

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**Evaluación del uso de algas en la alimentación de los bovinos
digestibilidad de la materia seca y fibra detergente acido.**

POR

ANTONIO LOYA PORRAS

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TITULO DE**

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Evaluación del uso de algas en la alimentación de los bovinos digestibilidad
de materia seca y fibra detergente acida

POR
ANTONIO LOYA PORRAS

TESIS
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

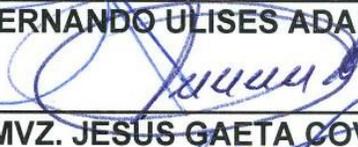
PRESIDENTE:


PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE

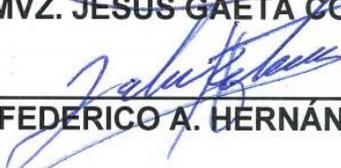
VOCAL:

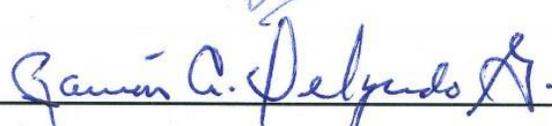

DR. FERNANDO ULISES ADAME DE LEÓN

VOCAL:


MVZ. JESÚS GAETA COVARRUBIAS

VOCAL SUPLENTE:


MVZ. FEDERICO A. HERNÁNDEZ TORRES


DR. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Evaluación del uso de algas en la alimentación de los bovinos digestibilidad
de materia seca y fibra detergente acida

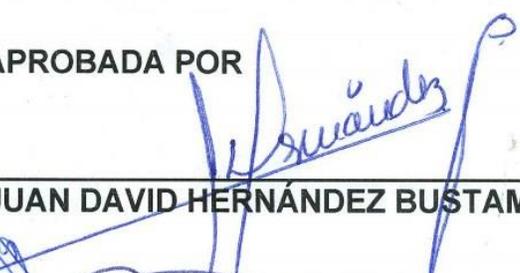
POR
ANTONIO LOYA PORRAS

TESIS
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

PRESIDENTE:


PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE

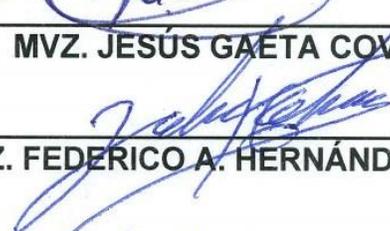
VOCAL:

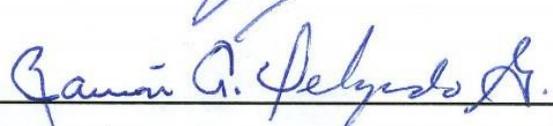

DR. FERNANDO ULISES ADAME DE LEÓN

VOCAL:


MVZ. JESÚS GAETA COVARRUBIAS

VOCAL SUPLENTE:


MVZ. FEDERICO A. HERNÁNDEZ TORRES


DR. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2017

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios por permitirme llegar hasta esta parte de mi vida superando adversidades y obstáculos siempre de su mano.

A mi familia por apoyarme siempre en todo momento y nunca dejarme solo durante esta etapa de mi vida.

Al Dr. Bustamante por permitir unirme a su equipo de trabajo desde muy temprano en la carrera y despertar en mí el interés en la nutrición animal, además de ser una persona que mostró su apoyo hacia mi independientemente de la vida escolar.

A mis catedráticos en general por formar parte de este proyecto, exigirme siempre y así llegar a ser un médico veterinario con una buena formación.

A mi Alma Mater por recibirme con una ilusión y un sueño convirtiéndolos hoy en una realidad.

DEDICATORIAS

El presente documento quisiera dedicarlo en primer instancia a mis padres: Esmeralda y Antonio, por ser ellos las personas a las que más admiro, son el principal pilar que me sostiene día con día, han logrado sacar adelante junto conmigo esta etapa llenándome de ilusiones, inspiración y sobre todo fuerza para poder terminar con éxito este proyecto.

A mis hermanas: Wendy y Jocelyn, por ser parte de mí siempre, ser mis confidentes y un punto de apoyo muy importante a lo largo de la carrera y de la vida.

A mis abuelos: Manuela y Antonio. Ellos siempre serán una referencia para mí ya que siempre han estado conmigo en todas las etapas y son un gran pilar en mi vida enseñándome el valor de la familia y de la vida.

A mi familia en general. Por sus consejos, enseñanzas, motivaciones, palabras y momentos vividos juntos, que siempre me inspiraron a dar cada día lo mejor de mí en esto.

A mis amigos que durante estos 5 años fueron mi segunda familia en este lugar dando siempre lo mejor de ellos.

RESUMEN

El presente trabajo fue hecho para poder analizar alternativas que se tienen para alimentar al ganado como lo son las algas de aguas residuales, se llevó a cabo el experimento para determinar su digestibilidad tanto en materia seca como en fibra detergente acida, el cual consistió en incubar las muestras diferentes tiempos en el rumen de una vaca, así mismo las muestras fueron analizadas de acuerdo a la metodología en el laboratorio de bromatología arrojándonos resultados poco favorables, a la hora 4 un 18.04% en materia seca (MS) y 20.64% de fibra detergente acida (FDA), al obtener estos resultados se concluyó que las algas de aguas residuales solo podrían servir en la alimentación de ganado bovino como forraje y no como una pasta proteica.

Palabras clave: Algas, rumen, digestibilidad, materia seca, fibra detergente acido.

ÍNDICE

Agradecimientos.....	i
Dedicatoria.. ..	ii
Resumen.....	iii
Índice.....	iv
Índice de cuadros.....	vi
Índice de figuras.....	vii
I. Introducción.....	1
1.1Objetivo.....	2
1..2Hipótesis.....	2
2. Revisión de literatura.....	3
2.1. Algas.....	3
2.1.2. Propiedades nutricionales de las algas.....	3
2.1.3. Contenido de minerales.....	4
2.1.4. Contenido de vitaminas.....	4
2.1.5. Micro algas en algas residuales.....	4
2.2. Digestibilidad.....	4
2.3. Materia seca.....	5
2.4. Fibra.....	6
2.5. Estructura de la fibra.....	7
2.5.1. Celulosa.....	7
2.5.2. Hemicelulosa.....	7
2.5.3. Lignina.....	7
2.6. Función de la fibra.....	8
2.7. Fibra detergente acida.....	8
3. Materiales y métodos.....	9
3.1 Localización.....	9
3.2. Técnica de Orskov.....	9
3.3. Equipo para determinar materia seca.....	10
3.4. Procedimiento.....	10

3.5 Cálculos.....	11
3.6 Determinación de FDA.....	11
3.7 Materiales.....	11
3.8. Reactivos.....	11
3.9. Procedimiento.....	11
3.10. Cálculos.....	12
4. Resultados.....	13
5. Discusión.....	17
6. Conclusión.....	18
7. Literatura citada.....	19
8. Anexos.....	21

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Degradabilidad de materia seca de algas de aguas residuales.....	13
Cuadro 2. Degradabilidad de FDA de algas de aguas residuales.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de degradabilidad de materia seca de algas de aguas residuales.....	14
Figura 2. Curva de degradabilidad de FDA de algas de aguas residuales.....	16

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente se está viviendo una crisis alimentaria de manera global, enfrentado un crecimiento de población sumamente exponencial, se está viendo la manera en la que se están reduciendo los lugares donde producimos nuestras materias primas, ante dicho suceso se tiene la obligación de seguir produciendo alimentos en espacios muy pequeños e intervalos de tiempo muy cortos y sumándole a esto las crisis económicas que atraviesan varios países, dado esta problemática los médicos veterinarios deben buscar alternativas en la ganadería para lograr dichos objetivos, es decir producir animales sanos en poco tiempo y de una manera más barata. Una de las alternativas que se tiene es cambiar la manera en que se alimenta el ganado puesto que se utilizan varios granos para ello como lo es: el maíz, la soya, avena etc. solo por mencionar algunos, este tipo de alimentos al agricultor le cuesta bastante dinero producirlo y por ende al ganadero le costará alimentar a su ganado, uno de los alimentos que estamos dejando de lado son las algas, se sabe que en Europa ya se están empezando a utilizar para alimentar ganado y funcionan de una manera positiva pero es un alimento algo costoso y no por su producción si no por los procesos a los que son sometidos para que pueda ser un alimento palatable para el animal y eso lo hace un poco incosteable para el productor.

En México y para ser más exacto en la comarca lagunera no existe la manera de conseguir algas marinas por el transporte, se inflaría aún más su precio y eso es lo que se trata de evitar. En torreón se desechan millones de litros en aguas negras que se tratan para poder regar parques, plazas, etc. Y en donde se tratan todas esas aguas se producen algas pero de aguas negras que básicamente tienen la misma fisiología que un alga de agua salada y esa seria nuestra opción más viable en nuestra región.

OBJETIVOS.

- Buscar alternativas para alimentar al ganado.
- Observar la viabilidad de las nuevas alternativas de alimentación en rumiantes.
- Producir alimentos de manera económica, pero igual de eficientes que los tradicionales.
- Comprobar si las algas de aguas residuales poseen una buena digestibilidad.

HIPOTESIS.

La digestibilidad de la materia seca de las algas de aguas residuales es superior al 60%.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Algas.

Son organismos autótrofos de estructura simple, con escasa o nula diferenciación celular y de tejidos complejos por lo que son talofitas. Taxonómicamente se clasifican en tres grupos: *Chlorophyta* o clorofitas, *Phaeophyta* o feófitas y *Rhodophyta* o rodófitas, que corresponden a algas verdes, pardas y rojas respectivamente ya que presentan pigmentos que predominan sobre los otros. La mayoría son capaces de elaborar sustancias orgánicas a partir del dióxido de carbono (CO₂) y de sustancias inorgánicas disueltas en el agua. Este proceso -denominado fotosíntesis- se cumple a través de la clorofila, un pigmento verde presente en las células, que actúa transformando la energía luminosa en energía química. Las sales y otras sustancias nutritivas pueden ingresar por cualquier punto de su cuerpo. Están presentes en todas las masas de aguas. Pero no todas las algas son acuáticas, algunas especies viven sobre la corteza de los árboles o sobre los suelos, pero siempre en lugares húmedos. Entre las características de estos organismos, destacan las altas tasas de producción, la adaptabilidad a distintas condiciones ambientales y su presencia en cualquier medio acuático donde exista una fuente de carbono, nutrientes y luz suficiente, junto con un intervalo apropiado de temperatura (Quitral *et al*, 2012).

2.1.2 Propiedades nutricionales de las algas.

Aunque su uso sea muy marginal todavía por su costo de procesamiento y falta de estudios que nos revelen si en verdad se tiene un alimento bueno frente a nosotros se sabe que las algas son muy ricas en todos los nutrientes, como lo son: vitaminas, minerales, proteína, cenizas etc (Bocha, 2015).

2.1.3. Contenido de minerales.

Los minerales pueden representar hasta un 36% de la materia seca, esta fracción ofrece una gran diversidad. Macro elementos tales como sodio, calcio, magnesio, potasio, cloro, azufre, y fosforo. Micro nutrientes esenciales como son: yodo, hierro, zinc, cobre, selenio, molibdeno, y otros elementos traza en su composición como fluor, manganeso, boro, níquel y cobalto. Contenido de fibra. El contenido de la fibra total en las algas va desde un 32% a un 50% (Bocha, 2015).

2.1.4 Contenido de vitaminas.

La composición de vitaminas en las algas, a pesar de las grandes variaciones estacionales indica que el contenido de vitaminas es de interés, principalmente por: los niveles de provitamina A, la vitamina C y E. Las vitaminas del grupo B (B2 Y B3, en particular) se encuentran en cantidades considerables, además de la principal ventaja, su nivel significativo de vitamina B12, a diferencia de las plantas de tierra que son totalmente carentes (Bocha, 2015).

2.1.5 Micro algas en aguas residuales.

En un primer estudio con cepas nativas de microorganismos presentes en las aguas residuales de la acuicultura, se estudiaron 3 cultivos de algas: un consorcio indígena mixta y cultivos puros de *Chlorella* y *Scenedesmus* (Portillo, 2016).

2.2 DIGESTIBILIDAD.

El conocimiento de la degradabilidad y la digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer su valor nutritivo; y, por tanto, para la formulación de raciones para rumiantes (Bochi-Brum *et al.*, 1999). La

digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales; mientras que, la degradabilidad hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos. A diferencia de la degradabilidad, la digestibilidad de los forrajes permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento (Araiza *et al.*, 2013).

2.3 MATERIA SECA.

La determinación del contenido en agua de los alimentos es esencial para los nutricionistas y el ganadero. El agua diluye el valor nutritivo por unidad de peso y aumenta el coste neto de los nutrientes. Los alimentos contienen agua en diversas formas. Las partículas coloidales en las paredes y constituyentes celulares, tales como proteínas, almidones y celulosa, pueden absorber agua y retener agua fuertemente. Otras veces, se encuentra como agua de hidratación en combinación con carbohidratos, polisacáridos y diversas sales (Roza *et al.*, 2002).

El porcentaje de materia seca (%MS) de los alimentos es uno de los parámetros que presentan mayor variabilidad. Algunos alimentos, como la leche bovina, tienen muy bajos porcentajes de materia seca (12,5 %), mientras que otros llegan a casi el 100 %. Dentro de los alimentos que habitualmente se utilizan para animales de producción, las variaciones son también altas. Los verdeos de invierno (Stritzler *et al.*, 1985) y las pasturas (Castillo *et al.*, 1992) pueden tener %MS sumamente bajos, de hasta 12%, mientras que en el otro extremo, granos y henos tienen porcentajes cercanos al 90% (Petruzzi *et al.*, 2005).

La estimación del % MS es de suma importancia para establecer las cantidades de nutrientes que los animales consumirán. Los cálculos de raciones deben

hacerse en materia seca, de la misma manera que la comparación entre nutrientes ofrecidos y requerimientos de los animales (Petruzzi *et al.*, 2005).

El método tradicional de secado de muestras para la determinación de materia seca se realiza mediante el uso de estufas de circulación forzada a 65°C durante un lapso que varía entre las 24 a 72 horas dependiendo del tipo de muestra (Petruzzi *et al.*, 2005).

2.4 FIBRA.

En nutrición animal y química agrícola la fibra es un término indefinido. Ésta es un agregado de compuestos y no es una entidad química definida. Los nutricionistas de rumiantes no se han puesto de acuerdo en su definición y comúnmente la describen como:

- a) La fracción menos digestible de los alimentos
- b) El componente estructural de la pared celular de las plantas
- c) La porción del alimento digerida principalmente en el rumen y
- d) La fracción del alimento que promueve la rumia.

Desde el punto de vista de la fisiología de la nutrición, la fibra es la porción del alimento que: a) limita la digestión, b) requiere ser masticada para la reducción del tamaño de partícula y c) ocupa espacio en el rumen (Cruz y Sánchez, 2000).

La fibra es una entidad heterogénea formada por varios componentes químicos de composición conocida, pero cuya estructura tridimensional es variable y poco conocida. La fibra se compone de un entramado de hemicelulosa, celulosa y lignina que se encuentran en las plantas, los cuales les proporcionan rigidez, soporte y protección, para efectos prácticos, se ha definido fibra bruta (FB), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida

(FDA) y se utiliza para la predicción de la calidad de los forrajes, a ingestión de la materia seca, digestibilidad y valor energético de los alimentos. Constituye el componente fundamental de las raciones en la mayor parte de los sistemas productivos de rumiantes (Hernández, 2010).

2.5 ESTRUCTURA DE FIBRA.

2.5.1 Celulosa.

Está formada por moléculas de glucosa unidas por medio de enlaces tipo B. en los rumiantes, la celulosa suele digerirse mejor que la hemicelulosa (Bach y Calsamiglia, 2006).

2.5.2 Hemicelulosa.

Engloba a un grupo de polisacáridos solubles en soluciones básicas y capaces de unirse a la celulosa a través de puentes de hidrogeno. En las gramíneas, la mayoría de la hemicelulosa son xylanos. En los mono gástricos, la hemicelulosa suele ser más digestible que la celulosa, pero en los rumiantes la celulosa es más digestible que la hemicelulosa (Bach y Calsamiglia, 2006).

2.5.3 Lignina.

Es un polímero de alcoholes de hidroxicinamil que es totalmente indigestible en el tubo digestivo de los rumiantes. La lignina ejerce un efecto negativo directo sobre la digestión total y un efecto indirecto consecuencia de impedimentos físicos que limitan el acceso de las bacterias a las zonas degradables de la fibra. Este efecto indirecto es más evidente en gramíneas que en leguminosas, pues las gramíneas tienen un mayor contenido de ácidos fenolíficos. La concentración de la lignina depende de la especie de forraje, siendo mayor en

las leguminosas que en las gramíneas, y del estado vegetativo (a mayor madurez más lignina) (Bach y Calsamiglia, 2006).

2.6 FUNCIÓN DE LA FIBRA

Además de la calidad nutricional de la fibra (proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina), la función de la fibra es mantener un correcto funcionamiento ruminal que no comprometa su salud. Para ello, las vacas deben consumir una cantidad mínima de fibra que estimule la rumia y la salivación (Palladino *et al.*, 2006).

2.7 FIBRA DETERGENTE ACIDA

Es el material insoluble en una solución detergente acida, y esta constituida fundamentalmente por celulosa, y lignina aunque suelen existir otros componentes minoritarios como nitrógeno y/o minerales (Calsamiglia, 1997).

La FDA es obtenida al hervir una muestra de alimento o forraje durante una hora en una solución detergente ácida. El ácido disuelve la hemicelulosa, así que la FDA es una medida de la celulosa, lignina, cutina y sílica (Cruz y Sánchez, 2000).

Esta fracción se correlaciona negativamente con la digestibilidad de los alimentos (Harris, 1993) y por consiguiente con su aporte de energía. El contenido de FDA de los alimentos fibrosos se ha utilizado para estimar el contenido de energía de los mismos (Donker, 1989). La principal limitación de las ecuaciones que se basan en la FDA, es que al basarse en una única variable son específicas para una población. A partir de la FDA se determinan los contenidos de lignina y sílica (Cruz y Sanchez, 2000).

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1 Localización.

El estudio se realizó en el 2016 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN UL), en Torreón Coahuila, México. Municipio que se encuentra en la Comarca Lagunera, ubicada geográficamente entre 24° 30' y 27° LN y entre 102° y 105° LO, a 1120 msnm.

Para la realización de la colocación de muestras se utilizó la técnica de Orskov de digestibilidad *in situ* con diferentes periodos de incubación que fueron: 0, 4, 8, 12, 24, 48, 72, y 96 horas.

3.2 Técnica de Orskov.

La técnica de la bolsa de nailon, también llamada *in sacco* o *in situ* en el rumen, ha sido adoptada como un método estándar para determinar el grado y la tasa de degradación ruminal de la materia seca (ms) y de la proteína de los alimentos para rumiantes. Dicha técnica involucra la incubación del sustrato en bolsas de nailon dentro del rumen de animales fistulados, obteniéndose a intervalos de tiempo la información del rango de fermentación, midiéndose la pérdida de ms y de proteína de la bolsa. Esta técnica puede también predecir relativamente bien el consumo voluntario y la digestibilidad de un alimento y ha contribuido extensivamente a mejorar el entendimiento del aporte de nitrógeno (N) al rumiante y sus microbios (González *et al*, 2015).

Para realizar el experimento se realizó con una vaca de la raza Holstein con una fistula ruminal permanente. Con un peso vivo de 550 kg aproximadamente. Fue separada de los demás animales para ponerla en un corral de piso de tierra y sombra al comedero.

En el tiempo que se llevó a cabo el experimento la vaca fue alimentada con alfalfa henificada a libre acceso junto con agua disponible siempre, su alimentación era dos veces al día, a las 9 y 18 horas.

3.3 Equipo para determinar materia seca.

- Estufa a temperatura de 100 grados centígrados.
- Capsulas de porcelana, aluminio de acero inoxidable diámetro mínimo de 50mm y profundidad máxima de 40mm.
- Balanza analítica de precisión con un aproximado de 0.0001gr.
- Desecador.
- Pinzas
- Espátula.

3.4 Procedimiento.

1. Se Realizó por duplicado para cada una de las muestras.
2. Las capsulas de porcelana o aluminios utilizados en este procedimiento deben estar completamente secas. Para ello deben permanecer en la estufa a 105 grados centígrados por lo menos desde la tarde anterior o mínimo una hora para obtener un peso constante.
3. Retirar capsulas de la estufa en desecador y dejar enfriar de 15 a 30 minutos.
4. Registrar el peso de la capsula en la balanza analítica. Para ello las muestras se deben manipular con pinzas de metal, para no inferir en el peso de la capsula.
5. Colocar en la capsula de aluminio con tapa previamente tarada se pesan aproximadamente 2g.
6. Poner las capsulas con la muestra en una estufa regulada a 105 grados y dejar durante 7 horas o hasta peso constante (recomendado durante

toda la noche, no mas). Distribuyendo perfectamente la muestra en la capsula posteriormente debe ser tapada parcialmente.

7. Al terminal el periodo se retira en desecador para que se enfríen por espacio mínimo hasta temperatura ambiente.
8. Después se pesan tan rápido como sea posible.

3.5 Cálculos.

$\% MS = \frac{\text{peso final capsula} - \text{peso inicial capsula}}{\text{gramos de la muestra}} \times 100.$

3.6 Determinación de fibra detergente acida.

3.7 Materiales.

- aparato digestor de fibra
- probeta de 100 ml.
- Balanza analítica de precisión con una aproximación de 0.0001 gr.
- Papel filtro tela a peso constante
- Vasos de berzelius
- Agitador de vidrio con gendarme
- Embudo de porcelana buchner

3.8 Reactivos.

- Solución de detergente acido (SDA): por cada litro de solución.
- 20g bromuro de cetil trimetiamonio (CTAB)
- 27.7 ml ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado.
- Acetona. A un grado que esté libre de colores y que no tenga niveles elevados de evaporación.

3.9 Procedimiento.

1. Preparación de la muestra:
 - A. Moler la muestra asegurándose que el tamaño de la muestra sea de 1mm

- B. Pesar aproximadamente 0.5g de muestra molida y secada a 105 grados centígrados durante 24 horas y colocarla en un vaso de precipitado berzelius apropiado al condensador del aparato digestor.
2. Para procesar la muestra añadir 100 ml de solución detergente acida (SDA) al vaso de digestión.
3. Encender el sistema de enfriamiento 20 minutos antes de iniciar el proceso de digestión y calentar el aparato digestor de fibra de 5 a 10 minutos antes de iniciar el proceso.
4. Reducir el calor cuando empiece a hervir la muestra para evitar la formación de espuma.
5. Agregar de 02 a 05 ml de alfa-amilasa bacteriana termoestable, actividad= 340,000 modificado de Wohimeth unidades/ml al vaso durante la digestión.
6. Mantener la digestión por 60 minutos contando desde el momento que empiece a hervir
7. Filtrar en un matraz kitasato a través de un embudo de porcelana buchner con la tela o papel filtro previamente tarada, lavar dos veces con agua caliente.
8. Repetir el lavado con acetona hasta que desaparezca el olor.
9. Secar el papel con la fibra en la estufa a 100 grados centígrados por toda la noche
10. Colocar en el desecador de vidrio por una hora y pesar.

3.10 Cálculos.

%FDA= peso final del papel- peso inicial del papel/ g de la muestra x 100.

IV. RESULTADOS

Al realizar los análisis de las muestras encontramos diferentes resultados en la digestibilidad de la materia seca y fibra detergente acida que a continuación se presentan en las siguientes tablas.

Muestra: Algas de aguas residuales.

Cuadro 1. Degradabilidad de materia seca de algas de aguas residuales.

Horas de incubación.	Tasa de degradabilidad (%)
0	15.56
4	18.04
8	19.23
12	20.85
24	26.60
48	26.05
72	25.89
96	38.76

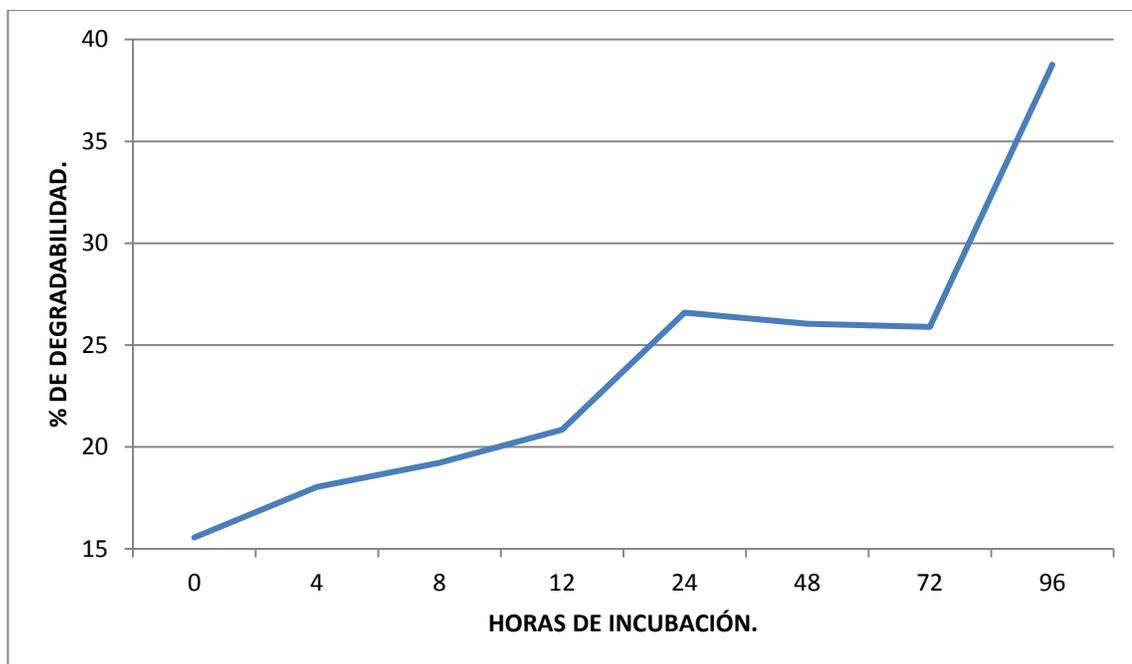


Figura 1. Curva de degradabilidad de materia seca de algas de aguas residuales.

Cuadro 2. Degradabilidad de fibra detergente acida (FDA) de algas de aguas residuales.

Horas de incubación.	Tasa de degradabilidad (%)
0	21.66
4	20.64
8	19.72
12	22.32
24	23.06
48	23.51
72	29.71
96	23.73

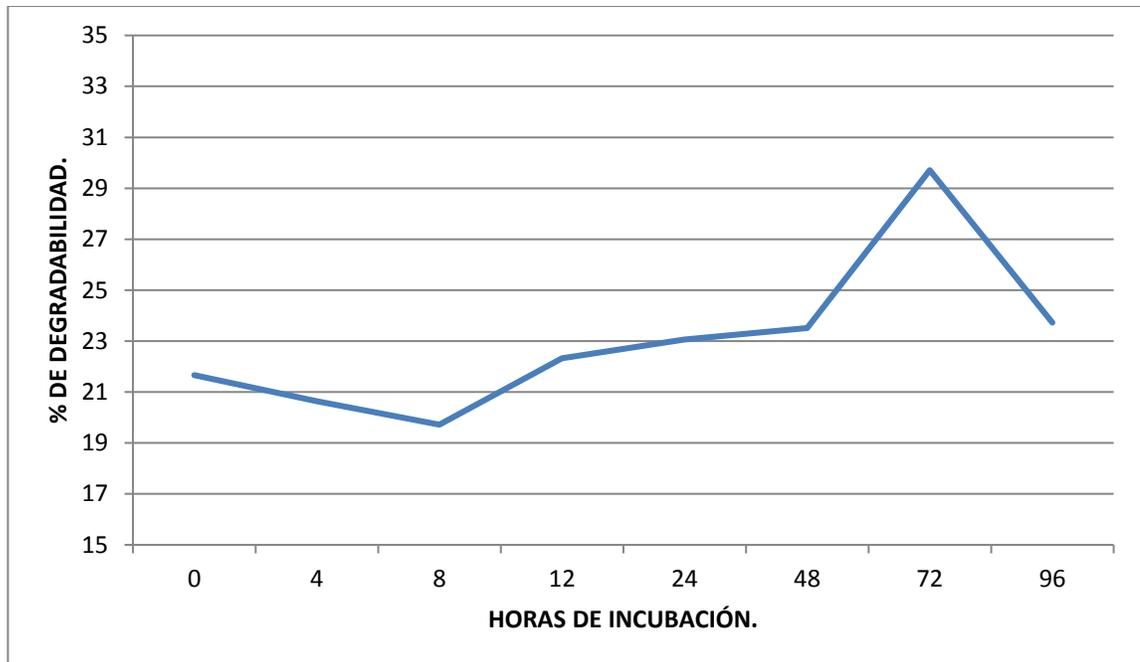


Figura 2. Curva de degradabilidad de FDA de algas de aguas residuales.

V. Discusión.

Al término de este trabajo encontramos que lo más digestible que fueron a las algas fue en la hora 96 de incubación encontrando un 38.76% de materia seca, siendo un resultado muy por debajo de lo que se esperaba. Este tipo de trabajos son muy marginales en algas de aguas residuales sin embargo en aguas marinas de agua salada si hay un poco más de investigación.

Gojón *et al.*, (1998), encontraron que las algas marinas en un periodo de 96 horas en rumen tenían una degradabilidad de un 85% en materia seca, Mora *et al.*, (2006), también encontraron resultados parecidos pero en cabras obteniendo un 82.2% de degradabilidad en materia seca, esto nos dice que las algas de agua residual pueden llegar a ser más benéficas para el animal puesto que tiene una degradabilidad muy baja en nivel de rumen y así podría aprovechar más los nutrientes.

Las algas de aguas residuales por sus características químico bromatológicas presentan condiciones favorables para sustituir en una alta proporción a los forrajes convencionales.

VI. Conclusión.

Dadas las condiciones de digestibilidad que muestran las algas, se recomienda su uso en ruminantes solo como un sustituto de forrajes, pues contienen una cantidad aceptable de proteína, pero no pueden sustituir a una pasta proteica, pues muestran mucha resistencia a la degradación y no proporcionarían la cantidad de aminoácidos requeridos por los animales. Los estudios realizados por diversos autores marcan una gran diferencia entre las algas marinas que si son altamente degradables, y las algas de aguas residuales no poseen esa característica.

VII. LITERATURA CITADA.

- Araiza, E., E. Delgado. F. O. Carrete. H. Medrano. A. Solis. M. Murillo, y C. Haubi, . 2013. Degradabilidad ruminal in situ y degradabilidad ruminal in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionadas con melaza. Avances de investigación pecuaria. 17 (2): 79-96.
- Bach, A., y S. Calsamiglia. 2006. La fibra en los rumiantes: ¿química o física?. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona España. 99-113.
- Bocha, F. 2015. Las algas en la alimentación ruminal en rumiantes. Materias primas. 119-126.
- Bochi-Brum.O.,D. Carro. C. Valdés. J. González.. S. López. 1999. Digestibilidad *in vitro* de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. Arch. Zoot.1999; 48:51-6
- Calsamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. Universidad Autónoma de Barcelona. Madrid España. 16pp.
- Castillo, A.R., Kloster, A.M., Latimori, N.J. y Ustarroz, E. 1992. Factores que afectan la ganancia de peso de novillos sobre pasturas de calidad durante el otoño. Información para Extensión N°1, EEA Marcos Juárez, INTA, 9 pp.
- Cruz, M., y J. M. Sánchez. 2000. La fibra en la alimentación del ganado lechero. Nutrición animal tropical. 6 (1): 39-78.
- Donker, J. 1989. Improved energy prediction equations for dairy cattle rations. J. of Dairy Sci. 67(2):427-436
- Gojón, B.H.H., D.A. Siqueiros-Beltrones y H. Hernández-Contreras. 1998. Digestibilidad ruminal y degradabilidad *in situ* de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum* spp. en ganado bovino. Cienc. Mar. 24(4):463-481.
- González, H., G. A. Lozano. H. G. Hernández. E. Orozco. Y C. Holguín. 2015. Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos, efecto de la relación forraje concentrado en la dieta. Universidad

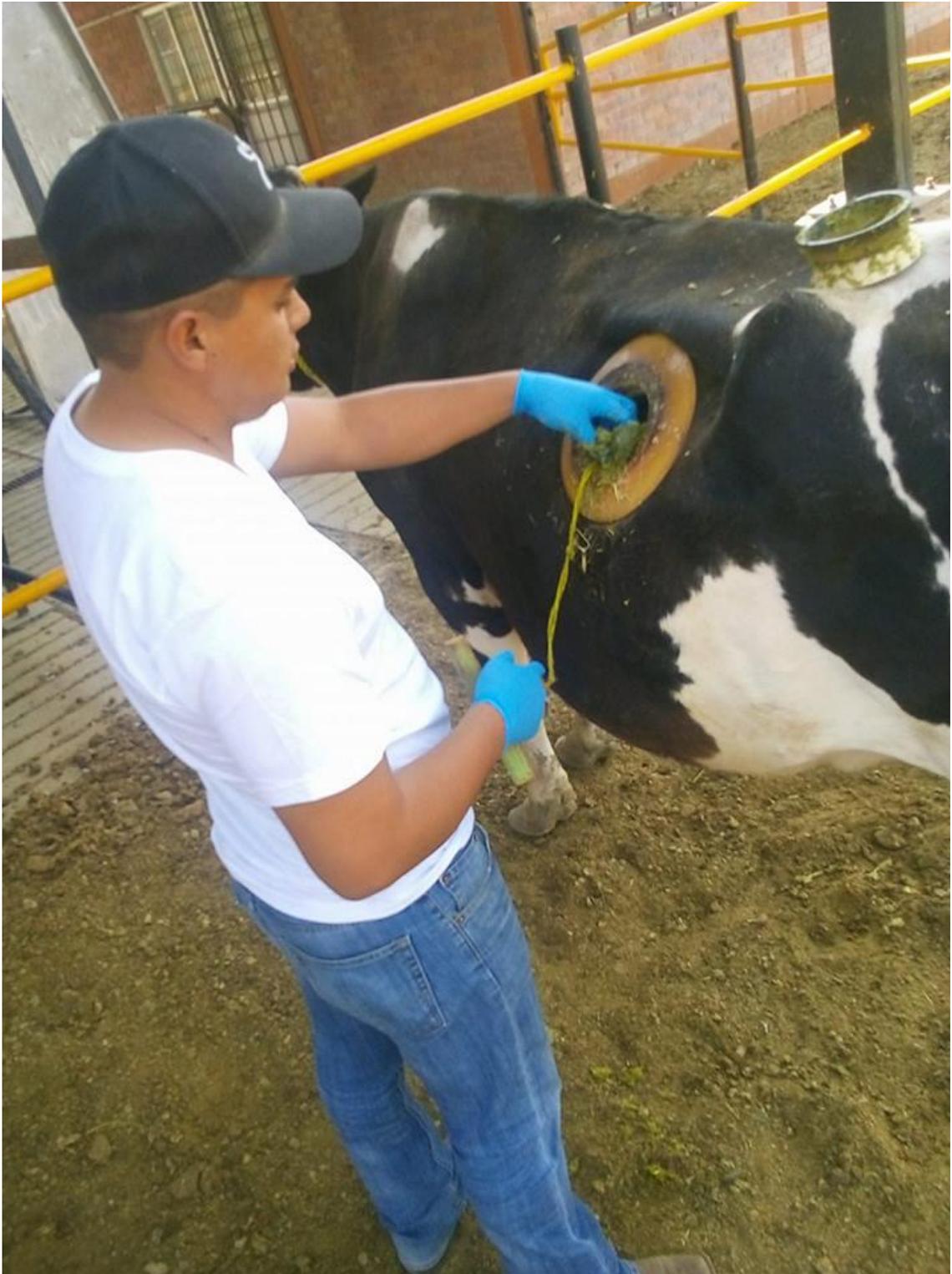
- Autónoma de Ciudad Juárez. Serie ICB No.16. Ciudad Juárez Chihuahua. 34pp.
- Harris, B. 1993. Value of high-fiber alternative feedstuffs as extenders of roughage sources: In: http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/VALUE_OF_HIGH-FIBER_ALTERNATIVE_FEEDSTUFFS.html
- Hernández, S. 2010. Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos. Tesis. Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán México. 59pp.
- Mora, N. A. 2006. Evaluación de *Macrocystis pyrifera* como complemento alimenticio de ganado caprino. Tesis. Maestría. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México. 77pp.
- Palladino, A., M. Wawrzklewicz. Y F. Bargo. 2006. La Fibra. Infortambo. 202:82
- Petruzzi, H. J., N. P. Stritzler. C. M. Ferri. J. H. Pagella. Y C. M. Rbotnik. 2005. Determinación de materia seca por métodos indirectos: utilización del horno microondas. 8-11.
- Portillo, J. 2016. Comparación de métodos de extracción de aceite de microalgas provenientes de una planta tratadora. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila México. 59pp.
- Quitral, V. R., C. Morales. M. Sepúlveda. Y M. Schwartz. 2012. Propiedades nutritivas y saludables de las algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. Revista chilena de nutrición. 39(4): 196-202.
- Roza, B., F. Martínez, y A. Argamenteria. 2002. Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. Pastos. 32(1): 91-104.
- Stritzler, N.P., Gingins, M.A., Gallardo, M. y Santucho, G. 1985. Algunos factores que afectan el volumen ruminal en bovinos. Revista Argentina de Producción Animal 5:145-148.

VIII. ANEXOS.

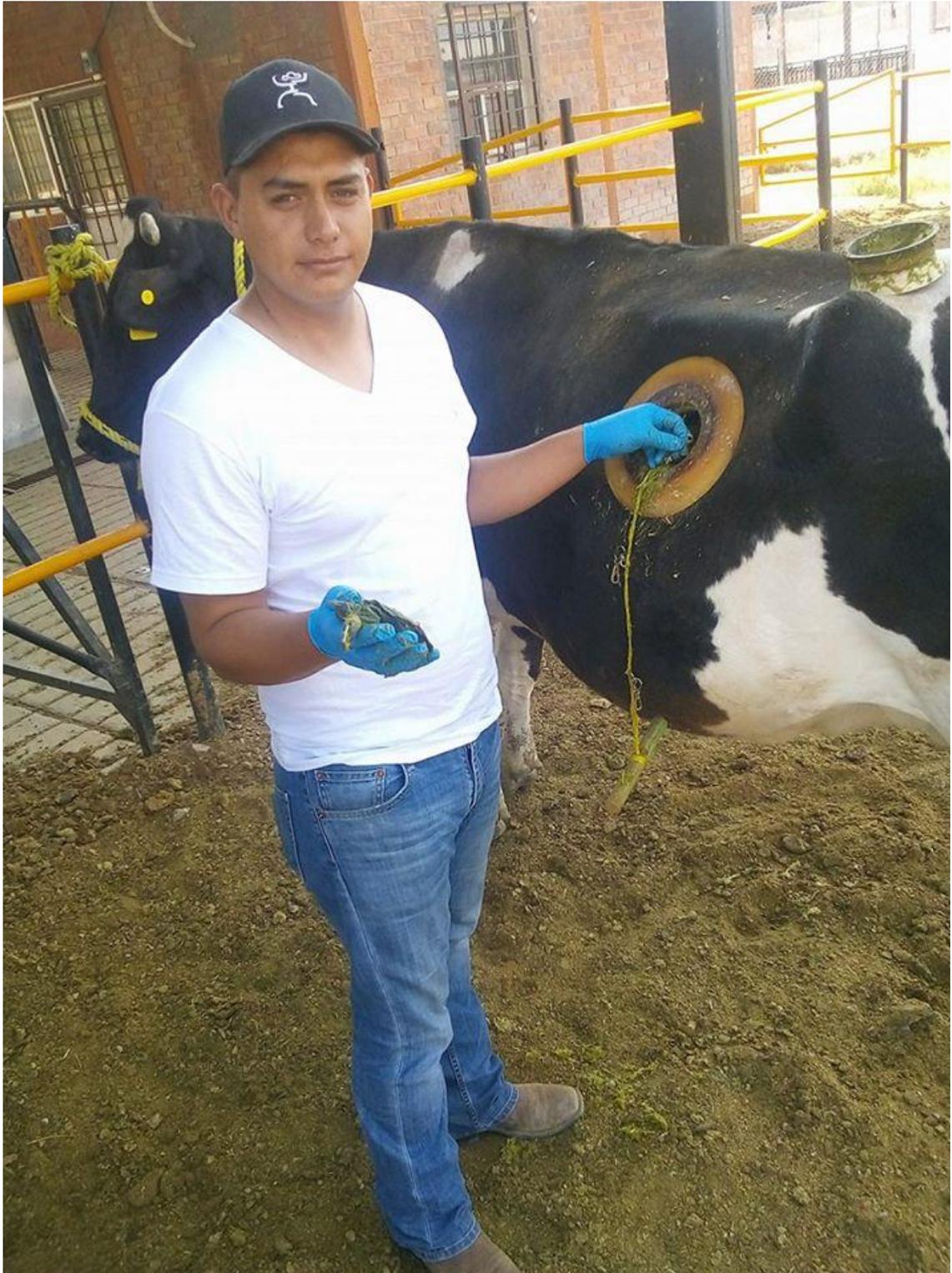
Preparando muestras para introducir al rumen.



Introduciendo muestras a rumen.



Checando muestras de rumen.



Sacando muestras de rumen.