datos obtenidos de la presión, expresados en kg/ cm<sup>2</sup>, se transforman a mL/g de materia seca o materia orgánica fermentada.

#### **5.4.2 Generalidades del ambiente ruminal**

Para comprender el principio de la TPGIV es necesario conocer algunos aspectos básicos del ambiente ruminal. Los rumiantes se consideran un grupo realmente exitoso de fermentadores debido a que poseen un órgano digestivo especial: el rumen (Madigan *et al.*, 2015). El rumen puede considerarse como un fermentador abierto, en el cual el alimento sufre una transformación a nutrientes que son utilizados por el animal. Para lograr el establecimiento y la actividad eficiente de microorganismos anaerobios, el rumen debe proporcionar un hábitat con características fisicoquímicas que permitan el crecimiento y la actividad de las bacterias, arqueas, protozoarios y hongos que en su mayoría son anaeróbicos estrictos (Cuadro 2). Las características fisicoquímicas del rumen puede variar bajo las condiciones de manejo y alimentación (Cobos, 2007) .

**Cuadro 2:** Características fisicoquímicas del ambiente ruminal

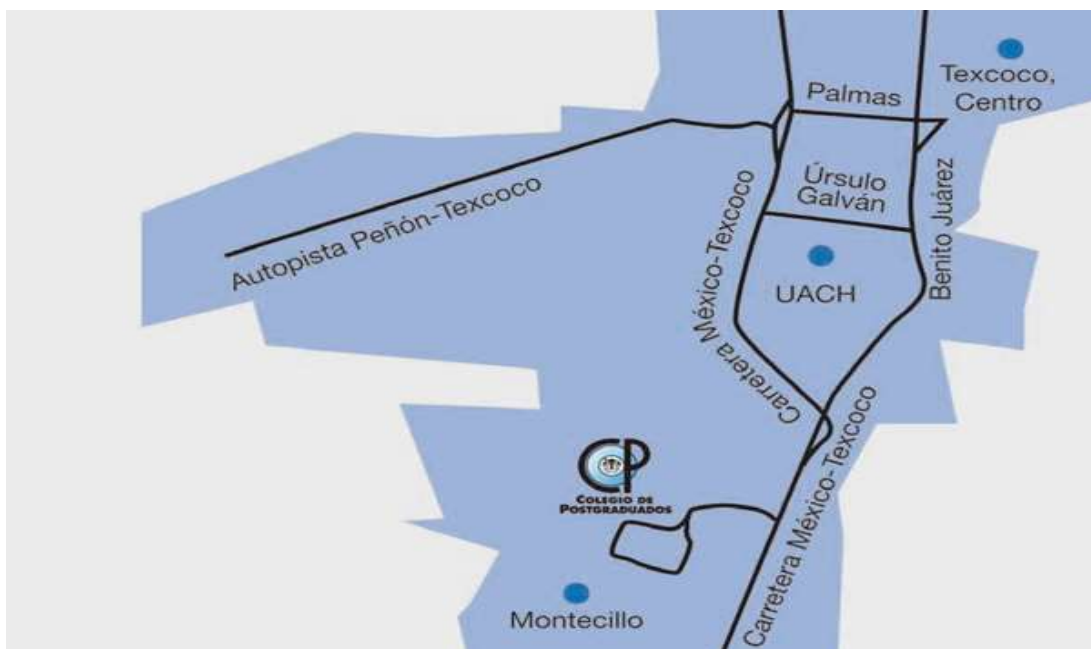
<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
Temperatura °C	38-41
Contenido de materia seca %	10-18
Principales gases disueltos %	
Bióxido de carbono	65.30
Metano	26.76
Nitrógeno	7.0
Oxígeno	56
Hidrogeno	18
Sulfuro de hidrógeno	0.01
Ácidos grasos volátiles µmol/mL:	
• Acético	66 a 70
• Propiónico	23 a 25
• Butírico	16 a 20
• Valerico, isovalérico, isobutírico, 2- ,metilbutírico	2 a 4
• Total	106 a 119

Fuente: Cobos, 2007

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Ubicación de la elaboración del proyecto de investigación

El presente proyecto de tesis se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, ubicado en Montecillo, Texcoco, Estado de México, localizado al oriente del estado, en el Km 36.5 de la Carretera México- Texcoco. Las coordenadas geográficas son de 19° 29" 27" latitud Norte, de 98° 53" 27" longitud Oeste y una altitud de 2, 241 msnm (COLPOS MONTECILLO, 2018).



**Figura 1.** Mapa del Colegio de Postgraduados Campus Montecillos

## **6.2 Obtención de semilla**

Se recolectó la semilla en la comunidad Zoyatal, Nicolás Flores; en cultivo de los vecinos, se cortaron en trozos pequeños las semillas trozos, se secaron a la sombra, posteriormente se trasladaron al Laboratorio Nutrición Animal del Programa en Ganadería del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo para secarlas en la estufa a una temperatura de 55°C por 5 días. Esta muestra se molió en un molino marca Willey con la malla de 1mm.

## **6.3 Análisis químico proximal**

El análisis químico que se le realizó a la semilla de aguacate fue materia seca (MS), cenizas (Ce), extracto etéreo (EE), Materia orgánica (MO), proteína total (PC) de acuerdo a la metodología del A.O.A.C. 2005. Se realizó fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) con el método de Van Soest (Goering H.K. y P.J. Van Soest. 1972).



#### **6.4 Determinación de degradabilidad y gas *in vitro***

Se determinó digradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) en donde se pesó 0.5 g de la muestra se introdujo en bolsas Ankom F57 de 25 mμ y se sellaron, el líquido se colecto de una vaca de raza jersey provista de una fistula ruminal de un peso aproximado de 450 kg de PV, con un periodo de incubación de 48 horas con base a la técnica de (DAISY ANKOM).

Se utilizaron viales de 120 mL y se pesó 0.5 g de muestra. El periodo de incubación fue 0,6, 12, 24, 48 y 72 h de acurdo a la metodología de Theodureau *et al.*, 1994. El líquido ruminal se colecto de una vaca de raza Jersey provista de una canula ruminal de una peso aproximado de 450 kg de PV.

#### **6.5 Análisis estadístico**

Se utilizó un diseño completamente al azar con 6 tratamientos y 3 repeticiones.

Variables evaluadas

- Tiempo en horas

Tratamientos

- 0 h
- 6 h
- 12 h
- 24 h
- 48 h
- 72 h

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Bugrin *et al.*, 2015 reporta en materia orgánica 97.66% similar al trabajo de 97.39%.

En cuanto a proteína Bresani (2009) reporta 4 variedades de semilla de aguacate; con un porcentaje de proteína total (PT) de criollo 4.17 %, criollo 5.74%, Hass 4.27% y UTZ 3.095%, así mismo Bugrin *et al.*, 2015 reporta 4.77%. De acuerdo al análisis del trabajo realizado se obtuvo un promedio de 3.36 % de proteína total.

De igual manera Okoruw *et al.*, 2015, reporta un 2.00%. De la misma forma Bora *et al.*, 2001 reportan el 1.87 % de lípidos encontrados en la semilla de aguacate, parecido a lo obtenido en nuestro análisis de 1.80 % .

En base al contenido de cenizas Bora *et al.*; 2001 reporta el 1.87%. y Bugrin *et al.*, 2015.tiene 2.34%,en el trabajo se obtuvo 2.61% de cenizas.

Por lo que representa en fibra detergente neutro (FDN) 54.63% que reporta (Bugrin *et al.*, 2015) en este análisis se reporta un 75.73%.

**Cuadro 3.** Composición química nutricional de la semilla de aguacate.

<b>Composición química</b>	<b>%</b>
Humedad	4.15
Materia orgánica	97.39
MS	95.85
Proteína	3.36
Grasa	1.80
Cenizas	2.61
FDA	24.61
FDN	75.73

MS: Materia seca, PT: Proteína total, FDN: Fibra detergente neutro, FDA:

Fibra detergente ácido,

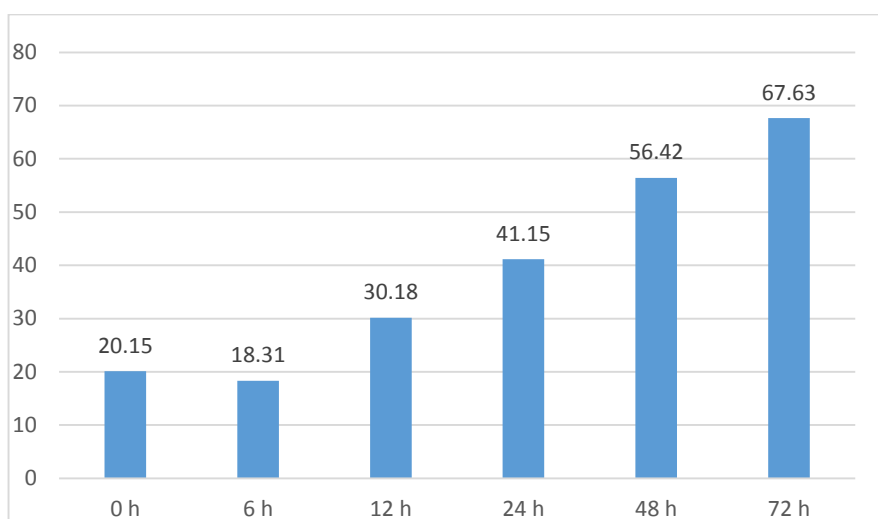
En cuadro 4. Se muestra los resultados de la degradabilidad de la materia seca en los cuales se muestra un mayor porcentaje de degradabilidad a las 72 h. de acuerdo con la literatura se ha encontrado escasa información. En el trabajo de investigación realizado por Bugarín *et al.* Se utilizaron cerdos en una digestibilidad *in situ* se usó la técnica de bolsas Nylón móviles con un horario de 24 horas y se obtuvieron los siguiente resultado 33.49%, otra investigación realizada con ovejas utilizaron la semilla de aguacate y cáscara de naranja donde se obtuvo una digestibilidad de 40% MS (Okoruwa *et al.*, 2015).

**Cuadro 4.** Porcentaje y tiempo de la degradabilidad de la materia seca de la semilla de aguacate.

T	0 h	6 h	12 h	24 h	48 h	72 h	E E M
1	20.15 <sup>ab</sup>	18.31 <sup>a</sup>	30.18 <sup>b</sup>	41.15 <sup>c</sup>	56.42 <sup>d</sup>	67.63 <sup>e</sup>	5.003

Literales diferentes indican diferencia estadística con ( $p>0.05$ )

**Grafica 1** Porcentaje y tiempo de la degradabilidad de la materia seca de la semilla de aguacate.

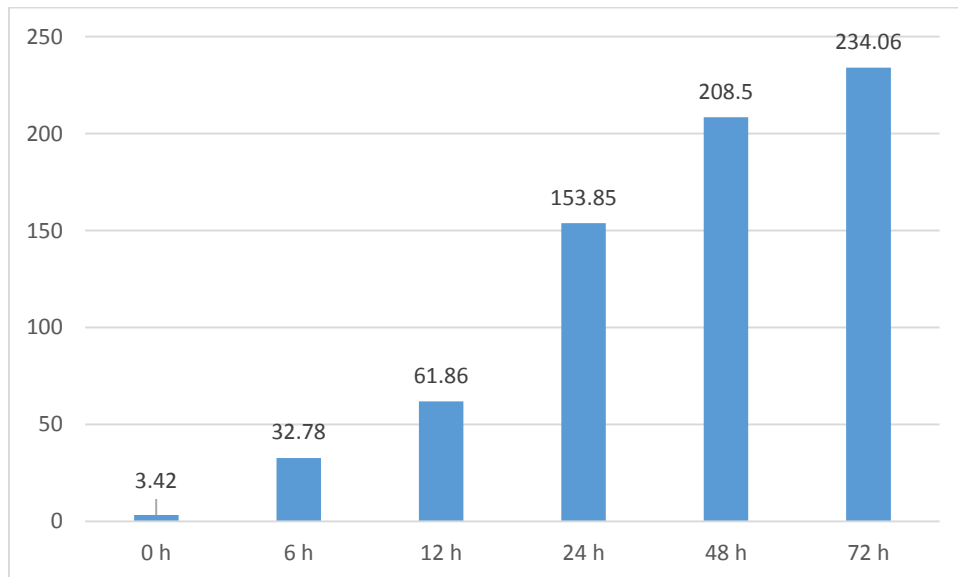


**Cuadro 5.** Porcentaje y tiempo en Producción de gas ( $PG \cdot g1 \text{ gMS}^{-1}$ ) de la semilla

TRAT	0 H	6H	12H	24H	48H	72H	E E M
1	3.42 <sup>a</sup>	32.78 <sup>ab</sup>	61.86 <sup>b</sup>	153.85 <sup>c</sup>	208.50 <sup>d</sup>	234.06 <sup>e</sup>	6.9814

Literales diferentes indican diferencia estadística con ( $p>0.05$ )

**Grafica 2.** Porcentaje y tiempo en producción de gas ( $PG \cdot g^{-1} \cdot gMS^{-1}$ ) de la semilla de aguacate.



## **VIII. CONCLUSIONES**

De acuerdo con este trabajo a comparación de los análisis de otros autores se puede concluir que la semilla de aguacate tiene un bajo contenido de proteína (3.36%) mientras tanto en la degradabilidad (56.42%) y producción de gas 208.50 (PG\*g1 gMS<sup>-1</sup>) a las 48 horas tiene un bajo porcentaje a comparación a otros forrajes y suplementos que se les suministra a los pequeños rumiantes con lo que se puede argumentar que es de vital importancia como una alternativa para la reducción de metano que actualmente a sido un tema muy discutido en diferentes investigaciones a nivel mundial.

## **IX. RECOMENDACIONES**

Darle seguimiento a la investigación haciendo análisis de metabolitos secundarios y analizar su efecto como desparasitante interno de los pequeños rumiantes.

## X. LITERATURA CITADA

Atlas agroalimentaria 2015

Argueta, A.; Cano, L.; Rodarte, M. 1994. Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Vol. 1. Instituto Nacional Indigenista. México. pp. 55-57.

Bergh, B. 1992. The origin, nature and genetic improvement of the avocado. California Avocado. Society yearbook 76: 61-75.

Domínguez Xorge Alejandro. Método de investigación fitoquímica .Ed. 51994. 224-247

Carrasco-Pancorbo, Alegría, 2013. Merging a sensitive capillary electrophoresis–ultraviolet detection method with chemometric exploratory data analysis for the determination of phenolic acids and subsequent characterization of avocado fruit. En: Journal of Agricultural and Food Chemistry 141 (4): 3492–3503.

Ubicación en Montecillo Texcoco Estado de

Esau, K. 1977. Anatomy of Seed Plants. John Wiley and Sons, Inc. 2nd. Ed 2. pp.4, 5, 35, 36, 199-208.

Faostat. 2016. “Statistics of crops production by country”. Food and Agriculture organization numero de revista 52:21-27

Godinez M.; Martinez, M.; Melgar, N.; Mendez, W. 2000. El cultivo del aguacate en Guatemala. 1ª Edición. 265-271

GBIF 2016. Facilidad de información de diversidad global .Backbone Taxonomy *Persea americana* Mill.

Grageola, F. 2010. Aprovechamiento del aguacate de desecho en la alimentación del cerdo Pelón Mexicano y del cerdo comercial. Tesis de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, pp 68.

Poponoe, W.1963. Early history of the avocado. Calif Soc.Yearbook 43:19-24

Moreiras, O., Carbajal, A. y Cabrera, M. L. 1992. La composición de los alimentos. Ed. Díaz Santos pag.35

Eudema, Madrid. Nahar, H., Rahman, S. y Masihuzzaman, M. 1990. Analysis of carbohydrates in seven edible fruits of Bangladesh. Journal of the Science of Food and Agriculture, 51: 185-192.

Lee, S. 1981. Methods for percent oil analysis of avocado fruit. Calif. Avoc.Soc.Yearb. 65:133-141

Mazliak, P. 1965. Les lipides de l'avocat (*Persea americana* var. Fuerte). I. Composition en acides gras des diverses parties du fruit. Fruits. 20: 49-57.



Lozano, Y.F; Dhuique, C. M.; Bannon,C; Gaydou, E.M. 1993. Unsaponifiable Matter, Total Sterol and Tocopherol Content of avocado Oil Varieties. Journal of Analysis Oil Chemist's Society 70:561-565.

Bressani R. 2009. La composición química capacidad antioxidativa y valor nutritivo de la semilla de variedades de aguacate.

J. Bugarín, m.l. Alonso-Spilbury, J.G. Rodríguez-Carpena, (2015). Use of the mobile nylon bag technique for measuring in situ digestibility of some supplies food and avocado in pigs. Tropical and subtropical agroecosystems, 18 (2015): 221 - 229

Okoruwa, M. I. and Igene, F. U. (2014). Comparison of fermentation kinetics (*in vitro*) of napier grass and fruit peels for ruminants: The pattern of organic matter degradability, volatile fatty acid concentration estimated methane and microbial biomass production. Journal of Agriculture and Veterinary Science. 7(1): 21 – 28

SIAP 2016. "Resumen nacional por estado Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Secretaria de agricultura, ganaderia, desarrollo rural, pesca y alimentación 2016. Planeación agrícola nacional 2017-2030.

Secretaría de economía. 2009. Monografía del Sector Aguacate en México: Situación actual y oportunidades de mercado.

Sanguinés L. 2008. Aguacates en alimentación humana y animal. Revista Computadorizada de Producción Porcina 15: 214- 217

Téliz, D. 2007. El aguacate y su manejo integrado. México: Mundi – prensa 25-27

Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McCallan, A.B; France, J. 1994. A simple gas production kinetics of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology. 48:185 -197.

Turner, B.LII and C.H Milsiek. 1983. Economic plant species associated with prehistory agriculture in the Maya lowlands Economic –Botanic 38 (2):169 – 172.

Valeri, H.; Gimeno, F. N. 1953. Estudio fotoquímico toxicológico de los frutos de aguacate (*Persea americana*-C. Bauhin, Pinax 441, 1623). Revista Médica de Veterinaria y Parasitología. 12 (1-4): 130-165.

Vázquez Recio, R. (2015). La organización de los tiempos de la infancia: entre lo institucionalizado y lo vivencial. Revista OGE-Organización y Gestión Educativa 6: 26-30.

Werman, M. J.; Neeman, 1987. Avocado oil production and chemical characteristics.  
Journal of Analysis Oil Chemist"s Society 64: 229-230

**ASUNTO:** revisión y autorización  
de Tesis Profesional


Huejutla De Reyes Hgo, A 28 de febrero del 2019  
M.C HÉCTOR AGUILAR PONCE  
DIRECTOR DEL INSTITUTO TECNOLOGICO DE HUEJUTLA

PRESENTE:

Por medio del presente me permito hacer de su conocimiento que he leído, revisado minuciosamente y autorizado el trabajo concerniente a la Tesis Profesional denominada: **Estimación de la degradabilidad y la producción de gas *In vitro* de la semilla de Aguacate (*Persea Americana* Mill) para la utilización en la elaboración en dietas para caprinos.** De la alumna **IRENE LÓPEZ SANTANA** de la carrera de Ingeniería En Agronomía con Especialidad de Producción pecuaria de la generación 2014-2018 y que a mi juicio cumple con los requisitos establecidos por la normatividad.

Sin más por momento le reitero un sincero saludo

ATENTAMENTE  
ASESOR INTERNO

  
DR. PÁNFILO SALDAÑA CAMPOS



**SEP**  
SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Huejutla

Departamento: Ingenierías  
Huejutla de Reyes, Hgo. 06/03/2019

No. de Oficio; IAGR 1906

Asunto: **Liberación de Proyecto  
para Titulación Integral**

**ING. BLANCA FLOR ARGUELLES ARGUELLES**  
**JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**  
**PRESENTE.**

Por medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral.

a) Nombre del Egresado:	IRENE LÓPEZ SANTANA
b) Carrera	INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
c) No. de Control	14840197
d) Nombre del proyecto	ESTIMACIÓN Y LA PRODUCCIÓN DE GAS IN VITRO DE LA SEMILLA DE AGUACATE ( <i>Persea americana Mill</i> ) PARA LA UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN EN DIETAS PARA CAPRINOS.
e) Producto	TESIS PROFESIONAL

El Vocal Suplente para la presentación del Acto de recepción profesional será:

Vocal Suplente:	M.C. MANUEL LÓPEZ FUENTES
-----------------	---------------------------

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

**ATENTAMENTE**

LIC. ROSSLYN LEINES NOGUERA  
NOMBRE Y FIRMA DEL JEFE DE DEPTO. DE INGENIERÍAS

**S.E.P.**  
TECNOLÓGICO NACIONAL  
DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO  
DE HUEJUTLA  
DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍAS

 DR. PÁNFILO SALDANA CAMPOS Nombre y Firma del Asesor Presidente	 M.C. PEDRO AZUARA BAUTISTA Nombre y Firma del Revisor Secretario	 ING. BLAS HERNÁNDEZ RODRIGUEZ Nombre y Firma del Revisor Vocal
---	--	--



Km. 5.5 Carretera Huejutla-Chalahuiyapa, C. P. 43000  
Huejutla de Reyes, Hgo. Tel./Fax: 789 89 60648  
Email: dir\_huejutla@tecnm.mx  
www.tecnm.mx | www.ithuejutla.edu.mx



RSGC-582 Alcance de la Certificación: Servicio educativo que comprende desde la inscripción hasta la entrega del Título y Cédula Profesional de licenciatura  
Fecha de Actualización: 2018.09.13  
Fecha de Terminación: 2021.08.30