

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

PREDICCIÓN DE LA DEGRADABILIDAD EN RUMEN DE SILAJES DE MAÍZ Y SORGO MEDIANTE ECUACIONES BASADAS EN EL CONTENIDO EN FIBRA EN DETERGENTE ÁCIDO

AUTOR: MONFORTE CASTAÑEIRA, Martín Santiago

DIRECTOR: STRITZLER, Néstor Pedro

CO- DIRECTOR: RABOTNIKOF, Celia Mónica

Carrera: Ingeniería Agronómica

Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa.

ÍNDICE	2
Resumen.....	3
Introducción	4
Materiales y Métodos.....	11
Resultados y Discusión.....	17
Conclusiones.....	34
Bibliografía.....	36

RESUMEN

Una gran parte de los laboratorios no tiene las instalaciones necesarias para determinación de digestibilidad *in vitro*, y menos aún *in vivo*, optando entonces por la estimación de digestibilidad y del Total de Nutrientes Digestibles (TND) a partir de determinaciones más simples como lo son la de fibra en detergente ácido (FDA) mediante el uso de ecuaciones. El objetivo de este trabajo fue comparar la utilidad de las ecuaciones basadas en la determinación de FDA para estimar DMS y/o TND como predictoras de la degradabilidad *in situ* a 24 horas, para silajes de planta entera de maíz y sorgo. Se trabajó con 69 muestras de silajes de sorgo y maíz, provenientes de establecimientos agropecuarios de la provincia de Buenos Aires. Se hicieron determinaciones de % de materia seca (MS), fibra en detergentes neutro (FDN) y ácido (FDA), proteína bruta (PB) y desaparición *in situ* de la materia seca con 24 horas de incubación ruminal (DIS24). A partir de las determinaciones de FDA se estimó digestibilidad y TND mediante 3 y 4 ecuaciones respectivamente, que se correlacionaron con DIS24 para estimar la precisión de la estimación de cada una. Todas las correlaciones fueron altamente significativas ($p < 0,0001$); sin embargo, el R^2 fue bajo para todas ellas, indicando que en ningún caso tienen fuerte relación con los procesos de digestión en rumen. Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que es cuestionable la utilización de este tipo de ecuaciones para determinar degradabilidad en rumen. Tampoco otras variables de uso frecuente, como el % de MS, o el de PB de los silajes mejoran la precisión de la estimación de la DIS24. Resulta más exacto hacer determinaciones de degradabilidad mediante el uso de incubaciones en animales provistos de cánulas ruminales ya que las medidas indirectas de predicción de esta variable se correlacionan pobremente con ella.

Palabras clave: Degradabilidad en Rumen, Fibra Detergente Ácido, Degradabilidad *in situ* a 24 horas, Maíz, Sorgo, Silaje.

INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria argentina ha sufrido un cambio muy importante en los últimos años, generado por el gran aumento de la superficie agrícola, que pasó de 11.473.000 ha en el año 1994 a 22.810.00 ha en el año 2002 (Rearte, 2007). Hasta entonces, la producción en la Región Pampeana se había incrementado a través de la expansión de la superficie utilizable, pero una vez que esta posibilidad se agotó, los incrementos productivos posteriores se lograron mediante el uso más intensivo de la tierra, con subsidios energéticos externos, tecnología y manejo. Esta reducción de la superficie pecuaria provocó una reorganización territorial de la ganadería, desplazándose desde la Región Pampeana a las demás regiones del país (Rearte, 2007). Un aspecto que suele quedar oculto en la discusión, es el impacto de la expansión de la superficie sembrada con soja sobre el volumen de oferta y los costos de producción de carne, dado que la consecuencia más importante, ya mencionada, fue el desplazamiento ganadero hacia zonas marginales (Rearte, 2007). Mientras que la superficie total de la Región Pampeana, aprovechable para la producción agropecuaria, no sufrió modificaciones, la agricultura aumentó significativamente su superficie, hecho que demuestra cómo los cultivos extensivos ocuparon superficies donde antes se encontraba la ganadería. Dentro de dicho proceso, es especialmente notorio el incremento que ha tenido el cultivo de oleaginosas, el cual si bien tiene su origen prácticamente en la década del 60, se expande significativamente a partir de fines de la década del 80. Las tierras fértiles de la Región Pampeana fueron, entonces, tomadas para la producción agrícola, la soja ocupa la mayor superficie, desplazando a la ganadería a tierras marginales, de menor rendimiento y a mayor distancia de los centros de consumo. El nuevo

modelo productivo de la Región Pampeana se expandió más tarde a otras regiones del país, principalmente hacia el norte, donde el desmonte de áreas vírgenes para la producción agrícola fue muy importante (Carreño y Viglizzo, 2007).

La incorporación de nuevas tecnologías produce aumento de la productividad por unidad de superficie, del total de los factores productivos, y de la rentabilidad del negocio agropecuario, dinamiza el crecimiento económico de la actividad y de otras relacionadas a la red de actividades que componen el modelo productivo, sin embargo ocasiona un conjunto de impactos en otras variables sociales, incluidas las medio ambientales y el desplazamiento de una actividad por otra. El estudio de estos impactos, si bien ha sido iniciado, tanto en la Región Pampeana como en otras áreas del país, tiene aún escaso desarrollo (Satorre, 2005).

De todas maneras, los distintos fenómenos están relacionados, y los enfoques deben ser complementarios. Está claro hoy que el fuerte crecimiento de la rentabilidad de los cultivos agrícolas, y dentro de ellos principalmente de la soja, hizo que la ganadería quedara desplazada a un segundo plano.

Un relevamiento reciente (Rossanigo *et al.*, 2011) da cuenta de la importante caída del stock bovino en todo el país. La responsabilidad de esta disminución recae en el incremento de la faena, en un contexto de menores pariciones y alta mortandad, provocado por la sequía, pero también por efecto de la ocupación de las tierras más fértiles por parte de la soja.

Frente a las limitaciones climáticas y de suelos que se presentan en las zonas hacia donde se ha ido desplazando la ganadería en los últimos años, contar con reservas de calidad no sólo garantiza estabilidad productiva y financiera, sino además se transforma en un seguro que permite producir más allá de las contingencias climáticas cada vez más comunes en los tiempos actuales.

A lo largo del año existen baches en la oferta forrajera que, dependiendo de la zona de producción, pueden darse en diferentes épocas del año y siempre constituyen un problema en la planificación de la carga animal de los establecimientos, teniendo períodos en donde falta el alimento y épocas en donde las pasturas son subutilizadas. En este momento se hace necesario programar los procesos de conservación de forrajes a los fines de diferir el alimento para épocas de escasez.

El silaje es una técnica de conservación de forraje por vía húmeda, a diferencia de la henificación (fardo o rollo) donde la conservación del material se produce a partir de una deshidratación previa (Bertoia *et al.*, 1993). Este tipo de reserva permite el desarrollo de un complejo grupo de microorganismos en un ambiente de anaerobiosis. El objetivo es conservar el valor nutritivo de la planta verde, a través de distintos procesos químicos-biológicos que se producen en el material ensilado, aunque en estos procesos se producen pérdidas (de efluentes -escurrimiento de líquidos-, destrucción de la proteína verdadera, de los carbohidratos solubles, entre otros componentes). La obtención de un silaje de buen valor nutritivo dependerá de que estas fases químicas-biológicas se desarrollen en condiciones óptimas de trabajo.

Por ello, el potencial de producción de forraje de buena calidad de los silajes de maíz y sorgo favorece su utilización en la producción de carne y leche bovina. Esto es de fundamental importancia para la intensificación de los sistemas de producción, ya que permite aumentar la carga, sin disminuir las ganancias de peso individuales, y una mejor utilización de las pasturas durante su ciclo de crecimiento (De León, 2006).

Durante los últimos años el cultivo de sorgo en Argentina duplicó el área de siembra, pasando de 500.000 ha en 2006, a 1.000.000 ha en el 2010 (Bragachini *et al.*, 2012). Paralelamente, se produjo un importante desarrollo genético de los sorgos, generándose híbridos con mayor potencial productivo y con digestibilidad más elevada por menor contenido de lignina (gen BMR). Deben agregarse además, los conocidos sorgos graníferos con y sin taninos, y la combinación de todas estas características. Esta abundante oferta de sorgos diferentes permite un uso variado, según sea para su aprovechamiento bajo pastoreo directo, para silajes, para consumo del grano, para la fabricación de balanceados o como insumo para la elaboración de bioetanol.

En cuanto al maíz para silaje la superficie sembrada aumentó de manera significativa desde mediados de la década del 90, acompañando a la creciente intensificación de los sistemas ganaderos, como consecuencia de sus múltiples ventajas tanto agronómicas como nutricionales. La producción y calidad del forraje por unidad de superficie deben ser maximizadas a fin de reducir el costo por unidad de nutriente y lograr un producto de mejor valor nutricional. Tradicionalmente, en la confección de silajes se utilizaron híbridos de maíz para grano, ya que se partía del concepto, hoy abandonado, de que las dos situaciones,

grano y silaje, tenían las mismas exigencias. A pesar de esto, la oferta de materiales genéticos seleccionados para utilización como ensilaje es escasa.

La utilización de silajes contribuye a aumentar la capacidad de carga promedio (mayor cantidad de animales por hectárea), y reduce la presión sobre las pasturas, permitiendo el descanso y recuperación de las mismas en los períodos de menor producción de materia seca, ya sea por bajas temperaturas o precipitaciones. De esta manera, los silajes ayudan a evitar el sobre-pastoreo y la eventual degradación de las pasturas. Si se realiza correctamente, es un alimento nutritivo y palatable para el ganado durante todo el año a un bajo costo. Reduce la pérdida de nutrientes y permite aprovechar la totalidad de la planta (tallos y hojas) conservando buena parte de sus características nutritivas por períodos largos de tiempo. Sin embargo la calidad nutritiva del silaje disminuye notablemente cuando el forraje ha sido ensilado sin ser compactado suficientemente, quedando oxígeno en su interior, que será utilizado por microbios aerobios para iniciar, en poco tiempo, el proceso de descomposición del mismo. Cuando el forraje ha sido ensilado con mucha humedad empieza a pudrirse rápidamente, adquiriendo malos olores y sabores, que lo hacen poco palatable (Nadir Reyes *et al.*, 2009).

Los silajes de maíz o sorgo normalmente presentan un contenido de proteína bajo y variable (Nadir Reyes *et al.*, 2009), haciendo indispensable la suplementación, de acuerdo a la categoría animal a alimentar. Los sistemas de producción también presentan distintas necesidades, según sean para leche o para carne. Del mismo modo la categoría de hacienda en cada actividad también tiene requerimientos nutricionales específicos y diferentes.

En las distintas estrategias de utilización de los silajes existe una serie de alternativas, desde su uso como suplemento hasta su utilización como único alimento, tanto en las épocas de restricción de oferta forrajera como en engordes a corral y tambos. En los casos en que se utilicen como alimento principal, los silajes permiten la conformación de dietas balanceadas, que cubran gran parte de los requerimientos de animales y sistemas de producción. Para la formulación de dietas es necesario conocer el valor nutritivo del silaje disponible, mediante el análisis de las principales variables que lo definen (Fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), Digestibilidad de la Materia Seca (DMS), proteína bruta (PB), total de nutrientes digestibles (TND). El TND involucra también a la DMS y se estima en base a la contribución proporcional de los componentes orgánicos del alimento (proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra bruta (FB) y extracto libre de nitrógeno (ELN) y la digestibilidad de cada uno, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ TND} = \% \text{ PB. DMS} + \% \text{ FB. DMS} + \% \text{ ELN. DMS} + (\% \text{ EE. DMS}) 2,25$$

Dentro de estas variables, las dos más importantes en la formulación de raciones y balance de dietas, son la digestibilidad y la concentración de proteína bruta. Esta última es de sencilla determinación, y el equipamiento está al alcance de cualquier laboratorio comercial en el que se realicen evaluaciones de valor nutritivo de alimentos para rumiantes. Sin embargo, una gran parte de los laboratorios que proveen servicios de determinación de valor nutritivo, no tiene las instalaciones necesarias para determinación de digestibilidad *in vitro*, y menos aún *in vivo*. Dado que en ambos casos es necesario utilizar animales, y la gran mayoría de los laboratorios comerciales se encuentra ubicada en centros urbanos, es

prácticamente imposible utilizar estos métodos. En estos casos, durante la década de los '80s del siglo pasado, se optó por una modificación de la técnica original de digestibilidad *in vitro*, en la que se utilizaban celulasas fúngicas comerciales en reemplazo de las provistas por inóculo ruminal, ya que para ésta se requiere de animales provistos de cánulas ruminales. Esta modificación ha caído en desuso, fundamentalmente por el alto costo de la enzima y la variabilidad de los resultados, que resultan así, poco confiables.

Una enorme mayoría de estos laboratorios ha optado entonces por la estimación de digestibilidad y de TND a partir de determinaciones más simples como lo son la de fibra en detergente ácido (FDA) mediante el uso de ecuaciones. Estas estimaciones suelen ser relativamente precisas en recursos simples, en los que el forraje es el único componente.

En alimentos más complejos, en los que se producen intensas interacciones entre nutrientes, la utilización de estos métodos indirectos está seriamente cuestionada (Van Soest, 1994). El silaje de maíz o de sorgo es un alimento complejo, que incluye una mezcla de grano y forraje finamente picado, siendo ambos componentes de valor nutricional muy diferente. Mientras que los granos son rápidamente digeridos (Andrae *et al.*, 2001), el material verde es de limitada digestión ruminal (Stritzler *et al.*, 2011). El análisis del valor nutritivo de materiales heterogéneos como los silajes es dificultoso, sobre todo si el método no considera la dinámica ruminal. Di Marco *et al.* (2005) encontraron, trabajando con silajes de maíz, que la degradabilidad obtenida por incubación en el rumen durante 24 horas es un buen estimador de la digestibilidad *in vivo*.

HIPOTESIS.

Los métodos de laboratorio disponibles para estimar la digestibilidad de la materia seca son, adicionalmente, buenos estimadores de la degradabilidad *in situ*.

OBJETIVOS.

Comparar la utilidad de las ecuaciones basadas en la determinación de FDA para estimar DMS o TND como predictoras de la degradabilidad *in situ* a 24 horas, para silajes de planta entera de maíz y sorgo.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con 69 muestras de silajes de sorgo y maíz, provenientes de establecimientos agropecuarios de la provincia de Buenos Aires. Los silajes se confeccionaron bajo distintas condiciones de suelo, clima y manejo, por lo que se obtuvo una amplia dispersión del valor nutritivo de las muestras. Las mismas fueron provistas por el Laboratorio de Nutrición Animal y Forrajes de la Facultad de Ciencias Agrarias, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA).

En dicho Laboratorio recibieron y acondicionaron las muestras, llevándolas a un tamaño de partícula de 1 milímetro en molino de cuchillas tipo Wiley. Las determinaciones de FDA y PB también fueron realizadas en el mismo Laboratorio, utilizando un equipo Ankom Fiber Analyzer para FDA y un equipo Tecator para PB.

Paralelamente, las mismas muestras así procesadas fueron recibidas en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa,

donde se procedió a realizar las determinaciones de desaparición *in situ* de la materia seca. Se trabajó con 3 novillos Hereford provistos de cánula ruminal permanente (Fotos 1 y 2), alimentados con heno de alfalfa *ad libitum*. En cada uno de ellos se colocaron las 69 muestras de silaje, en bolsitas de nylon, con tamaño de poro de 40 micrones, y una cantidad de muestra tal que respetara una relación peso:superficie de 12.5 miligramos por centímetro cuadrado.



Foto 1 Introducción de bolsitas para ser incubadas en el rumen.

Una vez colocadas las muestras en los 3 animales simultáneamente, se utilizó un tiempo de incubación de 24 horas (DIS24), dado que es el tiempo que mejor estima la digestibilidad *in vivo* para estos alimentos (Di Marco *et al.*, 2005), por ser el tiempo de retención ruminal de las partículas de silaje menor a 24 horas (Arieli *et al.*, 1998).



Foto N° 2 Animales experimentales.

Pasadas las 24 horas se retiraron las muestras y se realizó un primer enjuague en el que se retiró el material grueso proveniente de la digesta ruminal. Luego se lavaron las bolsitas en lavarropas, durante 1 hora con flujo continuo de agua.



Foto N° 3 Bolsitas de nylon conteniendo muestras de silajes de sorgo y maíz

El material se llevó a estufa a 65°C hasta peso constante y la determinación de DIS24 se realizó, para cada muestra de silaje, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{DIS24} = [1 - (\text{gr. MS residuo}/\text{gr. MS incubada})] \cdot 100$$



Foto N° 4 Detalle de bolsita de nylon conteniendo muestra.

Por otro lado, se utilizaron tres ecuaciones de predicción de DMS y cuatro de TND, todas a partir de FDA (Rohweder *et al.*, 1978; Abrams, 1988; Menke y Steigass, 1988). Las ecuaciones utilizadas pueden verse en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Ecuaciones de estimación de Digestibilidad de la materia seca (DMS) y Total de Nutrientes Digestibles (TND), a partir de determinaciones de Fibra en Detergente Ácido (FDA) para las muestras de silajes de sorgo y maíz utilizadas en el estudio.

Número de ecuación	Variable estimada	Ecuación
Ecuación 1	DMS	$88,9 - 0,779 * FDA$
Ecuación 2	DMS	$96,2 - 0,940 * FDA$
Ecuación 3	DMS	$87,3 - 0,776 * FDA$
Ecuación 4	TND	$87,84 - 0,70 * FDA$
Ecuación 5	TND	$92,22 - 1,535 * FDA$
Ecuación 6	TND	$85,96 - 0,9339 * FDA$
Ecuación 7	TND	$69,8 - 0,35 * FDA$

Los valores de DMS y TND obtenidos mediante dichas ecuaciones fueron comparados con los valores de DIS24 obtenidos experimentalmente, mediante un test t para muestras apareadas. Se obtuvo la asociación entre las variables, por estimación de regresión y coeficiente de correlación lineales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el Cuadro 2 pueden verse los valores de las variables estudiadas en las muestras de silajes.

El rango de calidad nutritiva, expresado por distintas variables, es muy amplio, considerando que se trabajó sólo con dos especies (sorgo y maíz) y un único método de conservación, el silaje.

La desaparición de la materia seca a 24 horas de incubación en rumen (% DIS24) varió desde 56 % hasta casi 81 %; el porcentaje de FDA, de 18,60 a 36,63 y el de FDN, de 36,29 a 66 % (Cuadro 2). Las variaciones más notables, sin embargo, se encontraron en el porcentaje de proteína bruta (% PB), ya que el valor más bajo fue 4,21 %, mientras que el más alto casi lo triplica (Cuadro 2). Estos valores de PB indican que el consumo voluntario de algunos de los silajes evaluados puede estar limitado si los animales no reciben un suplemento con mayor porcentaje de proteína en la dieta.

El % de materia seca (% MS) tiene, en los silajes, una importancia mayor que en otros alimentos. Si bien el contenido medio de MS de los silajes evaluados en este trabajo fue 34,42 %, valor normalmente recomendado para este tipo de silajes, el rango de MS de las

muestras fue muy amplio, desde 21,53 hasta 54,81 (Cuadro 2). Los silajes con muy bajos % de MS presentan problemas típicos del exceso de agua, incluyendo pérdidas de nutrientes solubles por lixiviación. Por otro lado, aquellos con altos contenidos de MS no permiten una buena compactación, impactando directamente sobre una de las condiciones básicas de la confección de silajes, la anaerobiosis. La falta de buena compactación impide la completa eliminación del aire, por lo que en lugar de una fermentación que reduzca rápidamente el pH y estabilice el silaje, éste tiende a procesos aeróbicos que desembocan en putrefacción del silo.

Cuadro 2: Valores medios, desvíos y rango de las variables medidas (M) y estimadas (E) para las muestras de silajes de sorgo y maíz utilizadas en el estudio. Todos los valores medios, mínimos y máximos, en porcentaje sobre base seca.

Variable	Promedio	Desvío estándar	Mínimo	Máximo
% DIS24 (M)	69,95	5,22	56,05	80,89
% MS (M)	34,42	7,95	21,53	54,81
% FDA (M)	27,64	4,19	18,60	36,63
% FDN (M)	48,63	5,89	36,29	66,00
% PB (M)	7,75	1,63	4,21	11,48
DMS Ecuación 1 (E)	67,37	3,27	60,36	74,41
DMS Ecuación 2 (E)	70,29	3,90	61,77	78,72
DMS Ecuación 3 (E)	65,85	3,26	58,88	72,87
TND Ecuación 4 (E)	68,49	2,94	62,20	74,82
TND Ecuación 5 (E)	49,79	6,44	35,99	63,67
TND Ecuación 6 (E)	60,15	3,92	51,75	68,59
TND Ecuación 7 (E)	60,13	1,47	56,98	63,29

Las ecuaciones de estimación de digestibilidad (ecuaciones 1 a 3) generaron resultados relativamente cercanos entre sí y bastante menos dispersos; los valores medios de DMS variaron menos de 5 puntos porcentuales, cuando se compararon las tres ecuaciones entre sí (Cuadro 2).

Las ecuaciones de estimación de TND (ecuaciones 4 a 7) sí mostraron una dispersión mayor (Cuadro 2). El valor medio de TND obtenido mediante las ecuaciones 4 y 5 difirió en casi 20 puntos. Dado que ambas ecuaciones estimarían, indirectamente, la misma variable, el Total de Nutrientes Digestibles, estas diferencias indicarían una pobre precisión de la estimación de una o ambas ecuaciones. Las ecuaciones 6 y 7 presentan valores medios muy similares, pero provenientes de rangos muy distintos: amplio en la ecuación 6, y muy estrecho en la ecuación 7 (Cuadro 2).

Los Gráficos 1 a 7 muestran la asociación entre las ecuaciones de estimación de DMS (ecuaciones 1 a 3) o de TND (ecuaciones 4 a 7) y la degradabilidad *in situ* a 24 horas, de la materia seca. Todas las correlaciones fueron altamente significativas ($p < 0,0001$); sin embargo, el R^2 fue bajo para todas ellas, indicando que en ningún caso tienen fuerte relación con los procesos de digestión en rumen.

Gráfico 1: Ecuación de regresión lineal entre la Digestibilidad *in vitro* estimada por Ecuación 1 (DMS Ecuación 1) y la degradabilidad en rumen a 24 horas de incubación (Degradabilidad *in situ*), para las muestras de silajes de sorgo y maíz utilizadas en el estudio.

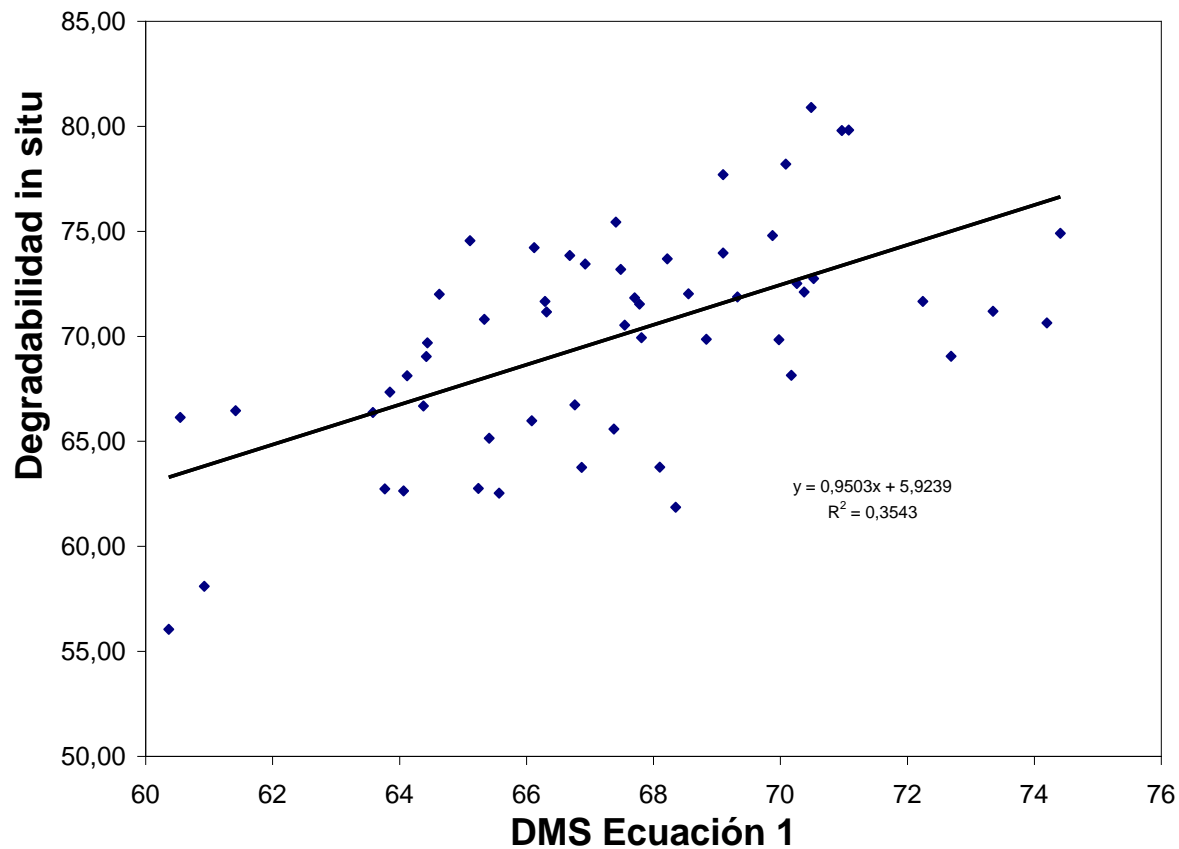


Gráfico 2: Ecuación de regresión lineal entre la Digestibilidad *in vitro* estimada por Ecuación 2 (DMS Ecuación 2) y la degradabilidad en rumen a 24 horas de incubación (Degradabilidad *in situ*), para las muestras de silajes de sorgo y maíz utilizadas en el estudio.

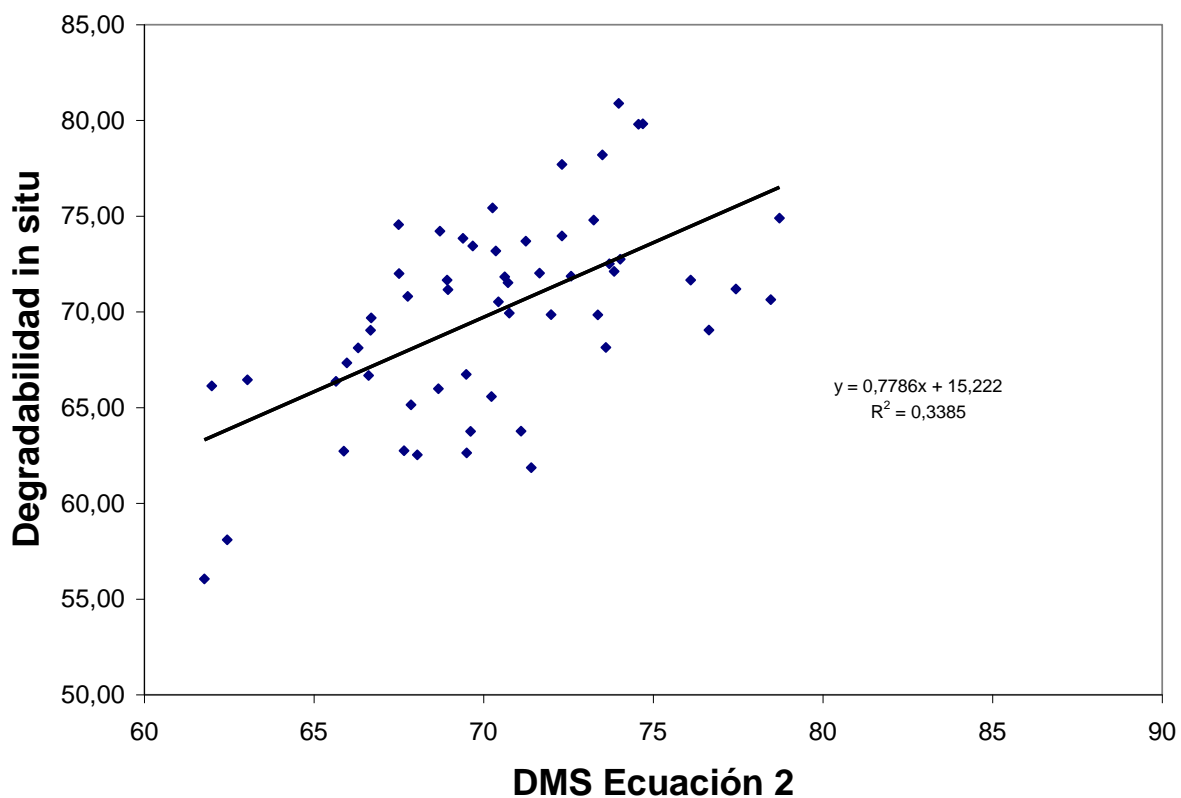


Gráfico 3: Ecuación de regresión lineal entre la Digestibilidad *in vitro* estimada por Ecuación 3 (DMS Ecuación 3) y la degradabilidad en rumen a 24 horas de incubación (Degradabilidad *in situ*), para las muestras de silajes de sorgo y maíz utilizadas en el estudio.

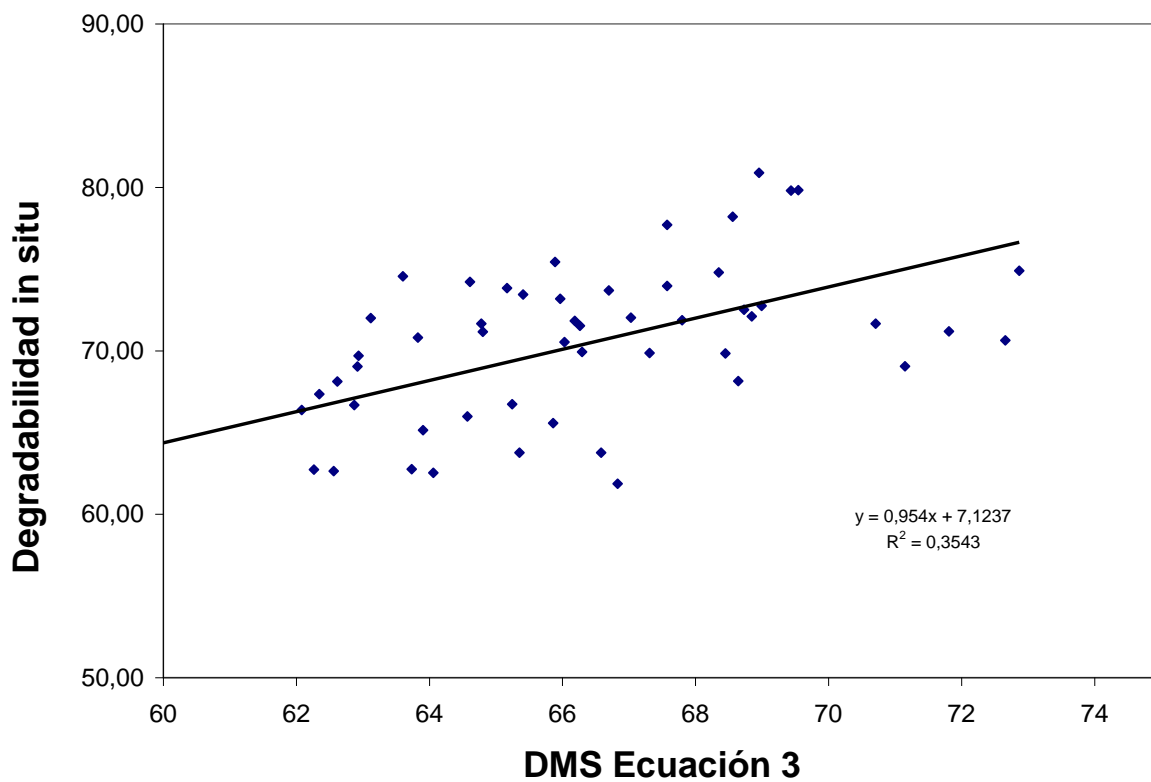


Gráfico 4: Ecuación de regresión lineal entre el Total de Nutrientes Digestibles estimados por Ecuación 4 (TND Ecuación 4) y la degradabilidad en rumen a 24 horas de incubación (Degradabilidad *in situ*), para las muestras de silajes de sorgo y maíz utilizadas en el estudio.

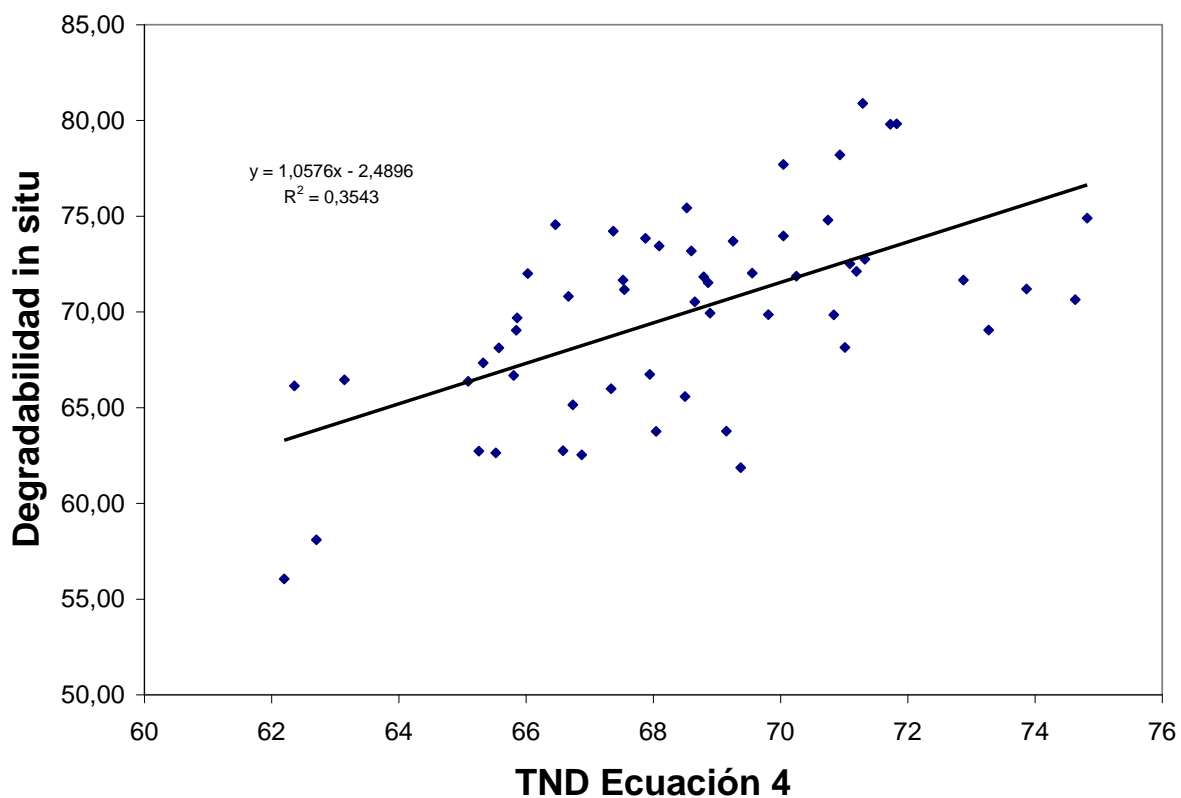


Gráfico 5: Ecuación de regresión lineal entre el Total de Nutrientes Digestibles estimados por Ecuación 5 (TND Ecuación 5) y la degradabilidad en rumen a 24 horas de incubación (Degradabilidad *in situ*), para las muestras de silajes de sorgo y maíz utilizadas en el estudio.

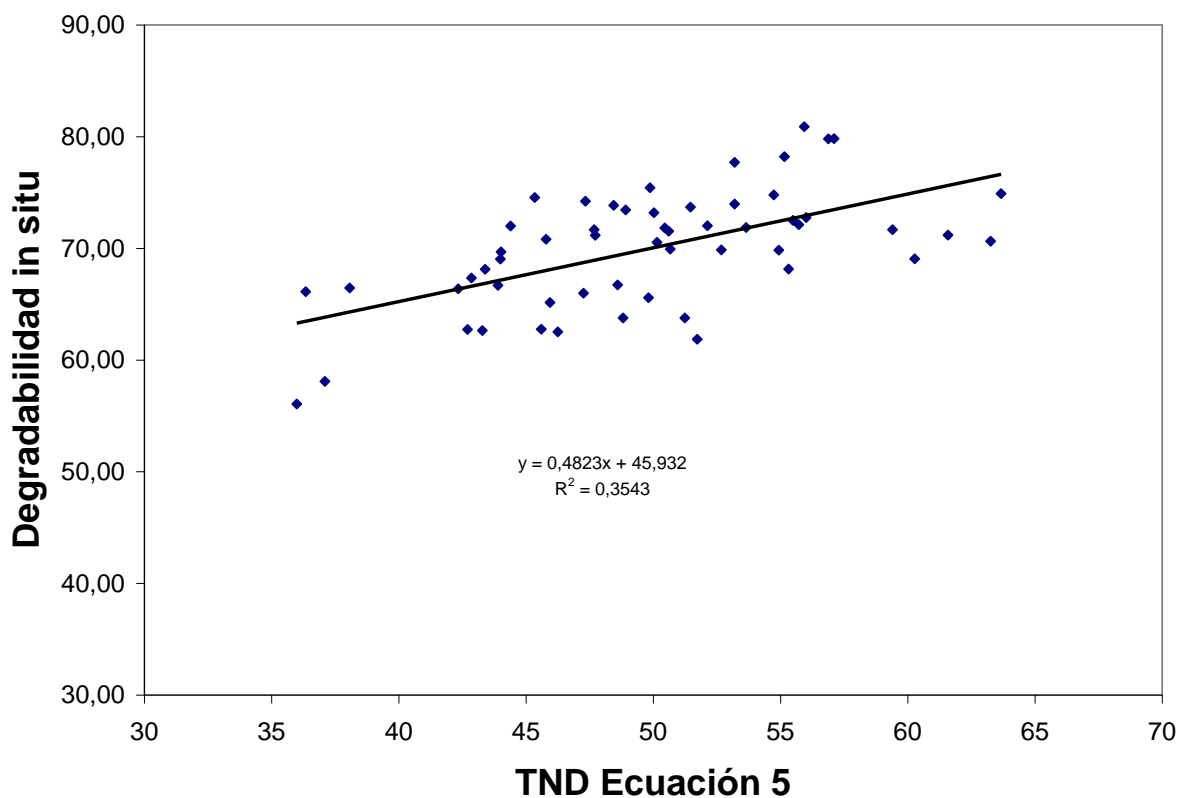


Gráfico 6: Ecuación de regresión lineal entre el Total de Nutrientes Digestibles estimados por Ecuación 6 (TND Ecuación 6) y la degradabilidad en rumen a 24 horas de incubación (Degradabilidad *in situ*), para las muestras de silajes de sorgo y maíz utilizadas en el estudio.

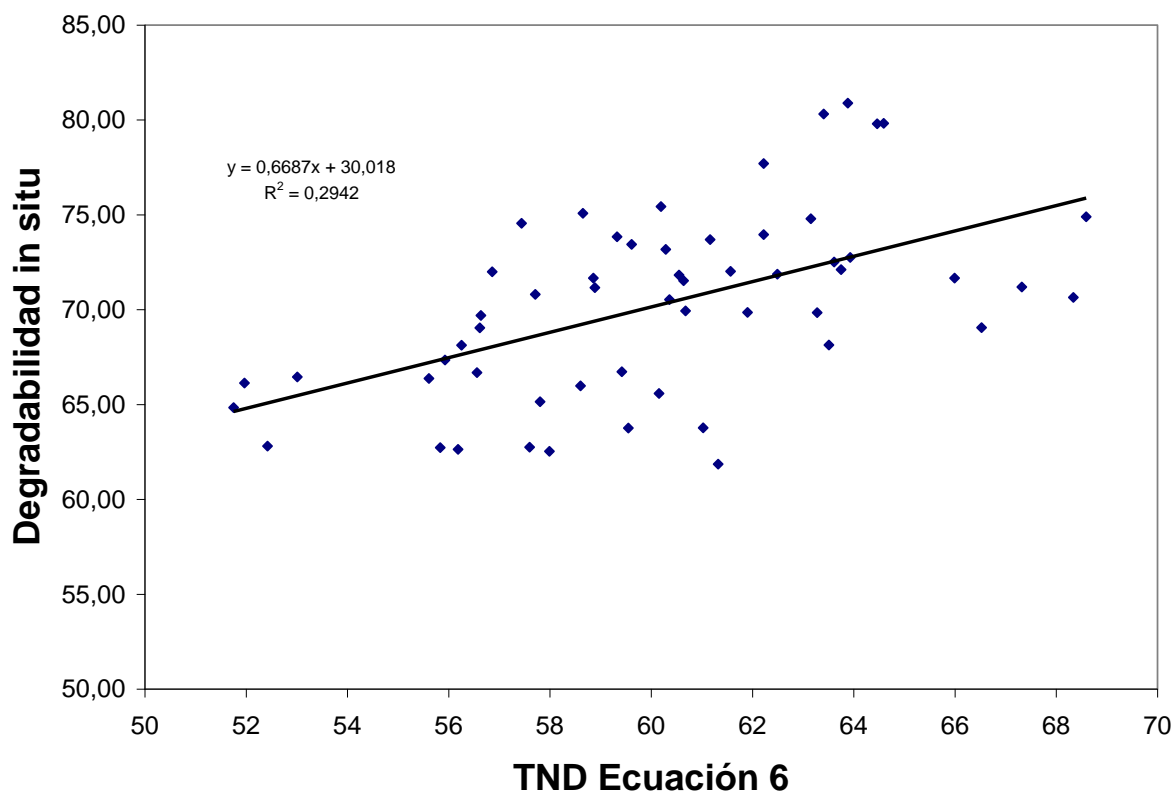
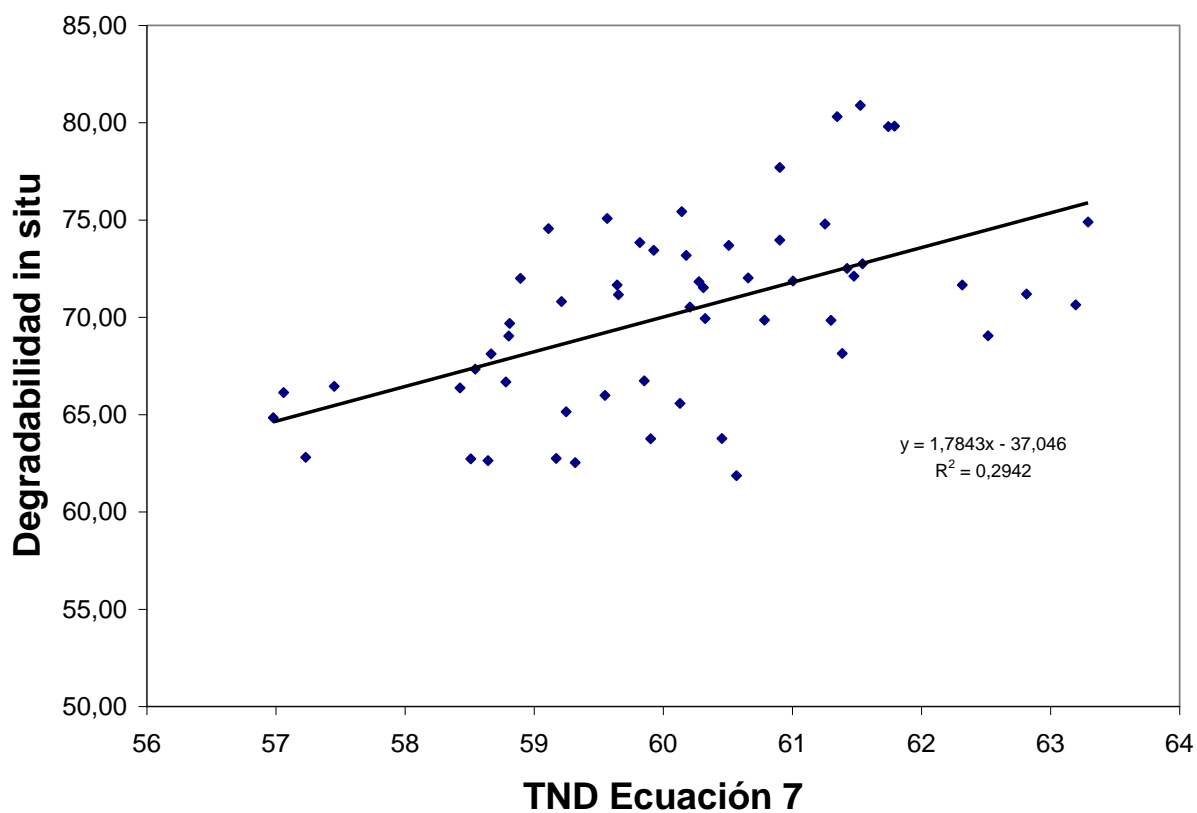


Gráfico 7: Ecuación de regresión lineal entre el Total de Nutrientes Digestibles estimados por Ecuación 7 (TND Ecuación 7) y la degradabilidad en rumen a 24 horas de incubación (Degradabilidad *in situ*), para las muestras de silajes de sorgo y maíz utilizadas en el estudio.



El % MS del silaje podría ser tomado, *a priori*, como una variable relacionada con la calidad nutritiva, y específicamente, con la degradabilidad ruminal. Del análisis de los valores máximos y mínimos de % MS se puede inferir que hay una gran variabilidad en los momentos de corte de las muestras analizadas. Se obtienen, generalmente, silajes de mala calidad en los rangos extremos, ya que los de baja concentración de MS seguramente fueron picados muy temprano, lo que acarrea problemas de lixiviación. En cuanto a los valores máximos, el cultivo estaba “pasado” con la consecuente pérdida de calidad nutricional. Es esperable, entonces, una relación curvilínea, con los valores más altos de DIS24 asociados a los valores medios de MS, y baja DIS24 para los extremos con bajos y altos % de MS. Nada de esto, sin embargo, ocurrió. Al analizar la relación entre ambas variables, la correlación no fue significativa ($p > 0,05$), ni tampoco para la regresión lineal ($p > 0,05$), cuyo R^2 no alcanzó siquiera a 0,05 (Gráfico 8).

El Gráfico 9 muestra la relación entre el % de fibra en detergente ácido y la DIS24. La asociación se asemeja a las encontradas para las ecuaciones de DMS y TND, con una correlación significativa ($p < 0,0001$) pero con bajo coeficiente de correlación.

Algunos autores, como Van Soest (1994), sostienen que la concentración de FDA está más asociada al consumo voluntario, y la concentración de fibra en detergente neutro, a la digestibilidad. Dada la estrecha relación que habitualmente existe en rumiantes entre la digestibilidad y la degradabilidad en rumen de la materia seca (Ferri *et al.*, 1998), sería esperable una asociación ajustada entre el % FDN y la DIS24. Sin embargo, ésta es aún más baja que la encontrada para % FDA (Gráfico 10).

Finalmente, en el Gráfico 11 puede verse la asociación entre dos variables de alta importancia en silajes: el % de proteína bruta y la DIS24. La relación es no significativa ($p > 0,05$) y el R^2 es 0,0022. Esto significa que no hay relación entre ambas variables, por lo que no puede tomarse ninguna de ellas como estimador único de valor nutritivo.

Gráfico 8: Ecuación de regresión lineal entre el contenido de materia seca (% Materia Seca) y la degradabilidad en rumen a 24 horas de incubación (Degradabilidad *in situ*), para las muestras de silajes de sorgo y maíz utilizadas en el estudio.

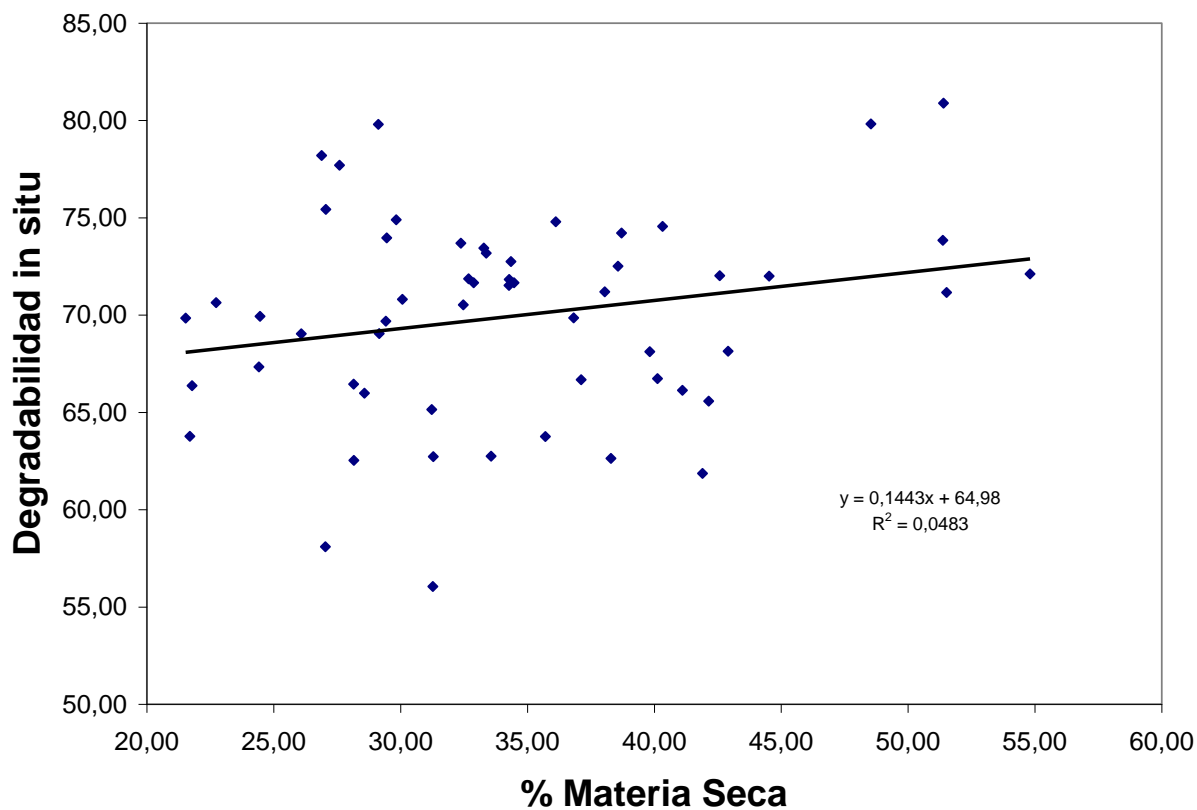


Gráfico 9: Ecuación de regresión lineal entre el contenido de Fibra en Detergente Ácido (% Fibra en Detergente Ácido) y la degradabilidad en rumen a 24 horas de incubación (Degradabilidad *in situ*), para las muestras de silajes de sorgo y maíz utilizadas en el estudio.

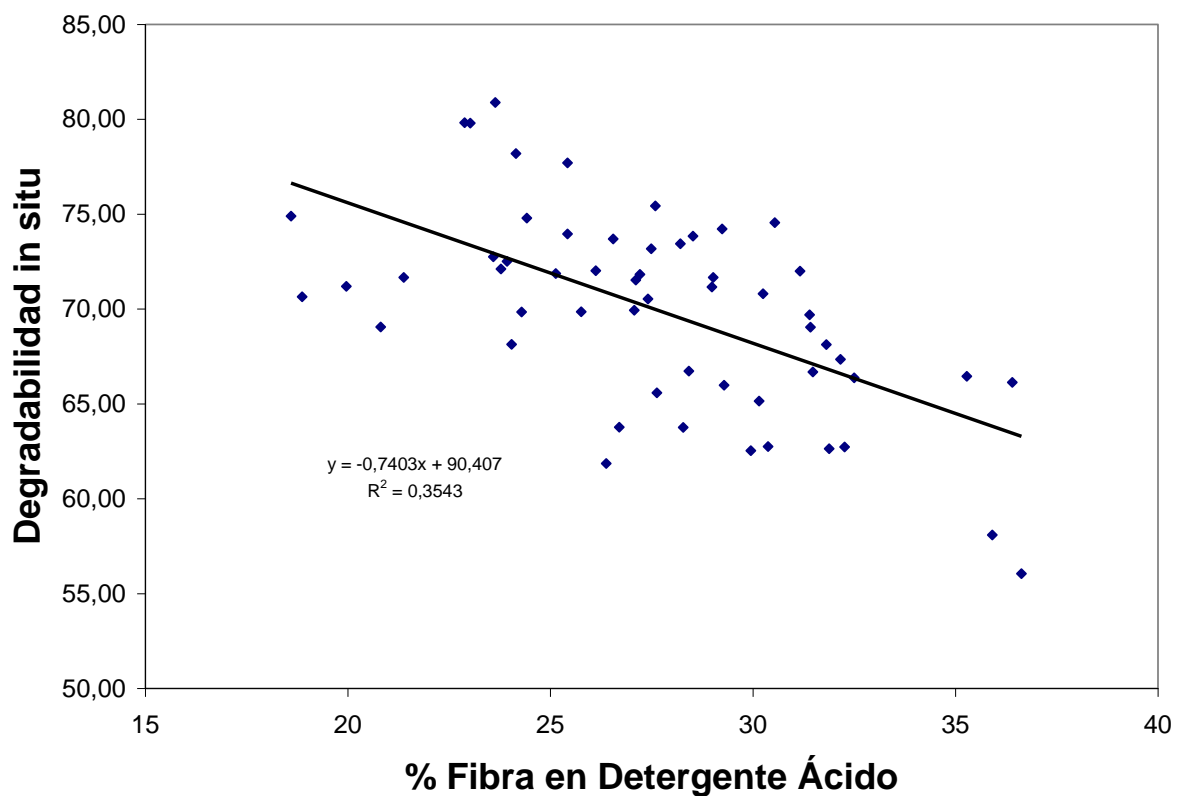


Gráfico 10: Ecuación de regresión lineal entre el contenido de Fibra en Detergente Neutro (% Fibra en Detergente Neutro) y la degradabilidad en rumen a 24 horas de incubación (Degradabilidad *in situ*), para las muestras de silajes de sorgo y maíz utilizadas en el estudio.

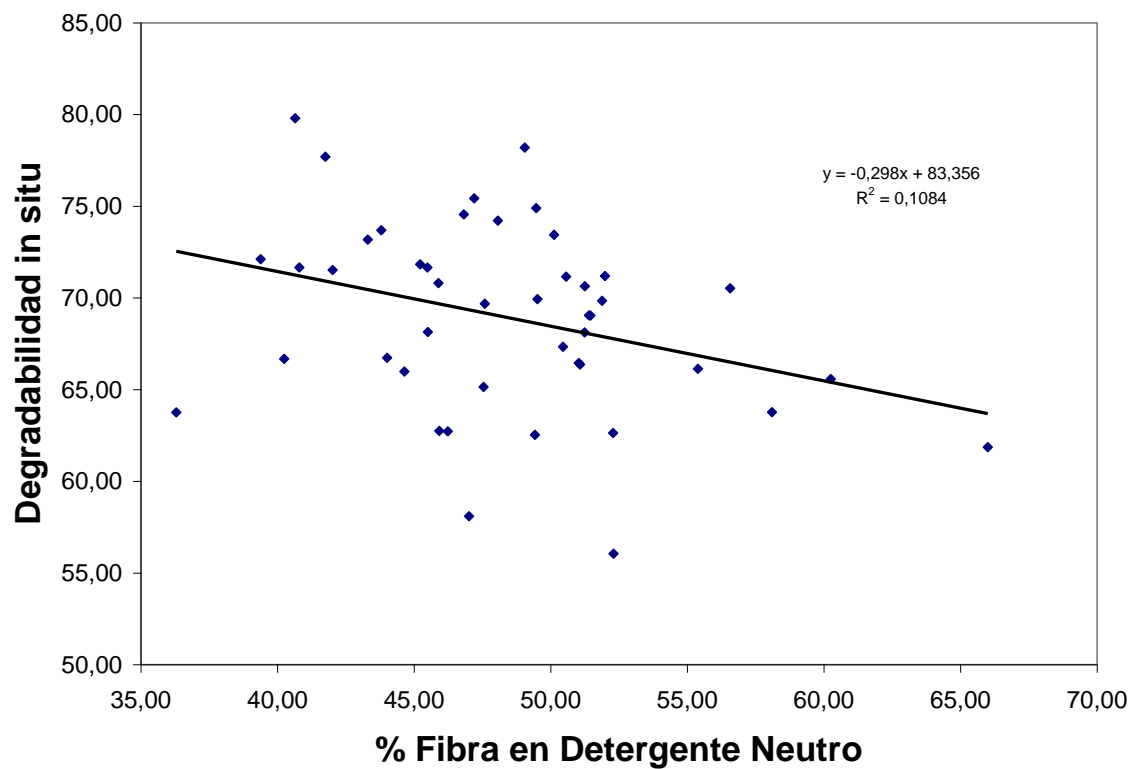
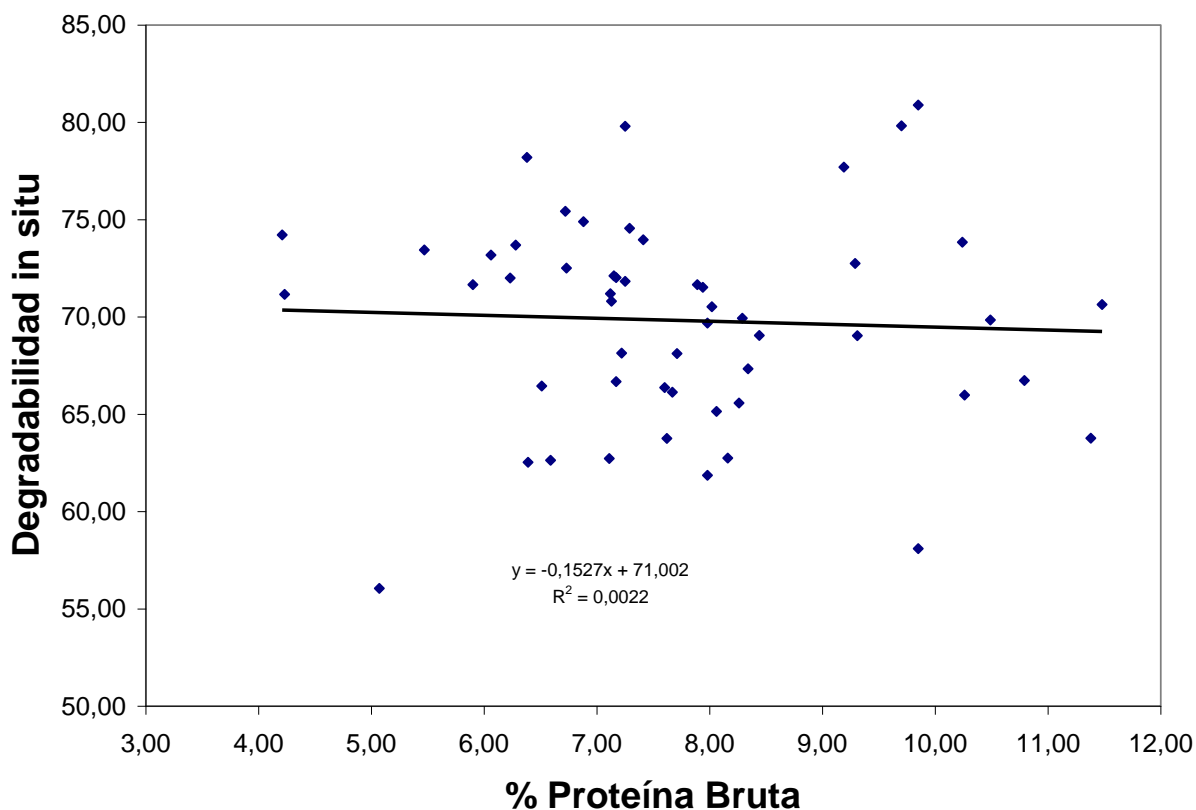


Gráfico 11: Ecuación de regresión lineal entre el contenido de Proteína Bruta (% Proteína Bruta) y la degradabilidad en rumen a 24 horas de incubación (Degradabilidad *in situ*), para las muestras de silajes de sorgo y maíz utilizadas en el estudio.



Una alta proporción de los laboratorios dedicados a la determinación de valor nutritivo en alimentos para rumiantes, basan sus análisis en determinaciones de fibra y proteína bruta. De la primera de ellas, y específicamente a partir de determinaciones de fibra en detergente ácido se derivan las ecuaciones sobre las que se basó el presente estudio; a partir de ellas también se derivan estimaciones de concentración de energía digestible y metabolizable. Sin embargo, este trabajo demuestra que las estimaciones realizadas a partir de FDA tienen

baja relación con la digestión de los silajes de maíz y sorgo tal como son confeccionados en la Región Pampeana.

CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que es cuestionable la utilización de este tipo de ecuaciones para determinar degradabilidad en rumen. Tampoco otras variables de uso frecuente, como el % de MS, o el de PB de los silajes mejoran la precisión de la estimación de la DIS24.

Aún cuando el método es más engorroso y consume mayor cantidad de tiempo, resulta más exacto hacer determinaciones de degradabilidad mediante el uso de incubaciones en animales provistos de cánulas ruminales ya que las medidas indirectas de predicción de esta variable se correlacionan pobremente con ella.

AGRADECIMIENTOS.

Tengo la necesidad de agradecer a quienes hicieron posible la realización de este trabajo y de poder haber llegado a esta instancia tan deseada y de sinuoso camino. Por ello, en primer lugar, quiero nombrar a mi Familia, PILAR indispensable en mi vida, que me dieron absolutamente todo lo que necesité y más aún. A Néstor Stritzler y Celia Rabotnikof, quienes me brindaron desde el primer día en que nos conocimos todo su apoyo y sabiduría, así como las herramientas y soluciones a los traspies en el proceso de realización de la Tesis. A Sergio Lardone, Néstor Balzer Arias y Juan Rodríguez que con su conocimiento del laboratorio me facilitaron el trabajo y lo hicieron muy ameno. Y a todos los que de una manera u otra me apoyaron en este largo camino. SIMPLEMENTE GRACIAS, MUCHAS GRACIAS!!!!

BIBLIOGRAFIA.

Abrams, S.M. 1988. Sources of error in predicting digestible dry matter from the acid-detergent fiber content of forages. *Anim. Feed Sci. Tech.* 21: 205-208

Andrae, J.G., Hunt, C.W. y Pritchard, G.T. 2001. Effect of hybrid, maturity, and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. *J. Anim. Sci.* 79: 2268-2275.

Arieli, A., Mabjeesh, S.J. y Shabi, Z. 1998. *In situ* assessment of degradability of organic matter in the rumen of the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 81: 1985-1990.

Bertoia, L., Frugone, M., Amestoy, O. y Sarton, M. 1993. Ensilaje de maíz. Editorial Morgan, Buenos Aires. 20 pp.

Bragachini, M.; Casini, C.; Saavedra, A.; Méndez, J.; De Carli, R.; Behr, E.; Errasquin, L.; Ustarroz, F.; Urrets Zavalía, G.; Forquera, E.; Alladio, M. 2012. Evolución del Sistema Agropecuario Argentino. Manfredi, Córdoba (AR): Ediciones INTA – PRECOP. Actualización técnica PRECOP N° 73.

Carreño, L. y Viglizzo, E.F. 2007. Provisión de servicios ecológicos y gestión de los ambientes rurales en Argentina. Ediciones INTA, Buenos Aires. 68 pp.

De León, M. 2006. El silaje de sorgo y maíz permite intensificar la producción de carne bovina. *Producir XXI* 24: 44-47.

- Di Marco, O.N., Aello, M.S. y Arias, S. 2005.** Digestibility and ruminal digestion kinetics of corn silage. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 57: 223-228.
- Ferri,C.M.; Jouve,V.V.; Stritzler, N.P. y Petruzzi,H.J. 1998.** Estimation of intake and digestibility of Kleingrass from *in situ* parameters in sheep. *Anim. Sci.* 67: 535-540.
- Menke, K.H. y Steingass, H. 1988.** Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Develop.* 28: 209-221.
- Nadir Reyes, Bryan Mendieta, Tito Fariñas, Martín Mena, Jairo Cardona y Danilo Pezo. 2009.** Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino – 1 ed. –: CATIE, Serie técnica. Manual técnico / CATIE; N° 91. Managua, Nicaragua. 98 pp.
- Rearte, D. 2007.** La producción de carne en Argentina. Editorial INTA, 25 pp.
- Rohweder, D.A.; Barnes, R.F. y Jorgensen, N. 1978.** Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality *J. Anim. Sci.* 47:747-759
- Rossanigo, C.; Arano, A. y Rodríguez Vázquez, G. 2011.** Stock 2011 del ganado bovino. Mapas de existencias e indicadores ganaderos. Información Técnica 180. Ediciones INTA.36 pp.
- Satorre, E.H. 2005.** Cambios Tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Rev. Fac. Agron., UBA.* 15: 33-58.

Stritzler, N.P., Rabotnikof, C.M., Ferri, C.M. y Pagella, J.H. 2011. Los forrajes en la alimentación de rumiantes. En: Producción animal en pastoreo. C.A. Cangiano y M.A. Brizuela (eds). Editorial INTA. Cap. 6, p. 155-180.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA. 476 pp.