

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**Uso de algas de aguas residuales en la alimentación de bovinos.
Digestibilidad de proteína y de fibra detergente neutro.**

POR

JUAN LUIS HINOJOS LUCERO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERIANRIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2017

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

“Uso de algas residuales en la alimentación de bovinos. Digestibilidad de la proteína y la fibra detergente neutro”

POR
JUAN LUIS HINOJOS LUCERO

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

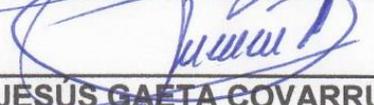
PRESIDENTE:


PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE

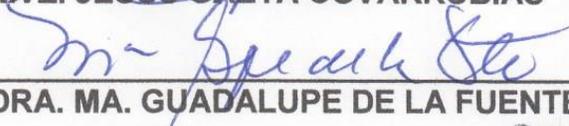
VOCAL:

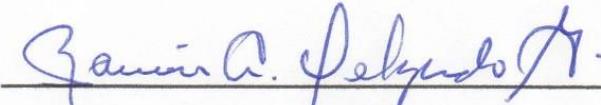

MVZ. FEDERICO A. HERNÁNDEZ TORRES

VOCAL:


MVZ. JESÚS GAETA COVARRUBIAS

VOCAL SUPLENTE:


DRA. MA. GUADALUPE DE LA FUENTE SALCIDO


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**

“Uso de algas residuales en la alimentación de bovinos. Digestibilidad de la proteína y la fibra detergente neutro”

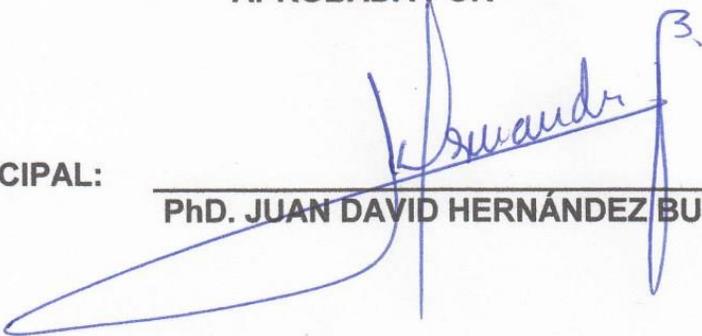
**POR
JUAN LUIS HINOJOS LUCERO**

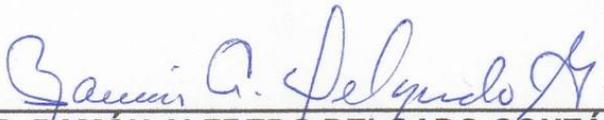
**TESIS
QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:


PHD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE


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 quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante en cada momento de mi vida.

A mis padres, Juan José Hinojos y Angélica Lucero por haberme dado la vida, por ser mi soporte y apoyarme incondicionalmente para alcanzar esta meta tan anhelada de convertirme en profesionista.

A mis hermanos, Karla Nallely y Jesús Adrián, por estar en cada momento importante y formar parte de mi familia.

Al Dr. Juan David Hernández Bustamante, por permitirme ser parte de su proyecto para realizar esta tesis de titulación.

DEDICATORIAS

A mis padres, Juan José Hinojos y Angélica Lucero, por todo su cariño y apoyo que me han brindado todo este tiempo, ya que gracias a su esfuerzo pude salir adelante.

A mis hermanos, Karla Nallely y Jesús Adrián, por sus buenas vibras durante todo este tiempo.

A mis abuelos, que a pesar de haber fallecido, son mi motivación para salir adelante en cada una de las metas que me propongo.

RESUMEN

Una alternativa para aprovechar las algas provenientes de aguas residuales, es como utilización de forraje para el ganado bovino, ya que resulta muy económico y se puede encontrar en grandes cantidades. En este trabajo se realizó un estudio para determinar la digestibilidad *in situ* de la proteína cruda y de la fibra detergente neutro, de las algas de aguas residuales. Obteniendo como resultado después una incubación ruminal de 0, 4, 8, 12, 24 y 48, la proteína cruda tiene un porcentaje de digestibilidad de: 18.37, 19, 19.69, 18.15, 17.79, 16.40 respectivamente. Para la obtención de fibra detergente neutro, se agregaron dos parámetros en las horas los cuales fueron de 76 y 96 horas. Observándose un porcentaje de digestibilidad de: 31.51, 33.91, 30.69, 26.04, 27.59, 32.96, 38.91, 33.89 respectivamente con las horas establecidas anteriormente.

Palabras clave: Algas residuales, proteína, fibra detergente neutro, digestibilidad, alimentación.

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	II
RESUMEN.....	III
INDICE.....	IV
INDICE DE CUADROS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	2
Hipótesis.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Composición nutricional de las algas.....	4
2.2 Digestibilidad.....	4
2.2.1 Técnica <i>in sacco</i>	5
2.3 Proteína.....	6
2.4 Fibra.....	6
2.4.1 Celulosa.....	7
2.4.2 Hemicelulosa.....	7
2.4.3 Pectinas.....	7
2.4.4 β -glucanos.....	7
2.4.5 Lignina.....	7
2.4.6 Ácidos fenólicos.....	7
3. Materiales y Métodos.....	8
3.1 Determinación de digestibilidad <i>in situ</i>	8
3.2 Determinación de proteína.....	9
3.3 Determinación de fibra detergente neutro.....	12
4. Resultados y Discusion.....	14
5. Conclusión.....	19
6. Literatura citada.....	20
7. Anexos.....	22

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Tabla 1 Digestibilidad de proteína cruda de las algas residuales.....	14
Tabla 2 Digestibilidad de fibra detergente neutro de las algas residuales....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Digestibilidad de proteína de algas residuales.....	15
Figura 2 Digestibilidad de fibra detergente neutro de algas residuales.....	17
Figura 3 Vaca con fistula ruminal.....	22
Figura 4 Fistula Ruminal.....	23
Figura 5 Extracción de bolsas de naylon con algas, sujetadas en el ancla.....	23

I. INTRODUCCIÓN:

La alimentación es la parte más importante en una producción de bovinos.

Para poder llevar a cabo una buena alimentación animal y de la forma más económica posible, es necesario tener en cuenta las necesidades de los animales en cada momento. Una dieta bien equilibrada y un manejo adecuado, optimizan la producción de leche, la reproducción y la salud de la vaca.

De forma general, en las raciones de los bovinos es necesario que se incluyan los siguientes componentes; agua, materia seca, proteínas, fibra, vitaminas y minerales en cantidades adecuadas y equilibradas.

En los últimos años la ganadería en México ha sufrido un duro golpe, por un lado la sequía y por otro la economía. De tal manera que se busca una alternativa más económica y que garantice una buena nutrición en los bovinos. Se estudia las algas residuales del tratamiento de aguas negras.

Las microalgas son un conjunto heterogéneo de microorganismos fotosintéticos unicelulares procariontes (cianobacterias) y eucariontes, que se localizan en hábitats diversos tales como aguas marinas, dulces, salobres, residuales o en el suelo, bajo un amplio rango de temperaturas, pH y disponibilidad de nutrientes.

Son utilizadas para el tratamiento de aguas residuales, después de ser usadas son desechadas. De tal manera que comprobando su digestibilidad en el bovino, pueden ser utilizadas como fuente nutricional.

OBJETIVOS:

- Evaluar el potencial nutricional de las algas provenientes de aguas residuales.
- Medir la digestibilidad *in situ* de las algas de aguas residuales.

HIPÓTESIS:

La digestibilidad *in situ* de la proteína y FDN de las algas de aguas residuales supera el 60%.

II. REVISIÓN DE LITERATURA:

Las algas son un grupo de organismos acuáticos con metabolismo autótrofo que presentan como pigmento fotosintético primario a la clorofila a, característica que comparten con las plantas superiores. Hay dos palabras antiguas relacionadas con el estudio de estos organismos: alga proveniente del latín, que significa “planta acuática”, y phycos, proveniente del griego, que significa “planta marina”. Tanto griegos como romanos diferenciaban a las plantas acuáticas de las terrestres obligadas, únicamente por la sencillez estructural de las primeras (Dreckmann *et al.*, 2013).

Hoy en día el término de alga esta desprovisto de un significado taxonómico, pero se usa para designar a los organismos que poseen clorofila a, un talo no diferenciado en raíz, tallo y hojas, y que son de hábitos predominantemente acuático (Mansilla y Alveal, 2017).

La organización celular que presentan las algas es de tipo eucariótico, es decir, presentan núcleo delimitado por una doble membrana, mitocondrias, cloroplastos, retículo endoplasmico, complejo de Golgi y lisosomas (Dreckmann *et al.*, 2013).

Las algas verdes conforman un grupo morfológicamente muy diversificado que incluye representantes unicelulares, coloniales, como también formas filamentosas y parenquimatosas, las que pueden ir desde individuos microscópicas hasta algunos con longitudes de más de un metro de largo (Mansilla y Alveal, 2017).

2.1. Composición nutricional de las algas

Se caracterizan por contener cantidades importantes de proteínas y aminoácidos, minerales, fibra y compuestos fenólicos responsables de la capacidad antioxidante. El contenido en grasa de las algas, por el contrario, es muy bajo, siendo inferior al 1% (Palasi, 2015).

Las algas contienen niveles altos de proteínas, son las algas rojas y verdes las que presentan un mayor contenido en proteínas desde un 10 hasta un 47% (peso seco).

2.2. Digestibilidad

No todo el alimento que consumen los animales es realmente asimilado por sus organismos; un determinado porcentaje se elimina por distintos mecanismos y, por tanto, no resulta realmente útil. Por ello, en nutrición animal, se maneja el concepto de digestibilidad, que se define como la capacidad de un determinado principio inmediato de ser realmente asimilado por un animal (San Miguel, 2009).

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 (Araiza *et al.*, 2013).

La digestibilidad puede medirse "in vitro", por procedimientos químicos que intentan imitar el proceso de digestión, generalmente por el sistema de Van Soest, o "in vivo", utilizando una muestra reducida de animales fistulados o provistos de bolsas para la recogida de las heces (San Miguel, 2009).

La digestibilidad *in vivo*: Son pruebas en animales y existen dos métodos: el método directo y el indirecto.

El método directo se clasifica en dos tipos, los cuales son:

- pruebas convencionales: recolección total de heces.
- Técnicas de las proporciones: uso de indicadores.

El método indirecto se clasifica en:

- Método de la diferencia para estimar la digestibilidad de un suplemento.
- Método de regresión

La digestibilidad *in situ*: Son estudios en el lugar de la digestión, se encuentran dos técnicas que son:

- Técnica *in sacco*.
- Técnica de la bolsa móvil.

La digestibilidad *in vitro*: Son pruebas de laboratorio se clasifican en tres, las cuales son:

- Tilley & Terry (1 y 2 fases)
- 2 fases Van Soest
- Utilización de enzimas

(Ramírez, 2010)

2.2.1. Técnica *in sacco*:

El método *in sacco* nos brinda información sobre la cantidad de alimento degradado en el rumen, sin embargo, otro punto importante a estudiar es la dinámica de la degradación, misma que se hace por medio de modelos matemáticos; diversos se han reportado a lo largo de los años, pero el más

conocido es el de Orskov y McDonald (1979) quienes describieron un modelo exponencial para estimar la degradación ruminal con respecto al tiempo que se encuentre incursionada en el rumen la muestra, calculando así la descomposición que hubo en cierta cantidad de tiempo.

2.3. Proteína

El nitrógeno es un componente fundamental de la dieta de los animales, sobre todo de los que tienen elevadas necesidades de producción: crecimiento, lactación, gestación, etc., porque es el elemento básico para la síntesis de las proteínas (San Miguel, 2009).

Las proteínas animales están constituidas por 18-22 aminoácidos, pero no todos ellos pueden ser sintetizados por los animales. Los aminoácidos necesarios, pero que no sintetizables reciben el nombre de "esenciales" y deben ser suministrados necesariamente con los alimentos, a la hora de formular piensos o raciones. Es muy conveniente conocer no sólo el contenido proteico de los alimentos, sino también su composición en aminoácidos (San Miguel, 2009).

2.4 Fibra

La fibra engloba un conjunto de compuestos que son indigestibles por las enzimas del tubo digestivo secretados por los mamíferos. En concreto, la fibra está integrada por glucanos, ramnoglacturanos, arabinanos, arabinogalactanos, glucomananos, galactoglucomananos, xylanos, glucuronomanos, ácidos fenólicos y lignina. La lignina es el único compuesto de la fibra que es totalmente

indigestible en el tracto digestivo de los rumiantes, puesto que su digestión necesita la presencia de oxígeno (Bach y Calsamiglia, 2006).

La fibra incluye compuestos que forman parte de la pared celular de los vegetales, los principales compuestos son:

2.4.1. Celulosa: está formado por moléculas de glucosa unidas mediante enlaces tipo β . En los rumiantes, la celulosa suele digerirse mejor que la hemicelulosa.

2.4.2. Hemicelulosa: Engloba a un grupo de polisacáridos solubles en soluciones básicas y capaces de unirse a la celulosa a través de puentes de hidrógeno.

2.4.3. Pectinas: son ácidos urónicos. Se encuentran en cantidades elevadas en las leguminosas. La unión entre los polisacáridos que integran la pectina son tipo α y por tanto las pectinas son casi totalmente degradadas en el rumen. Las pectinas se digieren más rápidamente que la celulosa o la hemicelulosa.

2.4.4. B-glucanos: son polisacáridos de glucosa unidos mediante enlaces β , como la celulosa, pero que son fermentados rápidamente en el rumen.

2.4.5. Lignina: es un polímero de alcoholes de hidroxicinamil que es totalmente indigestible en el tubo digestivo de los rumiantes.

2.4.6. Ácidos fenólicos: Los ácidos fenólicos (ferúlico y cumárico) inicialmente habían sido considerados tóxicos para las bacterias ruminales, pero más tarde se demostró que las bacterias pueden degradar estos ácidos. En los rumiantes, la fibra se determina mediante el uso de 3 soluciones; la detergente neutro, la detergente ácido y una solución ácida para la determinación de la lignina. La fibra detergente neutro (FDN) representa el residuo que se obtiene tras un lavado de ingredientes usando una solución neutro detergente. La FDN incluye celulosa,

hemicelulosa y lignina (además de residuos de nitrógeno y minerales). La fibra detergente ácido (FDA) incluye la celulosa y la lignina. (Bach y Calsamiglia, 2006)

III. MATERIALES Y MÉTODOS:

3.1. Determinación de la digestibilidad *in situ*:

Para determinar la digestibilidad ruminal *in situ* de las algas se utilizaron los siguientes materiales:

- Bovino fistulado ruminalmente
- Cánula ruminal neumática
- Bolsas de nylon
- Aros de metal
- Ligas
- Anclas de contra peso
- 24 muestras de algas residuales
- Estufa de aire caliente
- Balanza analítica
- Alfalfa henificada como dieta para el bovino

Para realizar la colocación de muestras se utilizó la técnica de digestibilidad *in situ* con periodos de incubación de: 0, 4, 8, 12, 24, 48 y 96 horas postprandial, de acuerdo a la técnica de Orskov y McDonald (1979).

Antes y durante la realización de la investigación la dieta consistió en alfalfa henificada *ad libitum*.

La digestibilidad se hizo conforme a la técnica de las bolsas de nylon, descrito por Orskov y McDonald (1979).

La técnica *in situ* ofrece la posibilidad de estudiar la degradabilidad ruminal de los alimentos a través de la utilización de sacos de nylon suspendidos en el rumen. Este método también puede ser usado para describir las características de degradación de los componentes estructurales de forraje.

El proceso que se le dieron a las muestras; primeramente se procedió a lavar las bolsas de nylon con abundante agua, esto con el propósito de eliminar material contaminante y evitar errores en la estimación de la desaparición de la muestra.

3.2. Determinación de Proteína

Material y Equipo:

- 1.- Matraz Micro- Kjeldahl de 50 ml
- 2.-Matraz erlenmeyer de 125 ml
- 3.- Probeta de 50 ml
- 4.- Bureta o titulador automático
- 5.-Block digestor
- 6.- Aparato Micro Kjeldahl

Procedimiento:

Digestión.- Se pesan 0.1 gr de muestra y se colocan en un matraz micro-kjeldahl o en tubos. Se adicionan 4ml de mezcla de ácidos sulfúrico-salicílico, cuidando que esta se mezcle en íntimo contacto con la muestra. El H₂SO₄ es un mal agente mojante por lo que la impregnación de la muestra se debe favorecer agitando

suavemente el contenido del tubo. Simultáneamente se corren blancos de reactivos.

Se deja en reposo toda la noche o al menos 6 horas. Se añaden 0.5 de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ a través de un embudo de tallo largo para alcanzar el bulbo del matraz. Se debe evitar que la espuma suba por el cuello del matraz. Esto se logra mezclando el $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ con el ácido y calentando suavemente al inicio de la digestión. Una vez terminando esta fase, para lo cual bastan de 5 a 10 minutos, se adicionan 1.1 g de mezcla catalizadora la adición de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ y la mezcla puede hacerse mediante medidas volumétricas calibradas.

Se digiere nuevamente y se aumenta la temperatura. La placa de digestión debe alcanzar entre 360 y 390°C para permitir la ebullición de la mezcla de ácido con sales que se adicionan al suelo. Temperaturas inferiores o superiores a esta pueden provocar recuperaciones incompletas o pérdidas de N respectivamente.

Después de una corta ebullición de la mezcla se aclara. Cuando se alcanza este punto se ebulle lentamente por una hora adicional para el caso de muestras de rutina.

Cuando se desea una recuperación entre el 99 y 100% se debe ebulir por 5 horas después de clarear. Temperatura en esta fase debe regularse para que los vapores de H_2SO_4 se condensen en el primer tercio inferior del cuello del matraz cuando la digestión este completa se enfría y se agregan aproximadamente 3 ml de agua. Se agita vigorosamente para disolver el material soluble.

Destilación. Se transfiere el contenido al bulbo de la cámara de destilación del aparato micro-Kjeldahl. Se lava el tubo con pequeñas porciones de agua, para tener aproximadamente 7 ml. Se coloca en el tubo se salida del aparato de digestión un matraz erlenmeyer de 125 ml con 10 ml de la solución de ácido bórico (H_3BO_3) con indicador. Se adicionan 10ml de NaOH 10 N al bulbo de destilación se conecta el flujo de vapor y se inicia la destilación. Se destilan aproximadamente 50 ml y se lava el condensador.

El N amoniacal se determina por titulación con ácido 0.005 N se sugiere utilizar una microbureta de 10 ml con graduaciones de 0.2 ml o un titulador automático. El punto de equivalencia de titulación ocurre cuando la solución vira de verde o rosado (titular los blancos y tomar como referencia este sirve).

Cálculos:

El porcentaje de N en la muestra se determina según la siguiente fórmula:

$$N\% = (V \text{ muestra} - V \text{ blanco}) N \text{ ácido} \times 14 / \text{Peso muestra} \times 10$$

Dónde:

V muestra= volumen de H_2SO_4 para titular la muestra (ml)

V blanco= volumen de H_2SO_4 para titular el blanco (ml)

N= normalidad exacta H_2SO_4

3.3. Determinación de Fibra Detergente Neutro

Material y equipo:

- 1.- Aparato digestor de fibra
- 2.- Probeta graduada de 100 ml
- 3.- Vasos de berzelius
- 4.- Agitador de vidrio con gendarme
- 5.- Papel filtro ó tela a peso constante
- 6.- Balanza analítica
- 7.- Embudo de porcelana Buchner
- 8.- Desecador de vidrio

Procedimiento:

- 1.-Preparación de la muestra:
 - a. Moler la muestra asegurándose que el tamaño de partícula de sea de 1mm.
 - b. Pesar aproximadamente 0.5g (+/-0.5g) de muestra molida y secada a 105 °C durante 24 horas y colocarla en un vaso de precipitado berzelius apropiado al condensador del aparato de digestor.
- 2.-Para procesar la muestra añadir 100ml de solución detergente neutro (SDN) 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 min antes de iniciar el proceso de digestión.
- 4.- Reducir el calor cuando empiece a hervir la muestra para evitar la formación de espuma

5.-Agregar de .2 a .5 ml de alfa-amilasa bacteriana termoestable, actividad =340,000 modificado de Wohlmeth 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 Kitazato a través de un embudo bushner con la tela 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°C por toda la noche

10.- Colocar en el desecador de vidrio por una hora y pesar

Cálculos:

% FDN= (Peso final del papel–Peso inicial del papel/ gr de la muestra) 100

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados encontrados con el trabajo, arrojando un porcentaje variable de digestibilidad para la proteína de las algas que oscila entre el 16.4 y el 19.69, en distintas horas de incubación, siendo la más baja a las 48 horas y la más alta a las 8 horas después de la incubación en el rumen.

Para la fibra detergente neutro, también se encuentra un porcentaje variable, observándose una buena digestibilidad a las 4 horas después de incubar con un porcentaje de digestibilidad de 33.91.

Tabla 1. Digestibilidad de proteína cruda de las algas residuales.

HORAS	Porcentaje de digestibilidad (%)
0	18.37
4	19
8	19.69
12	18.15
24	17.79
48	16.40

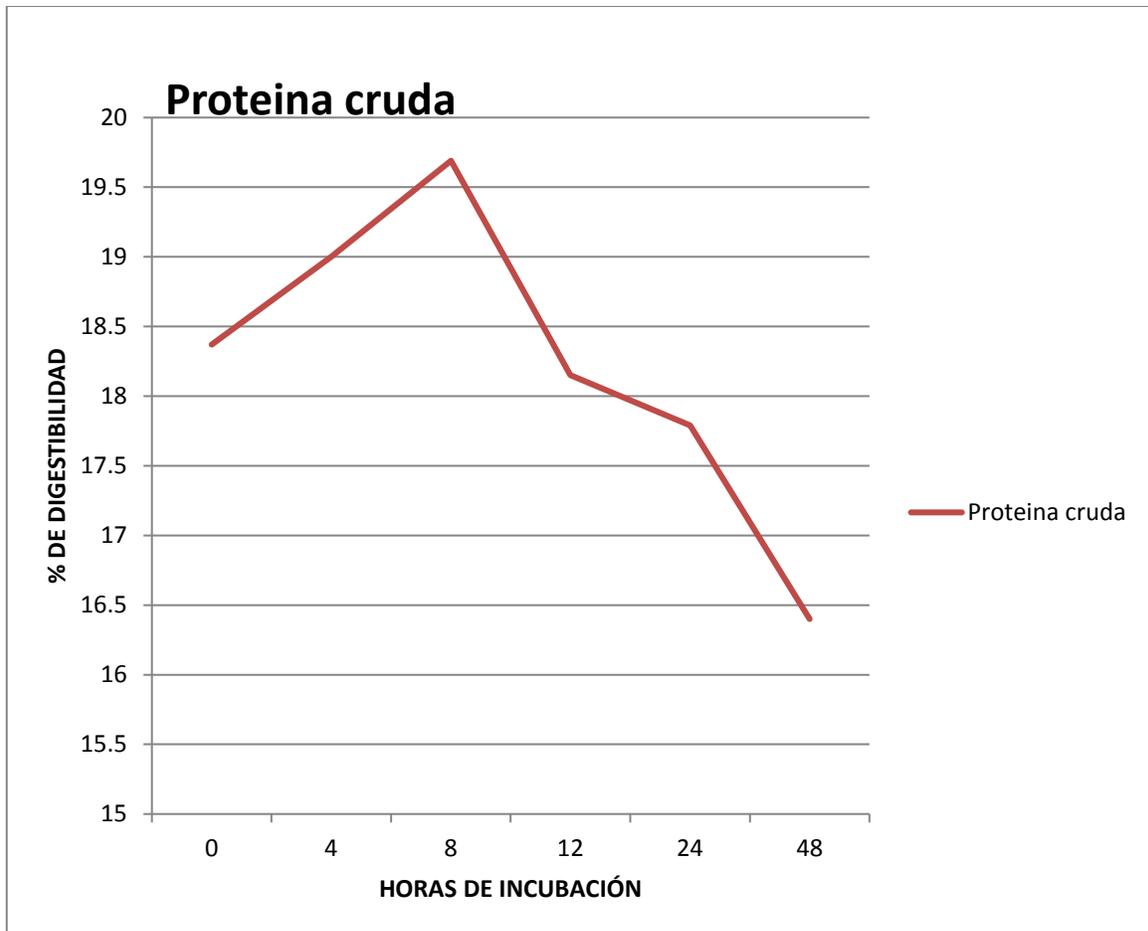


Figura 1. Digestibilidad de proteína cruda de algas residuales.

Tabla 2. Digestibilidad de FDN de las algas residuales

Horas de incubación	Porcentaje de digestibilidad (%)
0	31.51
4	33.91
8	30.69
12	26.04
24	27.59
48	32.96
72	38.91
96	33.89

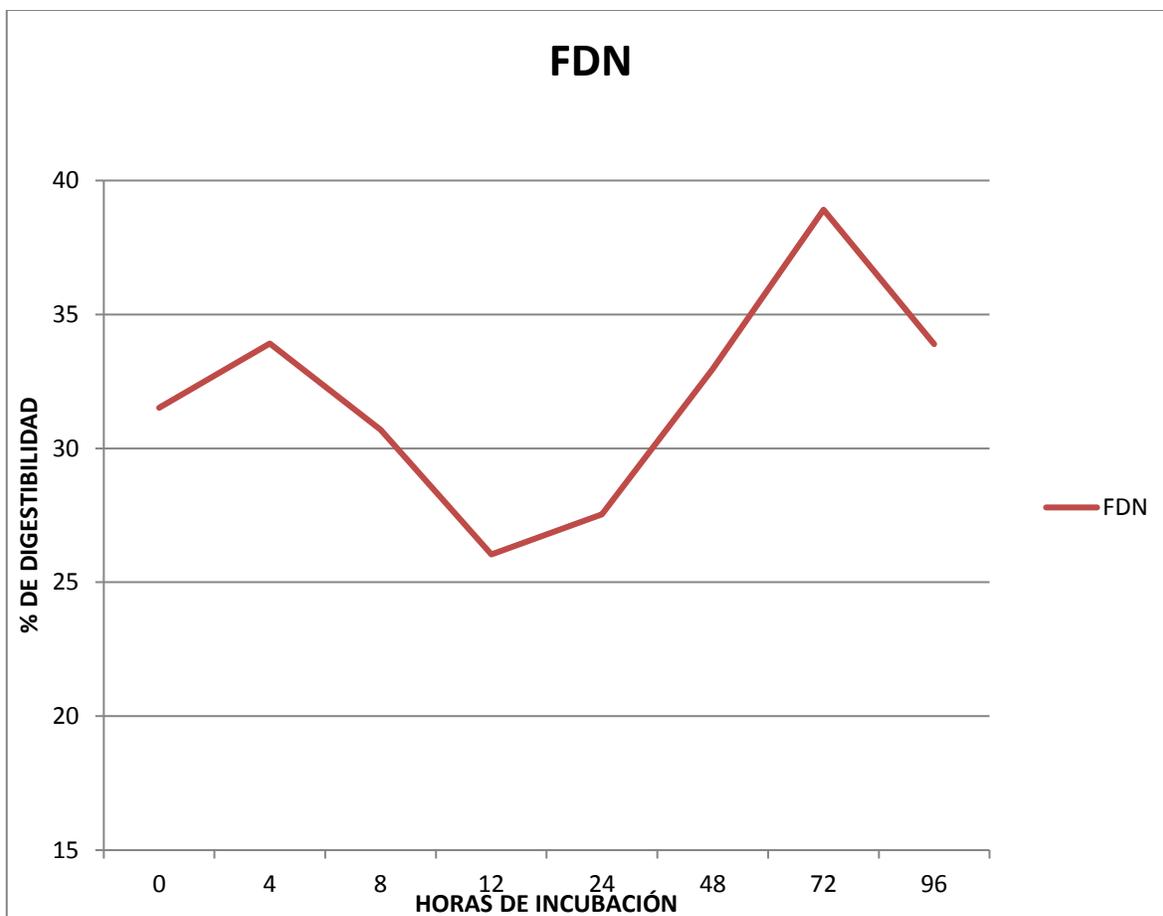


Figura 2. Digestibilidad de Fibra Detergente Neutro (FDN) de algas residuales.

Gojon *et al.* (1998), encontraron una degradabilidad *in situ* de proteína cruda de 8.40% en algas marinas, lo cual no coincide con lo que se encontró en este estudio, ya que nosotros encontramos que el valor más bajo de proteína cruda en algas de aguas residuales era de 16.40%, registrado a las 48 horas de incubación. Y el valor que resulto más alto fue el de las 8 horas de incubación, arrojando un porcentaje de 19.69%. Pero tal vez el contenido de las aguas residuales, que tiene diferentes orígenes, desde solventes, detergentes, aceites y hasta otros materiales, den una mayor protección a la proteína de las algas residuales y no sea fácilmente digerible en el rumen, lo que puede dar una cierta diferencia y una baja digestibilidad de la proteína.

La presencia de materiales extraños en las aguas residuales donde fueron cultivadas las algas usadas en este experimento, tales como, pinturas, ácidos orgánicos e inorgánicos, etc. Contribuyen a que se cree una resistencia en las algas e impide el ataque bacteriano en el rumen, por lo que el contenido proteico de las algas no puede ser extraído por completo pues se crea una capa indigestible y hace que las algas no sea una buena opción para alimentar a los animales domésticos.

V. CONCLUSIÓN

Al término del estudio se pudo determinar que la actividad microbiana responsable de la degradación de la proteína y la fibra detergente neutro, en el rumen, no es efectiva para la degradación de algas de aguas residuales.

Además que las algas cultivadas en aguas residuales no son una opción muy nutritiva para alimentar a los bovinos, debido a la capa indigestible que se crea a su alrededor, producto de los componentes del medio donde fueron cultivadas.

VI. LITERATURA CITADA:

- Araiza R., E., E. Delgado L., F.O Carrete C., H. Medrano R., A. Solís S., M. Murillo O., y C. Haubi S. 2013. Degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vivo* de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. *Avances en investigación agropecuaria*. 17(2): 79-96.
- Bach A., y S. Casamiglia. 2006. La fibra en los rumiantes: ¿Química o Física?. XXII Curso de especialización FEDNA. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España. pp. 99-113.
- Dreckmann K.M., A. Senties., y M.L. Nuñez. 2013. Manual de prácticas de laboratorio. *Biología de Algas*. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa, México, D.F. 90 p.
- García M., D.A., y D.A. Martínez C. 2013. Degradación *in vivo* de la materia seca y materia orgánica del Teocinte (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz). Trabajo de graduación. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 40 p.
- Garibay H., A., R. Vázquez D., M del P. Sánchez S., L. Serrano C., y A. Martínez J. 2009. Biodiesel a partir de microalgas. *BioTecnología*. 13(4): 38-61.
- Gojon B., H.H., D.A. Siqueiros B., y H. Hernández C. 1998. Digestibilidad ruminal y degradabilidad *in situ* de *macrocystis pyrifera* y *sargassum spp.* en ganado bovino. *Ciencias marinas*. 24(4): 463-481
- Hernández P., A., y J.I Labbé. 2014. Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología marina y oceanografía*. 49(2): 157-173.
- Mansilla A., y F. Alveal. 2017. Generalidades sobre las macroalgas. *Biología Marina y oceanografía: conceptos y procesos*. pp. 347-361.
- Orskov E.R. and McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate passage. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 92: 499-503.
- Palasi M., J.T. 2015. Caracterización físico-química y nutricional de algas en polvo empleadas como ingrediente alimentario. Trabajo fin de grado en ciencia y tecnología de los alimentos. Universidad Politécnica de Venecia. 48 p.

Ramírez G., S. 2010. Digestibilidad de diversos granos y pastas proteicas utilizadas en la alimentación del ganado. Monografía. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 34 p.

San Miguel A., A. 2009. Fundamentos de alimentación y nutrición del ganado. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 9 p.

VII. ANEXOS



Figura 3. Vaca con fistula ruminal.



Figura 4. Fistula ruminal, con ancla en donde se encuentran las bolsas de nylon, se realiza una revisión y extracción de muestra.

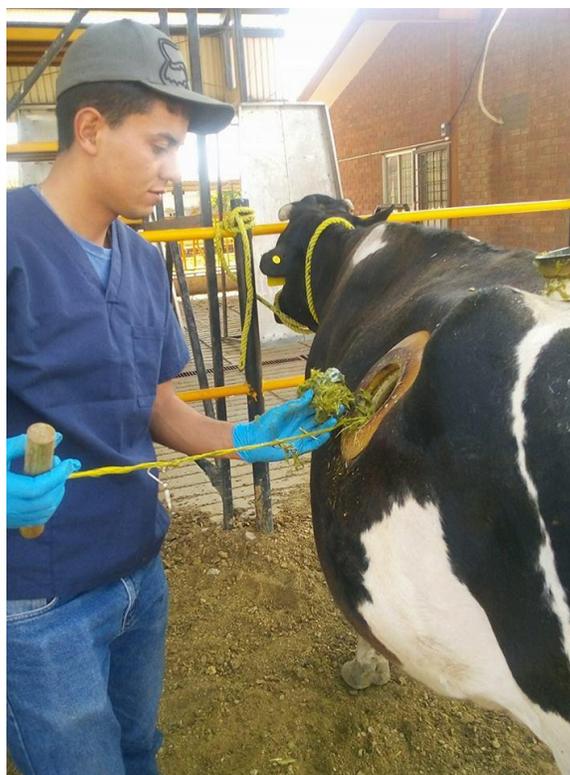


Figura 5. Extracción de bolsas de nylon, sujetadas en el ancla.