

**EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE DIFERENTES HÍBRIDOS DE MAÍZ
CULTIVADOS EN DOS ZONAS DEL SUR DE SANTA FE**

Trabajo Final de Grado
del alumno

JOSÉ DAMIÁN LEÓN

Este trabajo ha sido presentado como requisito
para la obtención del título de

Ingeniero Agrónomo

Carrera

Ingeniería Agronómica



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino, 14 de Agosto de 2020

**EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE DIFERENTES HÍBRIDOS DE MAÍZ
CULTIVADOS EN DOS ZONAS DEL SUR DE SANTA FE**

Trabajo Final de Grado

del alumno

JOSÉ DAMIÁN LEÓN

Aprobada por el Tribunal Evaluador

Virginia Fain Binda
Evaluadora

Ma. Viviana Charrière
Evaluadora

Leandro Fariña
Evaluador

Bernardo F. Iglesias
Director

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino, 14 de Agosto de 2020

AGRADECIMIENTO

Este trabajo representa la culminación de una etapa en mi vida personal, por ello creo que es menester agradecer en primer lugar a la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, por haberme brindado la oportunidad de formarme como profesional.

Mi mayor agradecimiento a mi director de Trabajo Final de Grado, Bernardo, por ponerse siempre a disposición, sin importar día ni horario.

A mi mujer, Inti, quien desde su gran amor y apoyo diario me acompañó desde el primer día en que estamos juntos, alentándome y dándome siempre su confianza para llegar a la meta.

A mis hermanos, Iván y Liza, quienes desde su experiencia y con sus sabias palabras, me acompañaron en cada paso que di desde el primer día.

A mis sobrinos, Manuel, Isabel y Sofía, mis grandes pilares y los mayores tesoros de mi vida.

Agradezco a mis amigos, "los más viejos" y los no tanto, que hicieron que este largo y arduo camino sea un poquito más fácil.

Y finalmente, quiero agradecer y dedicar especialmente este trabajo a mis padres, Roque y Mirta, quienes me inculcaron desde el primer momento los valores y el respeto con el que tengo que transitar mi vida, y haciéndome saber que desde el amor, el esfuerzo y la perseverancia cualquier cosa se puede lograr.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
El Maíz: generalidades y desarrollo del cultivo en Argentina	3
El grano de maíz en la alimentación animal.....	4
Estadísticas avícolas.....	5
La alimentación de las aves y el rol del maíz.....	7
HIPÓTESIS	9
OBJETIVOS	9
General	9
Específicos.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS	10
Híbridos de maíz.....	10
Instalaciones y animales	11
Mediciones.....	11
Análisis proximal o de Weende	11
Análisis NIRS	12
Aminoácidos totales y digestibles.....	12
Energía Metabolizable.....	12
Diseño experimental y análisis estadístico	14
RESULTADOS	16
Análisis proximal o de Weende	16
Energía	20
Aminoácidos totales y digestibles	30
DISCUSIÓN.....	38
Análisis proximal o de Weende	38
Energía	40
Aminoácidos totales y digestibles	42
CONCLUSIONES.....	43
BIBLIOGRAFÍA.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución de la producción nacional de maíz	4
Tabla 2. Detalle de los híbridos de maíz analizados	10
Tabla 3. Análisis proximal en función de los híbridos considerados.....	17
Tabla 4. Análisis proximal en función de las zonas consideradas	18
Tabla 5. Energía de los materiales analizados	21
Tabla 6. Ranking de híbridos de acuerdo a diferencial de EMV (kcal/kg) entre Venado Tuerto y Máximo Paz.	24
Tabla 7. Matriz de correlación/Coeficientes.....	29
Tabla 8. Matriz de correlación/Probabilidades.....	30
Tabla 9. Autovalores para el cálculo de EMV de manera indirecta.	30
Tabla 10. Contenido de aminoácidos totales (%) de los híbridos analizados.....	31
Tabla 11. Contenido de aminoácidos digestibles (%) de los híbridos analizados.....	32
Tabla 12. Contenido de aminoácidos totales (%) para las zonas analizadas.....	33
Tabla 13. Contenido de aminoácidos digestibles (%) para las zonas analizadas.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Participación de Argentina en la producción mundial de carne aviar.	6
Figura 2. Participación de Argentina en exportaciones al resto del mundo.	6
Figura 3. Evolución del consumo per cápita de carne aviar en Argentina.	7
Figura 4. Gallos en jaulas individuales.	11
Figura 5. Calorímetro isoperibólico.....	14
Figura 6. Rendimiento (kg/ha) en Máximo Paz y Venado Tuerto.	18
Figura 7. Contenido de proteína cruda y fibra cruda en función del rendimiento en Máximo Paz.....	19
Figura 8. Contenido de proteína cruda y fibra cruda en función del rendimiento en Venado Tuerto.....	19
Figura 9. Energía metabolizable verdadera de los híbridos en Máximo Paz y Venado Tuerto.....	22
Figura 10. Aprovechamiento de la energía bruta de los híbridos en Máximo Paz y Venado Tuerto.	25
Figura 11. Contenido de energía metabolizable verdadera en función de la energía bruta a nivel general.	26

Figura 12. Energía metabolizable verdadera en función de la energía bruta en Máximo Paz.	26
Figura 13. Energía metabolizable verdadera en función de la energía bruta en Venado Tuerto.	27
Figura 14. Energía metabolizable verdadera en función de la energía metabolizable aparente calculada en base a ecuación de Rostagno <i>et al.</i> (2017).	27
Figura 15. Contenido de energía metabolizable verdadera en función del contenido de energía metabolizable aparente calculada en Máximo Paz.	28
Figura 16. Contenido de energía metabolizable verdadera en función del contenido de energía metabolizable aparente calculada en Venado Tuerto.	28
Figura 17. Contenido de aminoácidos totales en función de la proteína cruda a nivel general.	34
Figura 18. Contenido de aminoácidos digestibles en función de la proteína cruda a nivel general.	34
Figura 19. Contenido de aminoácidos totales en función de la proteína cruda en Máximo Paz.	35
Figura 20. Contenido de aminoácidos digestibles en función de la proteína cruda en Máximo Paz.	36
Figura 21. Contenido de aminoácidos totales en función de la proteína cruda en Venado Tuerto.	37
Figura 22. Contenido de aminoácidos digestibles en función de la proteína cruda en Venado Tuerto.	37

RESUMEN

El grano de maíz constituye el ingrediente principal en las dietas de las aves. El principal aporte nutricional de este cereal es la energía, proporcionada a través del almidón y el aceite. En el mercado actual de semillas, existen innumerables híbridos de maíz capaces de brindar una amplia gama de rendimientos y composición nutricional en función de la zona productiva en que hayan sido sembrados. Por lo que es necesario conocer sus comportamientos según estas zonas de cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar 31 híbridos comerciales de maíz en dos zonas productivas del sur de la provincia de Santa Fe (Máximo Paz y Venado Tuerto) y determinar si existen diferencias nutricionales entre materiales y/o zonas. Para la determinación de la composición química (materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, fibra cruda, aminoácidos totales y digestibles) de los híbridos se empleó el “análisis NIRS” basado en la absorción del espectro del infrarrojo cercano, y para energía metabolizable verdadera (EMV) se siguió la metodología descrita por Sibbald (1976) utilizando gallos. Como resultado, se encontró que entre híbridos no hubo diferencias en cuanto a la composición química, pero sí entre zonas, siendo Venado Tuerto el que presentó mejores valores que Máximo Paz. Por otro lado, a nivel energético no se observaron diferencias entre híbridos para energía bruta (EB), pero sí en EMV y EMV/EB, destacándose los híbridos SPS 2879 TD MAX y ARV 2310 MG RR, respectivamente. En cuanto a zonas de producción se encontraron diferencias en las tres variables mencionadas para energía y Venado Tuerto se impuso frente a Máximo Paz. Finalmente, para aminoácidos totales y digestibles, no se hallaron diferencias significativas para híbridos, pero sí para zonas productivas, donde nuevamente Venado Tuerto presentó mayores valores que Máximo Paz.

Palabras clave: Valoración energética; Proteína cruda, Aminoácidos, Máximo Paz, Venado Tuerto.

Nutritional evaluation of different corn hybrids grown in two zones in the south of Santa Fe province

ABSTRACT

Corn grain is the main ingredient in poultry diets. The main nutritional contribution of this cereal is energy, provided through starch and oil. In the current seed market, there are many corn hybrids capable of providing a wide range of yields and nutritional composition depending on the productive area in which they have been planted. So it is necessary to know their behavior according to these growing areas. The objective of this work was to evaluate 31 commercial corn hybrids in two productive areas in the south of the province of Santa Fe (Máximo Paz and Venado Tuerto) and determine if there are nutritional differences between materials and/or zones. For the determination of the chemical composition (dry matter, crude protein, etheral extract, ash, crude fiber, total and digestible amino acids) of the hybrids, the "NIRS analysis" based on the absorption of the near-infrared spectrum was used; for true metabolizable energy (TME) the Sibbald methodology (1976) using roosters was used. As a result, it was found that among hybrids there were no differences in chemical composition, but there were differences between areas, being Venado Tuerto the one that presented better values than Máximo Paz. On the other hand, at the energy level there were no differences between hybrids for gross energy (GE), but in TME and TME/GE, highlighting the SPS 2879 TD MAX and ARV 2310 MG RR hybrids, respectively. Regarding production areas, differences were found in the three variables mentioned for energy and Venado Tuerto was imposed against Máximo Paz. Finally, for total and digestible amino acids, no significant differences were found for hybrids, but for productive areas, where Venado Tuerto presented higher values than Máximo Paz.

Keyword: Energy valorization, Crude protein, Amino acids, Máximo Paz, Venado Tuerto.

INTRODUCCIÓN

El Maíz: generalidades y desarrollo del cultivo en Argentina

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos destinados a la alimentación más antiguos que se conocen. Perteneció a la familia de las Poáceas (=Gramíneas), tribu *Maydeae*, y es la única especie cultivada del género mencionado. También existen especies que se encuentran en estado salvaje, llamadas vulgarmente Teosinte, y otras del género *Tripsacum* a las que se las denomina “arrocillo” o “maicillo”. Todas ellas son clasificadas como especies del Nuevo Mundo, debido a que su centro de origen se halla en Centroamérica (Paliwal, 2001).

El maíz es una planta alta que se desarrolla anualmente, posee vainas foliares superpuestas y láminas alternadas relativamente anchas. Es una gramínea monoica, lo que significa que posee ambos órganos sexuales en la misma planta pero en distinto sitio. Las inflorescencias femeninas encerradas por “chalas” constituyen las espigas, y las inflorescencias masculinas se componen por grandes panojas terminales formadas por flores estaminadas. El maíz es un cereal que se propaga por semillas, producidas en su gran mayoría por alogamia o fecundación cruzada, y el polen producido por las flores masculinas depende del viento para su transporte (polinización anemófila) (Gear, 2006).

El cultivo de maíz necesita suelos estructurados, profundos y fértiles, que permitan el desarrollo de raíces, y que a su vez eviten los encharcamientos y admitan el almacenamiento de agua para un aprovechamiento óptimo de sus nutrientes (Ortas, 2008).

Los híbridos de maíz cultivados en nuestro país requieren de 110 a 130 días para llegar a la madurez relativa, siendo el ideal para la región Pampeana Central de 115 a 125 días (Gear, 2006).

El período crítico se centra en la floración, y el número de granos por espiga es el factor de mayor incidencia en el rendimiento final del cultivo. Por lo tanto, el rendimiento es altamente dependiente de la disponibilidad hídrica durante la floración a través de su impacto en el número de granos producidos (Paliwal, 2001).

Durante los últimos años a nivel país, la superficie destinada a maíz tuvo un crecimiento sostenido, al igual que el rendimiento por hectárea, a excepción de la campaña 2017/18, donde el déficit hídrico estival que se desarrolló impactó de lleno en la fase reproductiva del cultivo afectando el rendimiento (Tabla 1) (MAGyP, 2019).

Tabla 1. Evolución de la producción nacional de maíz

Campaña	Superficie Sembrada ha	Producción t	Rendimiento kg/ha
2010/11	4.561.101	23.799.830	6.350
2011/12	5.000.330	21.196.637	5.735
2012/13	6.133.378	32.119.211	6.604
2013/14	6.098.885	33.087.165	6.841
2014/15	6.034.480	33.817.449	7.309
2015/16	6.904.538	39.792.854	7.443
2016/17	8.486.694	49.490.326	7.571
2017/18	9.139.766	43.462.323	6.088
2018/19	9.039.594	56.860.704	7.862

Fuente: MAGyP, 2019.

De acuerdo a la Bolsa de Comercio de Rosario, se espera un incremento de alrededor de 500 mil hectáreas en la superficie destinada al cultivo a nivel país para la campaña 2019/20 (BCR, 2019).

El grano de maíz en la alimentación animal

Las dietas de los animales criados en confinamiento tienen como ingrediente principal el maíz. Existen ciertas características diferenciales que hacen de este grano un cereal apreciado a nivel mundial (de Blas *et al.*, 2010). Entre ellas se destacan:

- Disponibilidad,
- Alto valor energético,
- Palatabilidad,
- Escasa variabilidad en composición química, y
- Bajo contenido de factores antinutricionales.

Los granos de maíz utilizados en la formulación de las dietas de los animales se componen básicamente de tres tejidos: el endospermo, del cual corresponde

aproximadamente el 83-84% del peso del grano, el embrión que equivale al 10-11% y el pericarpio al 5-6% (FAO, 1993).

La característica principal del grano de maíz es ser una excelente fuente energética, es por ello que es un ingrediente fundamental en nutrición animal. La energía tiene dos orígenes: el almidón y el aceite. El almidón tiene alta digestibilidad en aves (90 a 95%) y representa el 90% de la energía del maíz, mientras que el aceite contribuye con el 10% restante (Moraes y Vartorelli, 2006).

Además de aportar energía, provee de proteínas, lípidos, pigmentos, vitaminas y minerales (Moraes y Vartorelli, 2006).

El maíz es un cereal deficitario en proteínas. Aproximadamente el 55% de la fracción proteica del grano está compuesta por zeínas, las cuales tienen un bajo valor biológico caracterizado por el pobre contenido de aminoácidos esenciales, especialmente lisina y triptófano (Paliwal, 2001; de Blas *et al.*, 2010).

Al igual que otros cereales, es un grano muy deficitario en calcio, sodio, microminerales y vitaminas hidrosolubles. Posee un contenido de fósforo aceptable (0,25%), pero la mayor parte se encuentra bajo la forma de fitatos (poco disponibles). Además, es una buena fuente de vitamina A y de xantofilas (de Blas *et al.*, 2010). Este último pigmento es de importancia en las dietas de las aves dado que eleva el nivel de pigmentación en la carne y la piel, y sobre todo en la yema de los huevos, aun cuando esto no acarrea ningún beneficio desde el punto de vista nutricional (Moraes y Vartorelli, 2006).

Estadísticas avícolas

Durante el año 2018 la producción mundial de carne aviar se estimó en 95,5 millones de toneladas (Mair y Beczkowski, 2019). Relevamientos del USDA durante 2018 revelan que nuestro país ocupa el 10° puesto como productor a nivel mundial con 2,11 millones de toneladas (Figura 1) y es también el 10° en exportaciones al resto del mundo con un total de 124 mil toneladas (Figura 2) (USDA, 2019).

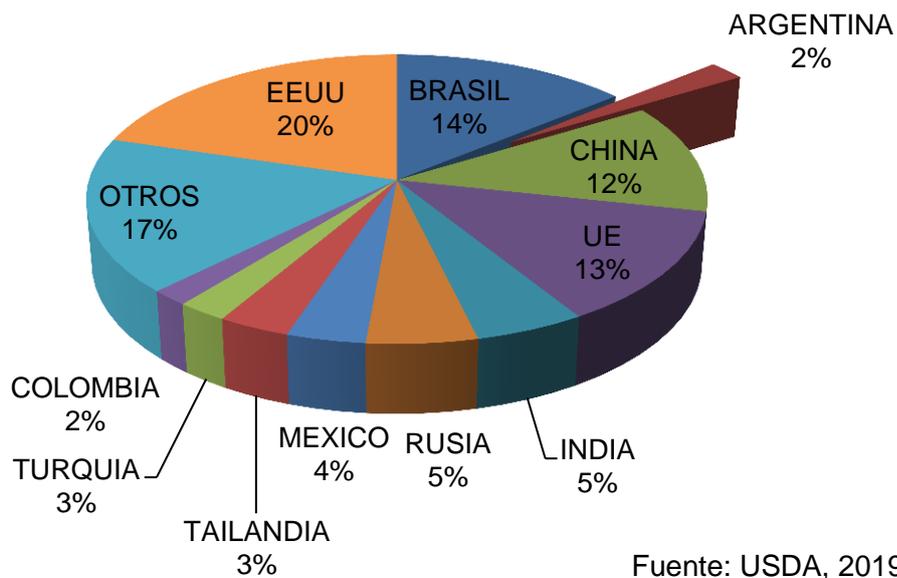


Figura 1. Participación de Argentina en la producción mundial de carne aviar.

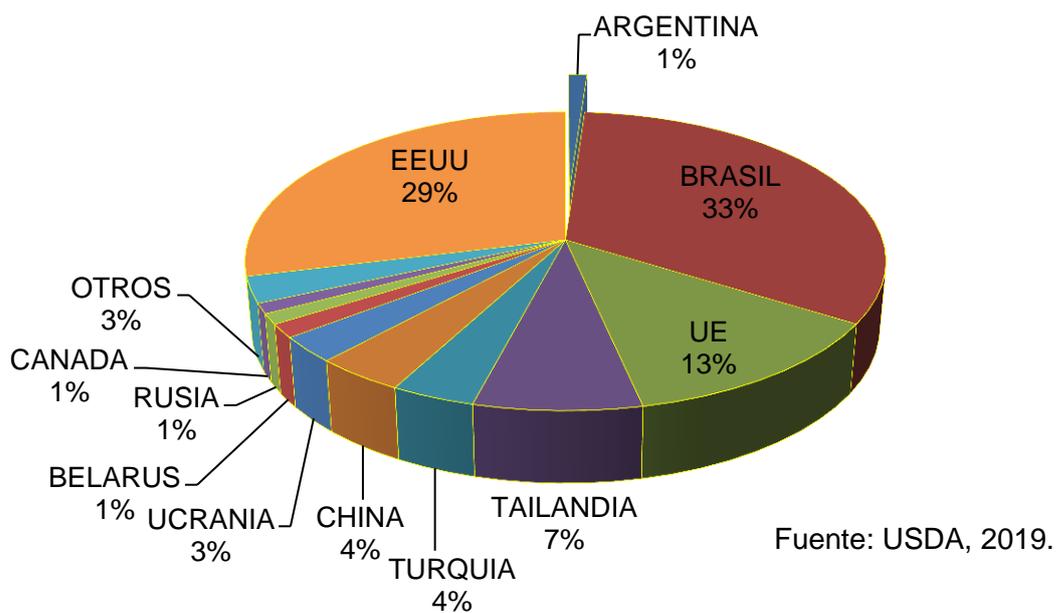


Figura 2. Participación de Argentina en exportaciones al resto del mundo.

El consumo per cápita en la Argentina durante 2018 se situó en 42,9 kg/persona/año (Figura 3) (Mair y Beczkowski, 2019).

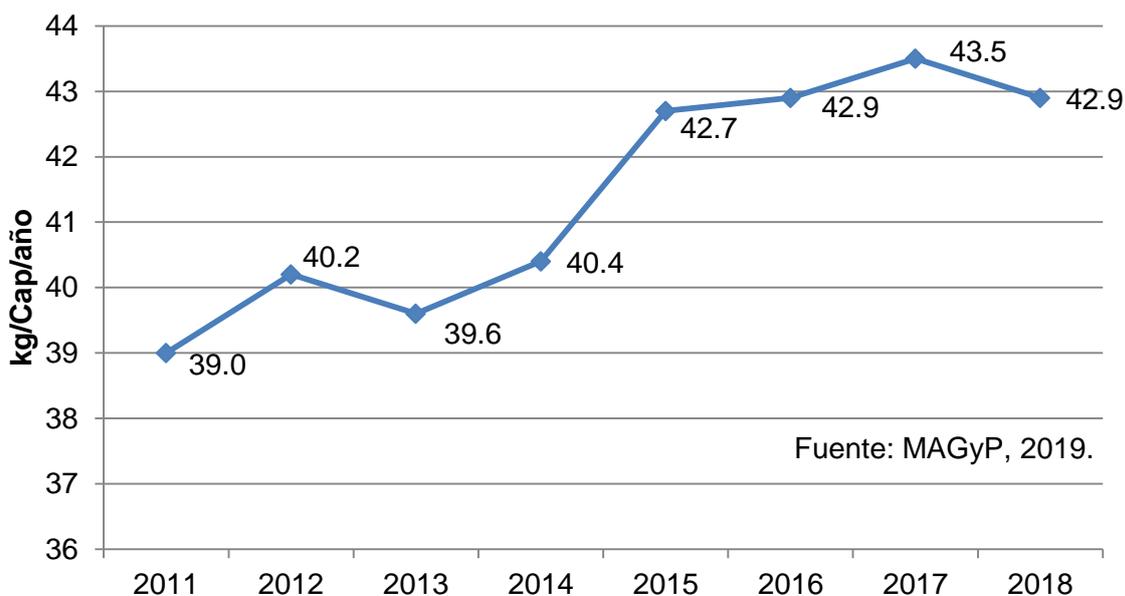


Figura 3. Evolución del consumo per cápita de carne aviar en Argentina.

La alimentación de las aves y el rol del maíz

La alimentación tiene un gran impacto en los costos de producción avícola (actualmente alrededor del 55%) (Nahara, 2018). Uno de los insumos más importantes, si no el más importante, tanto en el engorde de aves como en la producción de huevos es el maíz, que representa alrededor del 60% de la composición del alimento balanceado.

De acuerdo a los manuales (Cobb, 2018) y ensayos realizados en la Sección Avicultura del INTA – EEA Pergamino, para la producción de un kilogramo de carne de pollo faenada son necesarios 1,44 kilos de maíz, y para la producción de un huevo, 68 gramos del mismo.

De este análisis se desprende que la cadena aviar es de suma importancia a la hora de agregar valor al grano de maíz, producto que se exporta en su mayor proporción (entre el 60 y 65%) sin transformación alguna (Crespo, 2012).

Dado que la Argentina es uno de los principales productores y proveedores de maíz a nivel mundial, surge la posibilidad de generar información adicional de este cereal, permitiendo así mejorar los niveles de utilización del maíz y producir

beneficios para su manejo tanto a nivel interno como para el mercado internacional (Iglesias *et al.*, 2015).

HIPÓTESIS

- Los contenidos de nutrientes, energía y aminoácidos esenciales presentes en maíz varían de acuerdo al híbrido considerado y la zona de cultivo.

OBJETIVOS

General

- Determinar el valor nutricional de diferentes híbridos de maíz producidos en dos zonas del sur de la provincia de Santa Fe (Máximo Paz y Venado Tuerto).

Específicos

- Realizar el análisis proximal y de aminoácidos por NIRS de diferentes híbridos de maíz.
- Determinar el contenido de Energía Metabolizable Verdadera en gallos de diferentes híbridos de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Híbridos de maíz

Se analizaron 31 híbridos comerciales de la red de evaluación de maíz del INTA, cultivados en microparcels con condiciones óptimas de fertilidad, suelo y riego. Los mismos se sembraron en dos zonas del sur de Santa Fe (Máximo Paz y Venado Tuerto) (Tabla 2).

Tabla 2. Detalle de los híbridos de maíz analizados

N° de Híbrido	Semillero	Identificación
1	ACA	467 MG RR2
2	ACA	468 MG RR2
3	ACA	470 MG RR2
4	ACA	480
5	ACA	EXP EME3 VT3 PRO
6	Arvales Semillas	ARV 2155 HX
7	Arvales Semillas	ARV 2180 MR GG
8	Arvales Semillas	ARV 2183 MR GG
9	Arvales Semillas	ARV 2194 HX RR
10	Arvales Semillas	ARV 2310 MG RR
11	Don Mario	DM 2738 MG
12	Don Mario	DM 2771 VT TRIPLE PRO
13	Bioceres Semillas	BIOMAIZ 620 MG
14	Bioceres Semillas	EXP 4579 BT
15	Bioceres Semillas	EXP 48479 BT
16	Dow AgroSciences	M 505 HX RR
17	Dow AgroSciences	M 510 HX RR
18	Illinois	IO 887 MGRR
19	KWS	KM 3601 MG RR5
20	KWS	KM 4020 L
21	KWS	KM 4400 L
22	KWS	KM 4500 L
23	La Tijereta	LT 621 MG RR2
24	La Tijereta	LT 626 MG RR2
25	La Tijereta	LT 632 MG RR2
26	Nidera Semillas	AX 887 MG
27	Nidera Semillas	EXP AX 22163 TD MAX
28	Sursem Semillas	SRM 563 MG
29	Sursem Semillas	SRM 566 MG
30	Syngenta	NK 900 VIP 3
31	SPS	SPS 2879 TD MAX

Instalaciones y animales

Se utilizaron 66 gallos de la línea Hy-Line W-36, de 55 semanas de edad; los cuales fueron alojados en jaulas individuales de 25 cm de ancho, 45 cm de alto y 45 cm de profundidad, en las instalaciones de la Sección Avicultura del INTA-EEA Pergamino (Figura 4).



Figura 4. Gallos en jaulas individuales.

Cada muestra de maíz fue analizada con 4 gallos (réplicas), en cuatro series en el tiempo de un gallo cada una. Se empleó un diseño en bloques completos aleatorizados, tomándose como bloque cada una de las series y donde cada gallo se consideró la unidad experimental.

Mediciones

Análisis proximal o de Weende

El análisis proximal o de Weende separa el alimento en 5 fracciones: cenizas, proteína bruta, fibra bruta, extracto etéreo y extractivo libre de nitrógeno (Hess, 1998).

Estas fracciones se pueden determinar por química húmeda tradicional, aunque en los últimos años surgió un concepto de análisis basado en la absorción en la región del espectro del infrarrojo cercano (conocido por su sigla en inglés, NIRS).

Análisis NIRS

La técnica del NIRS se fundamenta en un principio según el cual, al irradiar con un haz de luz monocromática los materiales orgánicos, éstos –en función de la naturaleza de sus enlaces y cargas– absorben una determinada cantidad de energía. Este valor puede expresarse en términos de la reflectancia (log reflectancia estándar / reflectancia de la muestra) a partir de lo cual se logra un espectro característico de cada material que refleja su composición química (Vásquez *et al.*, 2004).

Esta técnica permite caracterizar los alimentos y productos de manera muy rápida, precisa y sin el empleo de consumibles, pero requiere de calibraciones muy específicas para cada nutriente (Garrido *et al.*, 1996).

Para la determinación del análisis proximal por NIRS las muestras fueron molidas y analizadas en Evonik Argentina en un equipo NIRS modelo FOSS 5000 (Dinamarca) con ecuación de calibración pgcorn3_foss.

Aminoácidos totales y digestibles

Los contenidos de aminoácidos totales y digestibles fueron estimados por NIRS en las mismas corridas realizadas para el análisis proximal empleando una curva de calibración cornc7.eqa.

Energía Metabolizable

La energía metabolizable puede ser definida como la diferencia entre la energía bruta (EB) ingerida y la energía perdida a través de las heces y orina, es decir que es la energía que el animal tiene disponible para realizar sus procesos metabólicos (Aello y Di Marco, 2000). Si no se contempla las pérdidas de carácter endógeno, se habla de Energía Metabolizable Aparente (EMA), pero si se la considera, se habla de Energía Metabolizable Verdadera (EMV). Estas pérdidas de origen endógeno, no provienen directamente del alimento ingerido sino que hacen referencia a secreciones digestivas, descamaciones intestinales, bacterias, etc., que están presentes en las heces de los animales (Correa *et al.*, s.f.).

Energía Metabolizable Verdadera

Los valores de EMV y el aprovechamiento de energía bruta (EMV/EB) fueron determinados utilizando gallos, siguiendo la metodología descrita por Sibbald (1976). Las aves se alojaron en jaulas individuales y se ayunaron por 24 h para asegurar el vaciado del tracto gastrointestinal. Pasado este tiempo, a un grupo de aves se les suministró 40 g del material a analizar empleando alimentación de precisión, mientras que otro grupo se lo mantuvo en ayunas para calcular la pérdida de energía de origen endógeno. Las excretas de ambos grupos, que fueron recolectadas durante 48 h, se secaron en estufa Dalvo (Ojalvo S.A. – Santa Fe, SF, Argentina) a 60°C durante 48 – 72 h y se molieron. A continuación se determinó la energía bruta (EB), tanto de los ingredientes como de las excretas, con un calorímetro isoperibólico Parr 1261 (Parr Instrument Company – Moline, IL, USA) (Figura 5) acorde a lo expresado en el método estándar ASTM D2015-85 (ASTM International, 1987) y se calculó el contenido de EMV según la siguiente ecuación:

$$EMV = \frac{EBc - (EBexc - EBend)}{AC}$$

Dónde:

- EMV: energía metabolizable verdadera en kcal/kg;
- EBc: energía bruta consumida en kcal;
- EBexc: energía bruta excretada en kcal;
- EBend: energía bruta endógena en kcal;
- AC: alimento consumido en kilogramos.



Figura 5. Calorímetro isoperibólico.

Energía Metabolizable Aparente

En este trabajo se calculó el contenido de EMA en aves siguiendo la ecuación sugerida por Rostagno *et al.* (2017):

$$EM_{AVES} = 4,31 \text{ PBd} + 9,29 \text{ EEd} + 4,14 \text{ ENNd}$$

Donde:

- EM_{AVES} : energía metabolizable aves, en kcal/kg.
- PBd: proteína digestible aves, g/kg.
- EEd: extracto etéreo digestible aves, g/kg.
- ENNd: extractivo no nitrogenado digestible aves, g/kg.

Diseño experimental y análisis estadístico

Para los datos de materia seca (MS) y EB se empleó un diseño completamente aleatorizado, mientras que para EMV y EMV/EB se utilizó un diseño completamente aleatorizado con diseño factorial (31 híbridos de maíz X 2 zonas), donde cada gallo se consideró la unidad experimental (utilizando 4 réplicas por material). En todos los casos los datos fueron sometidos a análisis de varianza de una vía para análisis proximal y aminoácidos, y de dos vías para energía empleando el software estadístico InfoSTAT[®] (Di Rienzo *et al.*, 2017). En los casos en que hubo diferencias significativas ($p \leq 0,05$), las medias se separaron por la prueba de rangos múltiples de Duncan (Leon Harter, 1960).

Para la determinación de las variables de mayor influencia sobre los contenidos de energía de los híbridos, se utilizó un modelo estadístico de regresión por Step-

wise, consistente en la eliminación secuencial de la variable menos influyente tras cada análisis de regresión. Para ello se utilizó también el software estadístico InfoSTAT® (Di Rienzo *et al.*, 2017).

RESULTADOS

Análisis proximal o de Weende

No fue posible realizar el análisis proximal ponderando la interacción entre híbridos y ambientes, dado que se contó con solo un dato por híbrido y por zona.

Al comparar híbridos (Tabla 3), no se observaron diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas ($p > 0,05$).

Tabla 3. Análisis proximal en función de los híbridos considerados

Híbrido	MS %	PC %	FC %	Ceniza %	EE %
ACA 467 MG RR2	88,07	8,40	2,66	1,14	3,12
ACA 468 MG RR2	88,26	8,21	2,60	1,10	3,15
ACA 470 MG RR2	88,31	8,10	2,56	1,22	3,25
ACA 480	88,09	8,03	2,53	1,12	3,20
ACA EXP EME3 VT3 PRO	88,40	7,98	2,53	1,19	3,23
ARV 2155 HX	88,50	8,28	2,68	1,15	3,18
ARV 2180 MR GG	88,06	8,41	2,65	1,05	3,08
ARV 2183 MR GG	88,11	8,06	2,56	1,12	3,15
ARV 2194 HX RR	88,54	8,20	2,56	1,19	3,23
ARV 2310 MG RR	88,45	8,50	2,62	1,10	3,10
DM 2738 MG	88,30	7,80	2,53	1,15	3,23
DM 2771 VT TRIPLE PRO	87,81	7,78	2,54	1,18	3,24
BIOMAIZ 620 MG	88,17	8,16	2,57	1,12	3,16
EXP 4579 BT	88,35	8,14	2,62	1,25	3,26
EXP 48479 BT	89,13	8,51	2,61	1,25	3,28
M 505 HX RR	88,63	7,86	2,49	1,13	3,10
M 510 HX RR	88,40	7,84	2,53	1,17	3,15
IO 887 MGRR	88,99	8,03	2,54	1,23	3,22
KM 3601 MG RR5	88,95	7,96	2,51	1,22	3,14
KM 4020 L	88,23	7,60	2,49	1,15	3,16
KM 4400 L	88,28	7,61	2,47	1,18	3,19
KM 4500 L	88,55	8,05	2,53	1,12	3,15
LT 621 MG RR2	89,25	8,81	2,69	1,17	3,14
LT 626 MG RR2	89,24	8,41	2,61	1,25	3,23
LT 632 MG RR2	89,12	8,14	2,60	1,19	3,23
AX 887 MG	89,18	7,88	2,49	1,17	3,24
EXP AX 22163 TD MAX	88,86	8,09	2,54	1,08	3,12
SRM 563 MG	88,86	8,03	2,56	1,16	3,15
SRM 566 MG	89,01	8,37	2,65	1,20	3,17
NK 900 VIP 3	89,39	8,21	2,61	1,23	3,29
SPS 2879 TD MAX	89,43	8,68	2,63	1,27	3,31
<i>Probabilidad</i>	<i>0,99</i>	<i>0,99</i>	<i>0,99</i>	<i>0,83</i>	<i>0,10</i>
<i>CV%</i>	<i>1,32</i>	<i>11,11</i>	<i>5,07</i>	<i>7,82</i>	<i>2,17</i>

MS: Materia Seca; PC: Proteína Cruda; FC: Fibra cruda; EE: Extracto Etéreo.

Medias en una misma columna con diferente letra difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$).

Datos estandarizados al 88% de Materia Seca, excepto para materia seca.

El análisis proximal de las dos zonas analizadas (Tabla 4) exhibe diferencias en cuanto a los valores de materia seca, proteína cruda, fibra cruda y cenizas, siempre observándose valores superiores en Venado Tuerto respecto a Máximo Paz ($p \leq 0,05$). En tanto que no se observaron diferencias significativas para los valores de extracto etéreo.

Tabla 4. Análisis proximal en función de las zonas consideradas

Zonas	MS %	PC %	FC %	Ceniza %	EE %
Máximo Paz	87,83 ^b	7,52 ^b	2,49 ^b	1,12 ^b	3,21
Venado Tuerto	89,39 ^a	8,74 ^a	2,65 ^a	1,22 ^a	3,17
Probabilidad	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,07
CV%	0,60	4,30	2,87	5,60	2,36

MS: Materia Seca; PC: Proteína Cruda; FC: Fibra cruda; EE: Extracto Etéreo.

Medias en una misma columna con diferente letra difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$).

Datos estandarizados al 88% de Materia Seca, excepto para Materia Seca.

Habiéndose encontrado diferencias significativas sólo al considerar las zonas, se decidió, luego de conocer los rendimientos en cada una de ellas (Figura 6), correlacionarlos con el contenido de proteína y de fibra.

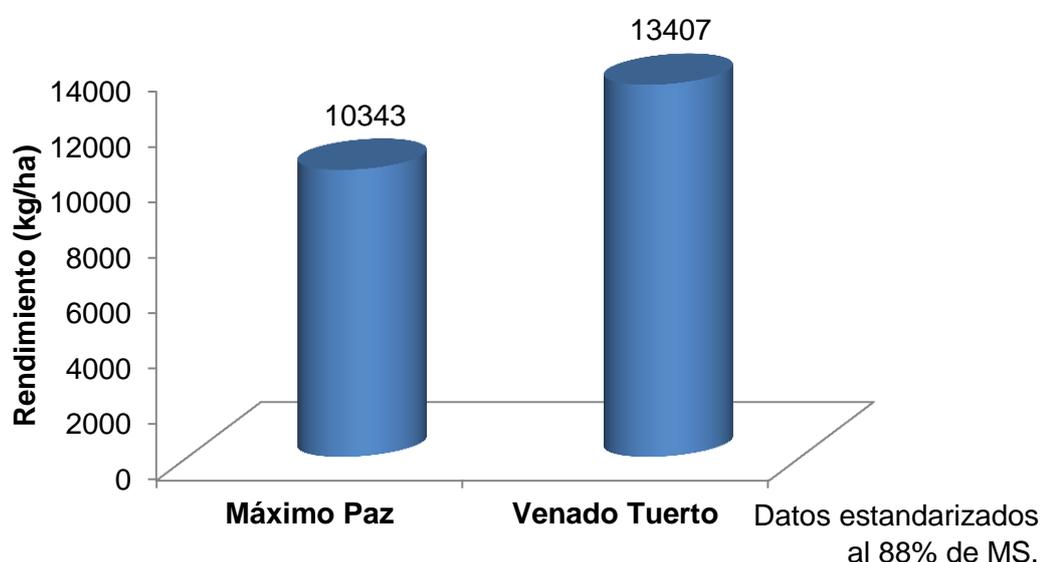


Figura 6. Rendimiento (kg/ha) en Máximo Paz y Venado Tuerto.

En Máximo Paz, se obtuvo un valor de R^2 del 3% para el contenido de proteína cruda y del 1,8% para el de fibra (Figura 7).

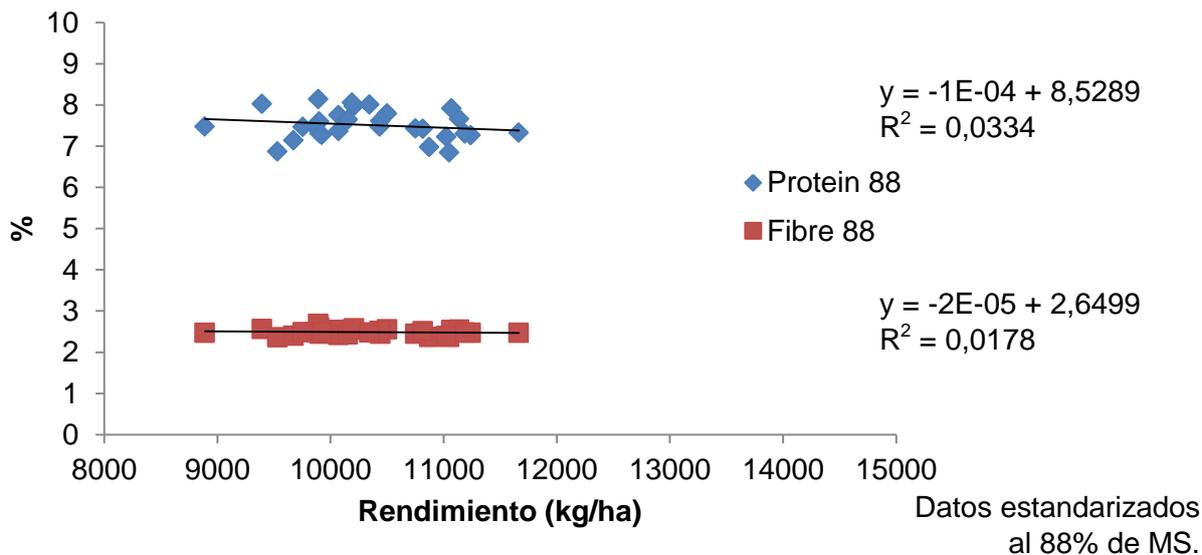


Figura 7. Contenido de proteína cruda y fibra cruda en función del rendimiento en Máximo Paz.

En tanto que en Venado Tuerto, en cambio, el valor de R^2 para proteína cruda fue de 0,6% y el de fibra cruda cercano al 8% (Figura 8).

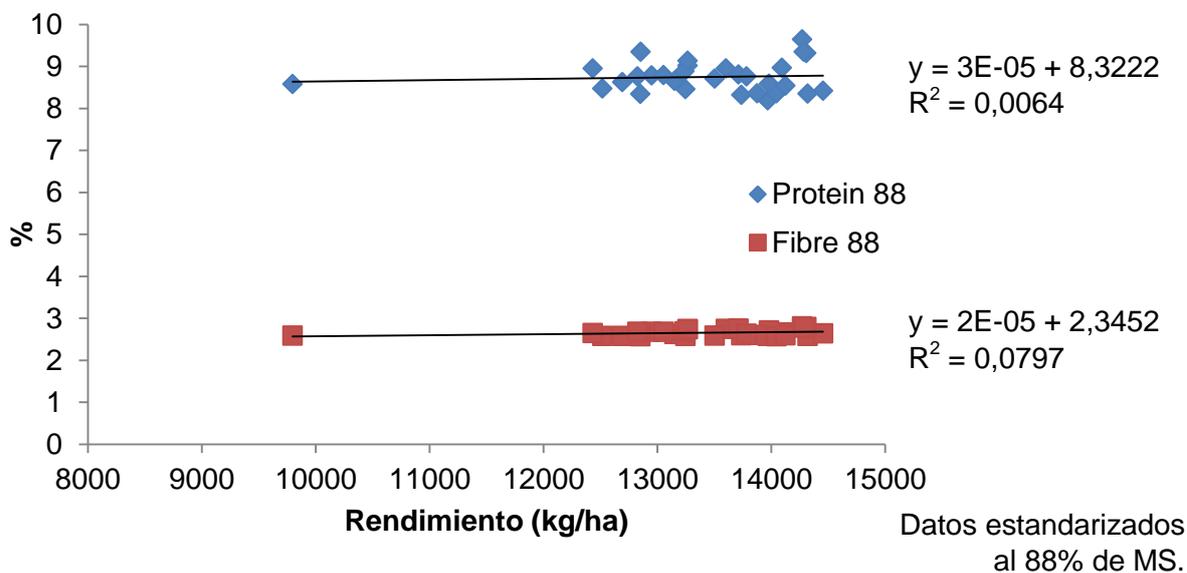


Figura 8. Contenido de proteína cruda y fibra cruda en función del rendimiento en Venado Tuerto.

Energía

Al igual que en el análisis proximal, para EB solo se contó con un dato por híbrido y por zona por lo que no se pudo analizar la interacción, en tanto que para EMV y EMV/EB, no se encontraron interacciones significativas ($p > 0,05$), por lo que solo se muestran los efectos mayores de estos (Tabla 5).

Tabla 5. Energía de los materiales analizados

Híbrido	EB	EMV	EMV/EB
	kcal/kg	kcal/kg	%
ACA 467 MG RR2	3920	3532 ^{cdefghi}	89,4 ^{bcdef}
ACA 468 MG RR2	3909	3527 ^{cdefghi}	90,2 ^{abcdef}
ACA 470 MG RR2	3919	3513 ^{cdefghi}	89,6 ^{abcdef}
ACA 480	3914	3540 ^{bcdefgh}	90,5 ^{abcdef}
ACA EXP EME3 VT3 PRO	3936	3547 ^{abcdefgh}	90,3 ^{abcdef}
ARV 2155 HX	3935	3583 ^{abcd}	91,1 ^{ab}
ARV 2180 MR GG	3904	3523 ^{cdefghi}	90,2 ^{abcdef}
ARV 2183 MR GG	3911	3512 ^{cdefghi}	89,8 ^{abcdef}
ARV 2194 HX RR	3919	3536 ^{cdefgh}	90,2 ^{abcdef}
ARV 2310 MG RR	3915	3560 ^{abcdef}	91,4 ^a
DM 2738 MG	3912	3544 ^{bcdefgh}	90,6 ^{abcdef}
DM 2771 VT TRIPLE PRO	3927	3509 ^{defghi}	89,3 ^{bcdef}
BIOMAIZ 620 MG	3929	3500 ^{efghi}	89,1 ^{cdef}
EXP 4579 BT	3950	3547 ^{abcdefgh}	89,8 ^{abcdef}
EXP 48479 BT	3943	3582 ^{abcd}	90,9 ^{abcde}
M 505 HX RR	3888	3458 ⁱ	89,0 ^{ef}
M 510 HX RR	3929	3502 ^{efghi}	89,1 ^{bcdef}
IO 887 MGRR	3917	3499 ^{efghi}	89,4 ^{bcdef}
KM 3601 MG RR5	3892	3541 ^{bcdefgh}	91,0 ^{abc}
KM 4020 L	3896	3474 ^{hi}	89,2 ^{bcdef}
KM 4400 L	3907	3531 ^{cdefghi}	90,4 ^{abcdef}
KM 4500 L	3914	3482 ^{ghi}	88,9 ^{ef}
LT 621 MG RR2	3956	3514 ^{cdefghi}	88,8 ^f
LT 626 MG RR2	3957	3514 ^{cdefghi}	88,8 ^f
LT 632 MG RR2	3946	3553 ^{abcdefg}	90,1 ^{abcdef}
AX 887 MG	3919	3489 ^{fghi}	89,1 ^{def}
EXP AX 22163 TD MAX	3927	3571 ^{abcde}	91,0 ^{abcd}
SRM 563 MG	3939	3518 ^{cdefghi}	89,3 ^{bcdef}
SRM 566 MG	3968	3610 ^{ab}	91,0 ^{abcd}
NK 900 VIP 3	3974	3588 ^{abc}	90,3 ^{abcdef}
SPS 2879 TD MAX	4025	3620 ^a	89,9 ^{abcdef}
Zona			
Máximo Paz	3907 ^b	3501 ^b	89,6 ^b
Venado Tuerto	3950 ^a	3565 ^a	90,2 ^a
Probabilidades			
Híbrido	0,77	<0,01	<0,01
Zona	<0,01	<0,01	<0,01
Híbrido x Zona	ND	0,08	0,72
CV%	ND	1,76	1,72

EB: Energía Bruta; EMV: Energía Metabolizable Verdadera; EMV/EB: Aprovechamiento de la EB; ND: No determinado.

Medias en una misma columna con diferente letra difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$).

Datos estandarizados al 88% de Materia Seca.

Si bien no se encontraron diferencias significativas entre híbridos para EB ($p>0,05$; Tabla 5), el híbrido SPS 2879 TD MAX fue el de mayor valor, secundado por los híbridos NK 900 VIP 3 y SRM 566 MG. En tanto que para EMV, sí hubo diferencias significativas ($p<0,05$) y se destacaron los materiales mencionados anteriormente para EB, siendo también el SPS 2879 TD MAX el de mayor valor (Tabla 5 y Figura 9). En cambio, para aprovechamiento de energía, los materiales de mejor comportamiento fueron ARV 2310 MG RR y ARV 2155 HX (Tabla 5).

En el análisis de las zonas estudiadas (Tabla 5 y Figura 9) se encontró, para EB, EMV y EMV/EB, valores superiores en Venado Tuerto respecto a Máximo Paz ($p\leq,05$).

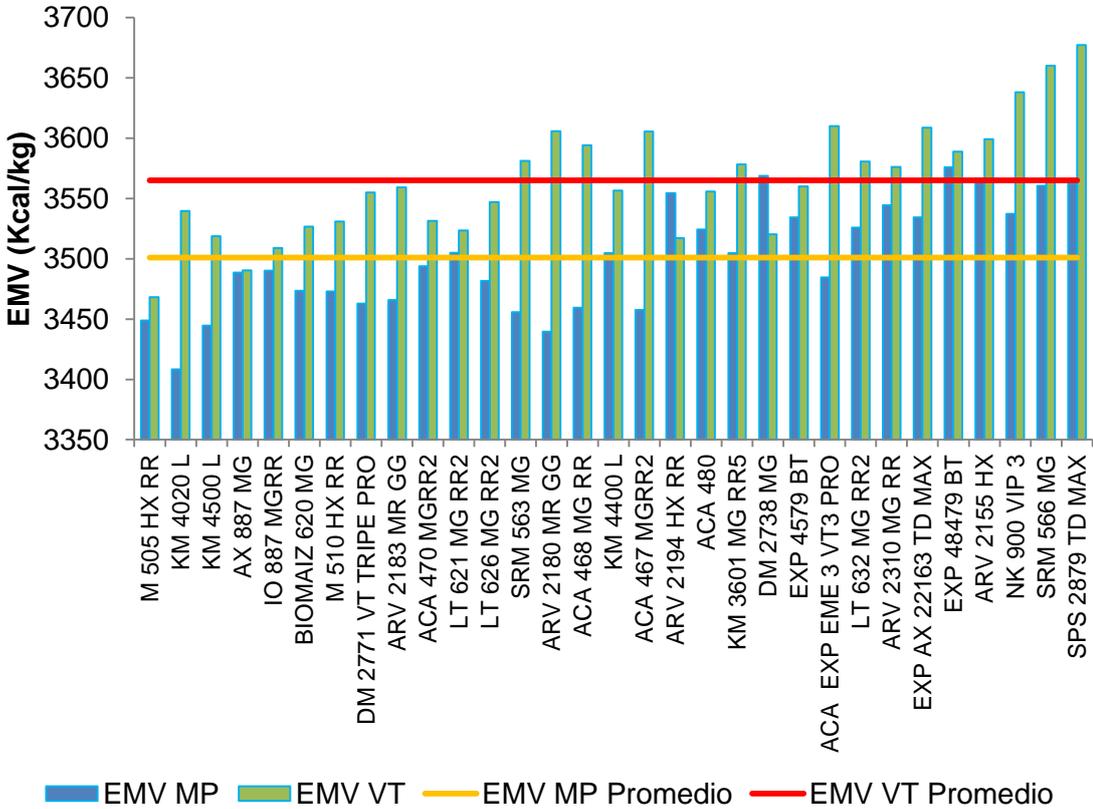


Figura 9. Energía metabolizable verdadera de los híbridos en Máximo Paz y Venado Tuerto.

En barras se indican los datos individuales de cada material y en líneas el promedio de la zona. EMV: Energía Metabolizable Verdadera; MP: Máximo Paz; VT: Venado Tuerto. Datos estandarizados al 88% de Materia Seca.

Realizando un ranking entre el diferencial de EMV de híbridos entre las dos zonas de estudio (Tabla 6), se observó que los materiales ARV 2180 MR GG y ACA

467 MGRR2 lideran éste con 4,6 y 4,1 puntos porcentuales respectivamente, siendo superiores en Venado Tuerto.

Los híbridos con valores más cercanos a 0, es decir los que menos variaron en cuanto a zonas productivas, fueron LT 621 MG RR2, EXP 48479 BT y AX 887 MG.

Este tipo de análisis brinda una pauta sobre la estabilidad de los híbridos en diferentes zonas, siendo estos últimos los más estables desde el punto de vista de EMV (Tabla 6).

Los valores negativos corresponden a los híbridos que rindieron más en Máximo Paz que en Venado Tuerto.

Tabla 6. Ranking de híbridos de acuerdo a diferencial de EMV (kcal/kg) entre Venado Tuerto y Máximo Paz.

Híbrido	Diferencial EMV (kcal/kg)	%
ARV 2180 MR GG	166,3	4,6
ACA 467 MGRR2	147,9	4,1
ACA 468 MG RR	134,7	3,7
KM 4020 L	131,3	3,7
ACA EXP EME 3 VT3 PRO	125,4	3,5
SRM 563 MG	125,3	3,5
SPS 2879 TD MAX	114,5	3,1
NK 900 VIP 3	100,8	2,8
SRM 566 MG	99,7	2,7
ARV 2183 MR GG	93,4	2,6
DM 2771 VT TRIPLE PRO	92,1	2,6
KM 4500 L	74,3	2,1
EXP AX 22163 TD MAX	74,2	2,1
KM 3601 MG RR5	73,6	2,1
LT 626 MG RR2	65,3	1,8
M 510 HX RR	57,8	1,6
LT 632 MG RR2	54,7	1,5
BIOMAIZ 620 MG	53,1	1,5
KM 4400 L	51,9	1,5
ACA 470 MGRR2	37,6	1,1
ARV 2155 HX	33,0	0,9
ARV 2310 MG RR	31,8	0,9
ACA 480	31,5	0,9
EXP 4579 BT	25,8	0,7
M 505 HX RR	19,4	0,6
IO 887 MGRR	19,0	0,5
LT 621 MG RR2	18,6	0,5
EXP 48479 BT	13,1	0,4
AX 887 MG	1,8	0,1
ARV 2194 HX RR	-37,4	-1,1
DM 2738 MG	-48,4	-1,4

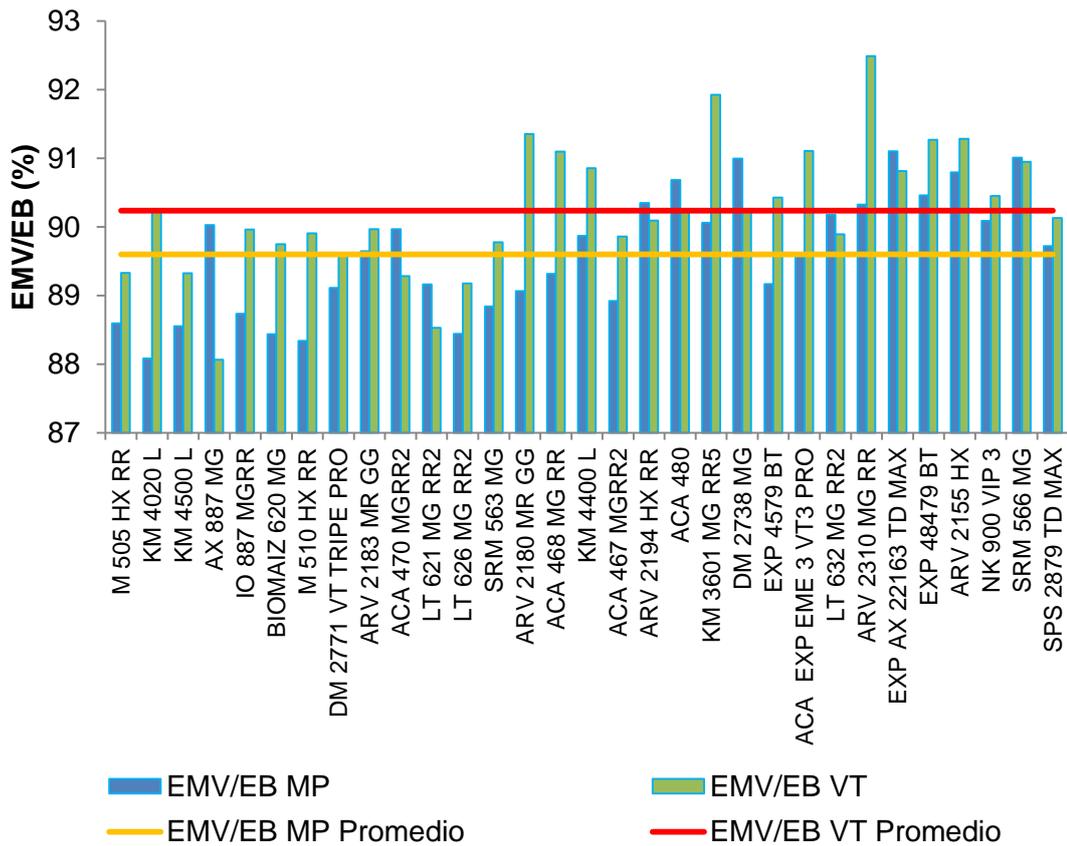


Figura 10. Aprovechamiento de la energía bruta de los híbridos en Máximo Paz y Venado Tuerto.

En barras se indican los datos individuales de cada material y en líneas el promedio de la zona. EMV/EB: Aprovechamiento de la energía bruta; MP: Máximo Paz; VT: Venado Tuerto.

Primeramente, se evaluó la correlación entre los contenidos de EB y EMV a nivel general, obteniéndose un R^2 del 57% (Figura 11).

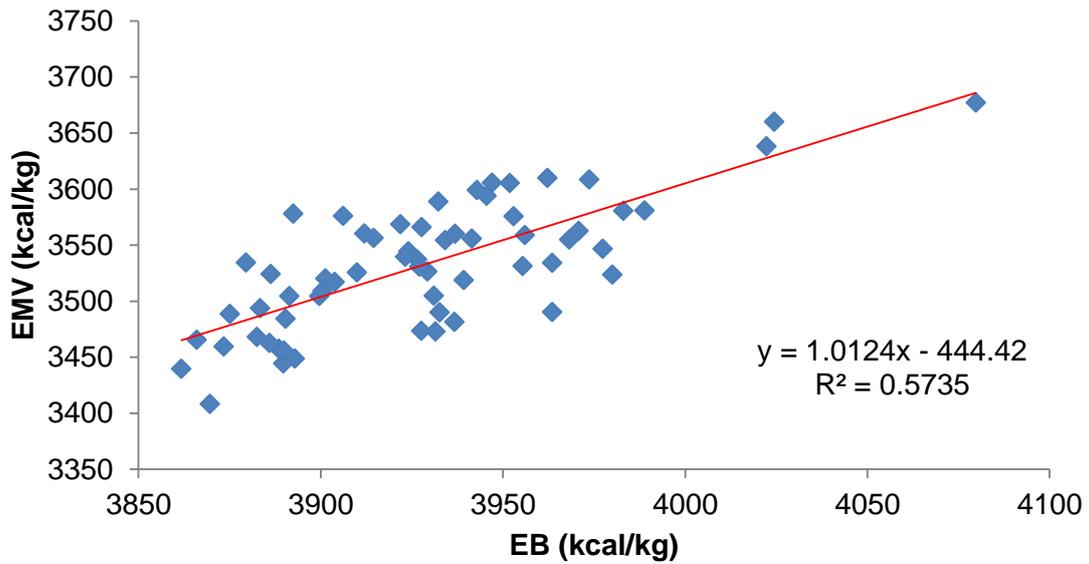


Figura 11. Contenido de energía metabolizable verdadera en función de la energía bruta a nivel general.

Datos estandarizados al 88% de Materia Seca.

Se analizó luego la correlación entre ambas zonas de estudio, obteniéndose un R^2 del 41% en Máximo Paz y del 46% en Venado Tuerto (Figuras 12 y 13).

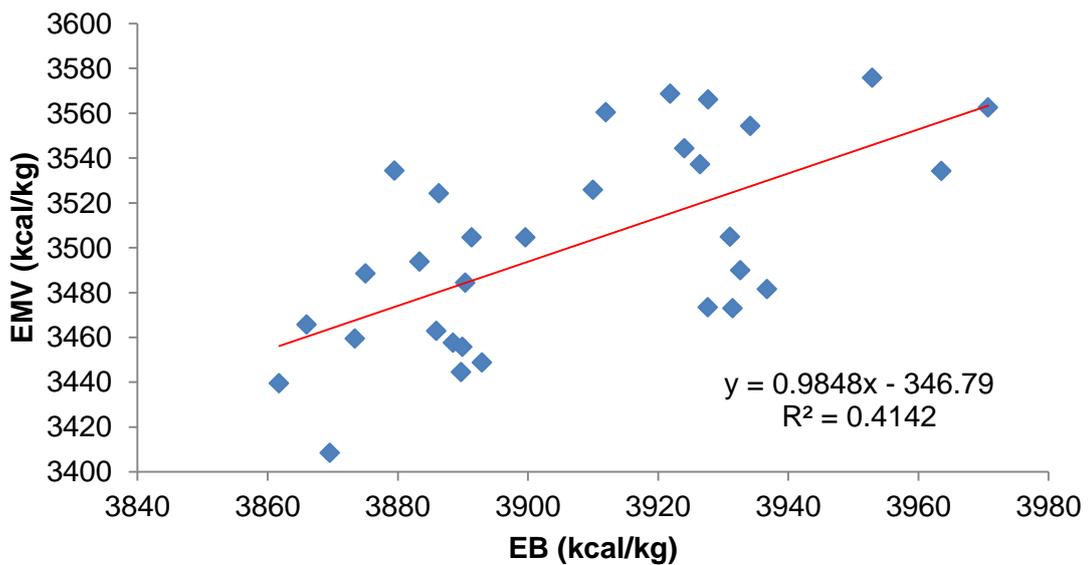


Figura 12. Energía metabolizable verdadera en función de la energía bruta en Máximo Paz.

Datos estandarizados al 88% de Materia Seca.

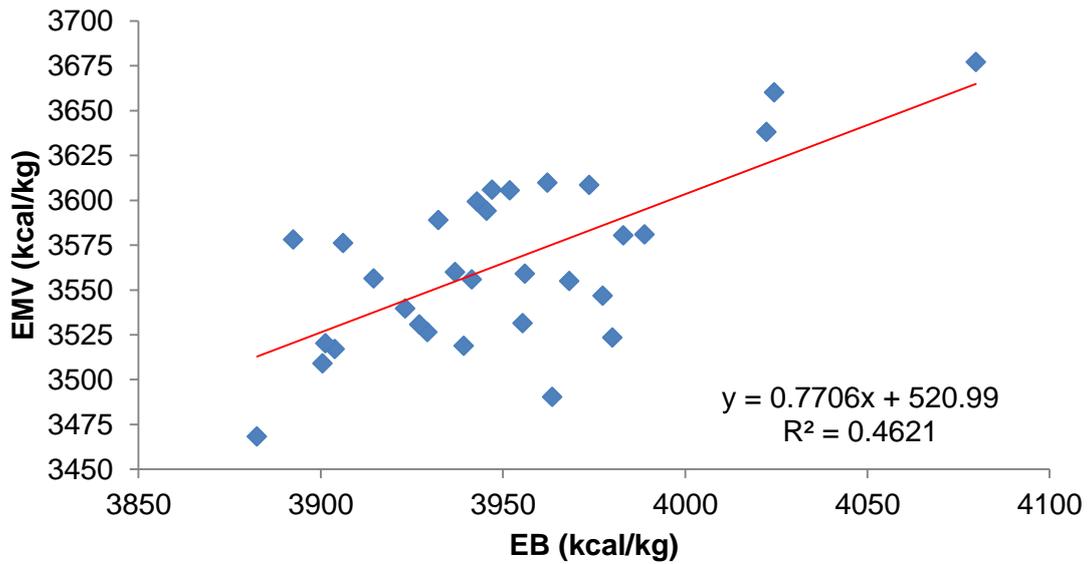


Figura 13. Energía metabolizable verdadera en función de la energía bruta en Venado Tuerto.
 Datos estandarizados al 88% de Materia Seca.

El análisis de correlación entre el contenido de EMV y el contenido de EMA calculada a nivel general determinó un R^2 cercano al 22% y pendiente negativa (Figura 14).

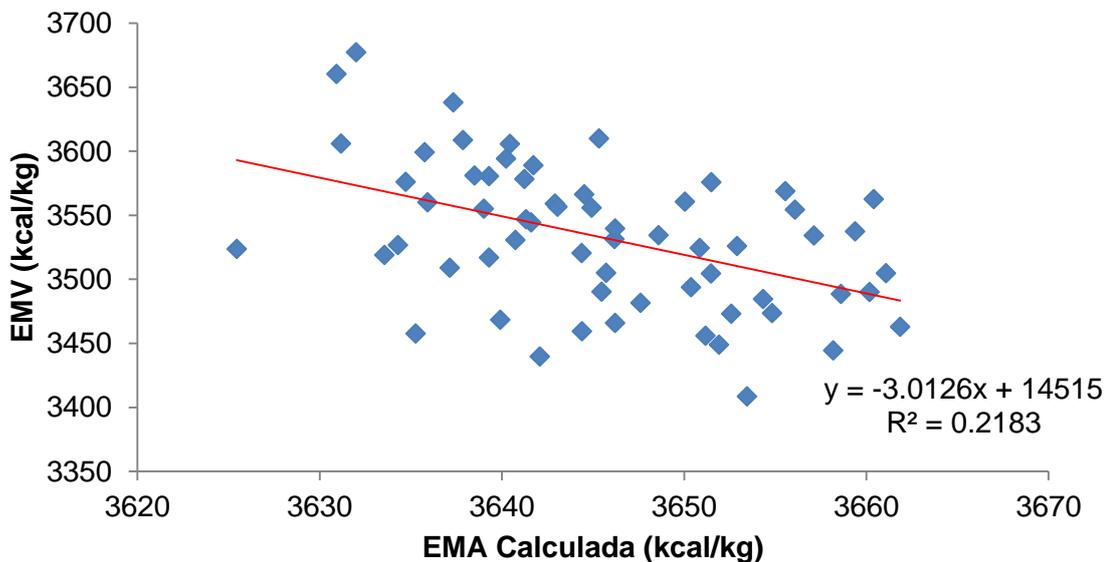


Figura 14. Energía metabolizable verdadera en función de la energía metabolizable aparente calculada en base a ecuación de Rostagno *et al.* (2017).
 Datos estandarizados al 88% de Materia Seca.

El mismo análisis realizado para ambas zonas de estudio estableció valores de R^2 del 1,4% para Máximo Paz y del 8% para Venado Tuerto (Figuras 15 y 16).

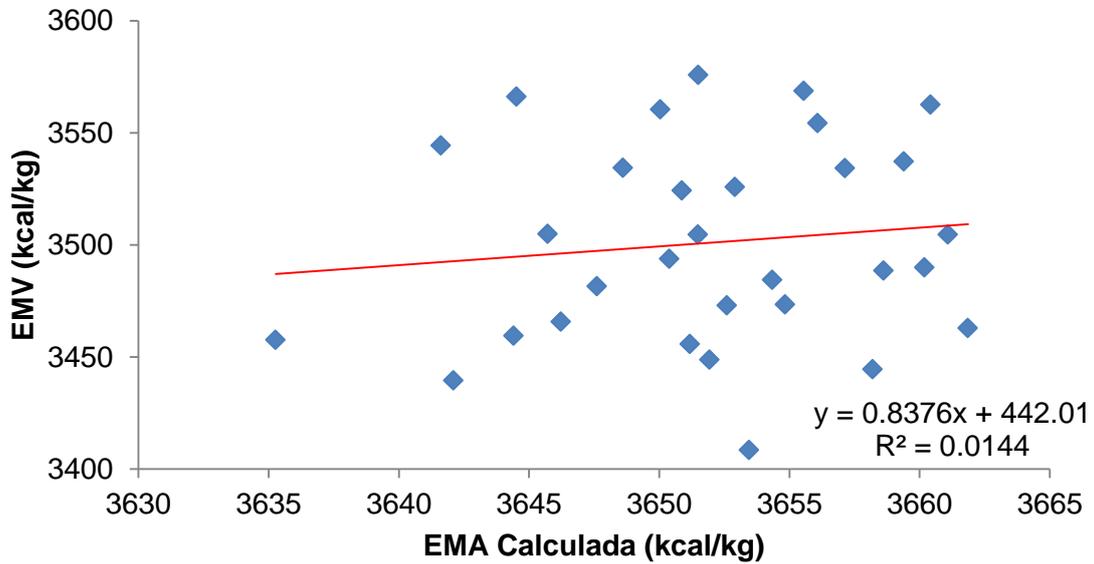


Figura 15. Contenido de energía metabolizable verdadera en función del contenido de energía metabolizable aparente calculada en Máximo Paz. Datos estandarizados al 88% de Materia Seca.

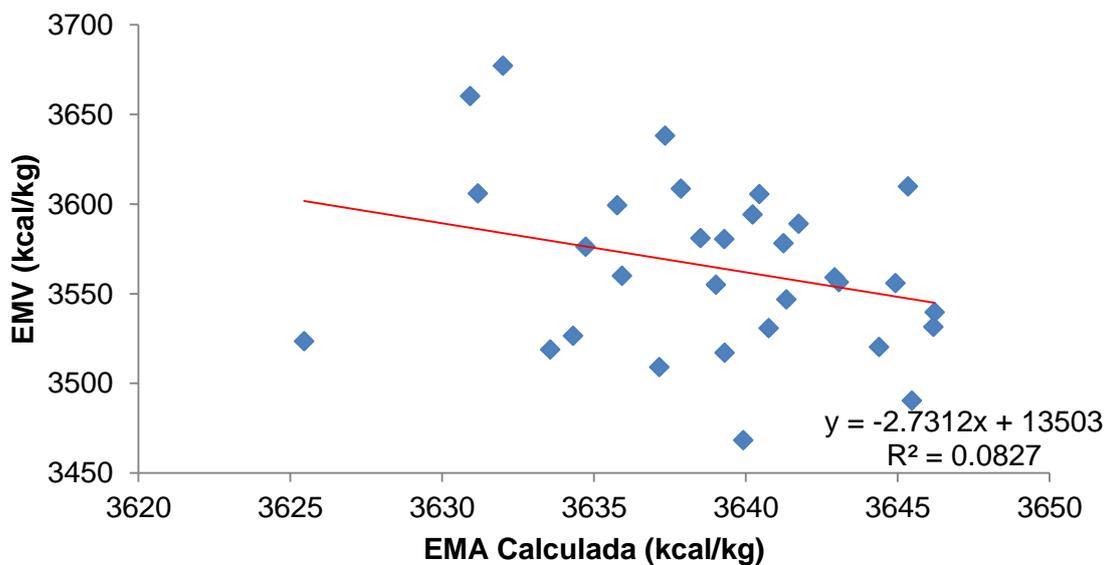


Figura 16. Contenido de energía metabolizable verdadera en función del contenido de energía metabolizable aparente calculada en Venado Tuerto. Datos estandarizados al 88% de Materia Seca.

Luego de haberse realizado estos estudios estadísticos, se procedió a hacer un análisis de regresión con Step-wise (Tabla 7) para determinar qué otras variables podrían incidir en los contenidos de energía de los híbridos y de esta manera poder estimarlos sin llegar a la prueba “*in vivo*”.

El contenido de almidón, proteína y aceite fueron las variables que influyeron positivamente en el contenido de energía (Tabla 9), aunque el aceite no fue estadísticamente significativo ($p>0,05$) (Tabla 8).

El almidón tuvo una correlación del 67% aproximadamente con el contenido de EB, EMV y EMV/EB, mientras que con la proteína el R^2 fue de alrededor del 13% para las mismas variables de clasificación (Tabla 9).

Tabla 7. Matriz de correlación/Coeficientes

	Alm.	Prot.	Acei.	Fibr.	Otro	MS	PSI	Vitr.	PFit.	EMA ¹	Cen.	NDF	ADF	EMA ²	Ren
Alm.	1,00														
Prot.	-0,98	1,00													
Acei.	0,17	-0,24	1,00												
Fibr.	-0,95	0,93	-0,28	1,00											
Otro	-0,97	0,89	-0,16	0,90	1,00										
MS	-0,88	0,85	-0,01	0,70	0,86	1,00									
PSI	-0,54	0,53	0,18	0,43	0,50	0,60	1,00								
Vitr.	-0,90	0,90	0,12	0,84	0,82	0,82	0,49	1,00							
PFit.	-0,90	0,95	-0,30	0,87	0,80	0,78	0,55	0,83	1,00						
EMA¹	0,78	-0,73	0,27	-0,80	-0,79	-0,59	0,09	-0,73	-0,63	1,00					
Cen.	-0,70	0,65	0,38	0,53	0,67	0,76	0,64	0,67	0,59	-0,33	1,00				
NDF	0,83	-0,86	0,29	-0,71	-0,76	-0,83	-0,26	-0,76	-0,79	0,75	-0,48	1,00			
ADF	0,32	-0,40	-0,03	-0,07	-0,23	-0,59	-0,35	-0,33	-0,42	0,05	-0,48	0,59	1,00		
EMA²	0,98	-0,93	0,31	-0,95	-0,98	-0,83	-0,47	-0,81	-0,86	0,81	-0,59	0,80	0,22	1,00	
Ren	-0,79	0,77	-0,25	0,70	0,77	0,74	0,41	0,62	0,70	-0,58	0,55	-0,74	-0,39	-0,78	1,00

Alm.: Almidón; Prot.: Proteína; Acei.: Aceite; Fibr.: Fibra; MS: Materia Seca; PSI: Índice de Solubilidad de Proteína; Vitr.: Vitrosidad; PFit.: Fósforo Fítico; EMA¹: Energía Metabolizable Aparente obtenida por NIRS; Cen.: Cenizas; NDF: Fibra Detergente Neutro; FDA: Fibra Detergente Ácido; EMA²: Energía Metabolizable Aparente obtenida por ecuación de Rostagno *et al.* (2017); Ren: Rendimiento.

Tabla 8. Matriz de correlación/Probabilidades

	Alm.	Prot.	Acei.	Fibr.	Otro	MS	PSI	Vitr.	PFit.	EMA ¹	Cen.	NDF	ADF	EMA ²	Ren
Alm.															
Prot.	<0,01														
Acei.	0,21	0,07													
Fibr.	<0,01	<0,01	0,03												
Otro	<0,01	<0,01	0,23	<0,01											
MS	<0,01	<0,01	0,97	<0,01	<0,01										
PSI	<0,01	0,01	0,17	<0,01	<0,01	<0,01									
Vitr.	<0,01	<0,01	0,37	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01								
PFit.	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01							
EMA¹	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	0,50	<0,01	<0,01						
Cen.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01					
NDF	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	0,01				
ADF	0,01	<0,01	0,81	0,61	0,08	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,71	0,01	<0,01			
EMA²	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,10		
Ren	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	

Alm.: Almidón; Prot.: Proteína; Acei.: Aceite; Fibr.: Fibra; MS: Materia Seca; PSI: Índice de Solubilidad de Proteína; Vitr.: Vitrosidad; PFit.: Fósforo Fítico; EMA¹: Energía Metabolizable Aparente obtenida por NIRS; Cen.: Cenizas; NDF: Fibra Detergente Neutro; FDA: Fibra Detergente Ácido; EMA²: Energía Metabolizable Aparente obtenida por ecuación de Rostagno *et al.* (2017); Ren: Rendimiento.

Tabla 9. Autovalores para el cálculo de EMV de manera indirecta.

Variable	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
Almidón	10,10	0,67	0,67
Proteína	1,93	0,13	0,80
Aceite	1,13	0,08	0,88
Fibra	0,84	0,06	0,94
Otros	0,43	0,03	0,97
MS	0,22	0,01	0,98
PSI	0,19	0,01	0,99
Vitrosidad	0,06	$4,3 \times 10^{-3}$	0,99
P Fítico	0,05	$3,1 \times 10^{-3}$	1,00
EMA NIRS	0,03	$1,8 \times 10^{-3}$	1,00
Cenizas	0,01	$8,5 \times 10^{-4}$	1,00
NDF	$4,7 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^{-4}$	1,00
ADF	$8,7 \times 10^{-5}$	$5,8 \times 10^{-6}$	1,00
EMA (Rostagno)	$4,7 \times 10^{-5}$	$3,1 \times 10^{-6}$	1,00
Rendimiento	$1,9 \times 10^{-9}$	$9,7 \times 10^{-11}$	1,00

P Fítico: Fósforo Fítico; EMA NIRS: Energía Metabolizable Aparente obtenida por NIRS; NDF: Fibra Detergente Neutro; FDA: Fibra Detergente Ácido; EMA (Rostagno): Energía Metabolizable Aparente obtenida por ecuación de Rostagno *et al.* (2017); Ren: Rendimiento.

Aminoácidos totales y digestibles

No fue posible calcular la interacción en términos de aminoácidos totales y digestibles dado que se contó con solo un análisis por híbrido y por zona.

No se hallaron diferencias significativas en términos de aminoácidos totales ni digestibles cuando se compararon los híbridos ($p > 0,05$; Tablas 10 y 11).

Tabla 10. Contenido de aminoácidos totales (%) de los híbridos analizados

Híbrido	M+C %	Lis %	Tre %	Trp %	Arg %	Val %	Iso %	Leu %	His %
ACA 467 MG RR2	0,34	0,25	0,29	0,06	0,38	0,38	0,27	0,94	0,24
ACA 468 MG RR2	0,32	0,24	0,27	0,06	0,37	0,36	0,26	0,90	0,23
ACA 470 MG RR2	0,32	0,24	0,26	0,06	0,36	0,34	0,24	0,83	0,22
ACA 480	0,32	0,23	0,26	0,06	0,34	0,34	0,24	0,83	0,22
ACA EXP EME3 VT3 PRO	0,31	0,23	0,25	0,06	0,34	0,33	0,24	0,79	0,22
ARV 2155 HX	0,34	0,24	0,28	0,06	0,36	0,36	0,26	0,91	0,23
ARV 2180 MR GG	0,34	0,24	0,28	0,06	0,37	0,37	0,27	0,96	0,24
ARV 2183 MR GG	0,31	0,24	0,26	0,06	0,36	0,34	0,24	0,83	0,22
ARV 2194 HX RR	0,31	0,23	0,25	0,05	0,34	0,34	0,24	0,79	0,22
ARV 2310 MG RR	0,34	0,23	0,28	0,06	0,37	0,37	0,27	0,94	0,23
DM 2738 MG	0,31	0,22	0,25	0,06	0,34	0,33	0,23	0,76	0,21
DM 2771 VT TRIPLE PRO	0,30	0,23	0,25	0,05	0,35	0,33	0,22	0,73	0,22
BIOMAIZ 620 MG	0,32	0,23	0,27	0,06	0,36	0,35	0,25	0,87	0,23
EXP 4579 BT	0,32	0,24	0,27	0,06	0,36	0,35	0,25	0,83	0,22
EXP 48479 BT	0,33	0,23	0,27	0,06	0,36	0,36	0,26	0,89	0,23
M 505 HX RR	0,30	0,22	0,25	0,06	0,33	0,32	0,23	0,77	0,21
M 510 HX RR	0,31	0,24	0,25	0,06	0,34	0,33	0,23	0,77	0,21
IO 887 MGRR	0,31	0,23	0,26	0,06	0,34	0,34	0,23	0,76	0,21
KM 3601 MG RR5	0,30	0,23	0,26	0,06	0,33	0,33	0,23	0,77	0,21
KM 4020 L	0,28	0,22	0,23	0,05	0,31	0,30	0,21	0,67	0,19
KM 4400 L	0,29	0,22	0,24	0,05	0,31	0,31	0,21	0,69	0,20
KM 4500 L	0,31	0,23	0,26	0,05	0,35	0,34	0,24	0,83	0,22
LT 621 MG RR2	0,35	0,24	0,30	0,06	0,38	0,39	0,28	1,01	0,25
LT 626 MG RR2	0,33	0,24	0,28	0,06	0,36	0,36	0,26	0,88	0,23
LT 632 MG RR2	0,31	0,23	0,26	0,06	0,34	0,34	0,24	0,81	0,22
AX 887 MG	0,30	0,22	0,24	0,05	0,33	0,32	0,22	0,73	0,21
EXP AX 22163 TD MAX	0,32	0,22	0,26	0,05	0,33	0,34	0,24	0,84	0,22
SRM 563 MG	0,31	0,23	0,25	0,05	0,34	0,33	0,23	0,77	0,21
SRM 566 MG	0,32	0,24	0,27	0,05	0,35	0,35	0,25	0,85	0,23
NK 900 VIP 3	0,32	0,23	0,26	0,05	0,34	0,34	0,24	0,80	0,22
SPS 2879 TD MAX	0,33	0,23	0,27	0,05	0,35	0,36	0,25	0,88	0,24
<i>Probabilidad</i>	<i>0,99</i>	<i>0,70</i>	<i>0,99</i>	<i>0,53</i>	<i>0,93</i>	<i>0,99</i>	<i>0,99</i>	<i>0,99</i>	<i>0,99</i>
<i>CV%</i>	<i>13,90</i>	<i>5,45</i>	<i>14,40</i>	<i>7,31</i>	<i>9,01</i>	<i>15,40</i>	<i>18,80</i>	<i>25,60</i>	<i>13,70</i>

Datos estandarizados al 88% de Materia Seca. M+C: Metionina + Cistina.

Tabla 11. Contenido de aminoácidos digestibles (%) de los híbridos analizados

Híbrido	M+C %	Lis %	Tre %	Trp %	Arg %	Val %	Iso %	Leu %	His %
ACA 467 MG RR2	0,30	0,23	0,24	0,05	0,35	0,35	0,26	0,89	0,23
ACA 468 MG RR2	0,29	0,22	0,23	0,05	0,34	0,33	0,25	0,84	0,21
ACA 470 MG RR2	0,29	0,22	0,23	0,05	0,33	0,32	0,23	0,78	0,21
ACA 480	0,29	0,21	0,23	0,05	0,32	0,31	0,23	0,78	0,21
ACA EXP EME3 VT3 PRO	0,28	0,21	0,22	0,05	0,32	0,31	0,22	0,73	0,20
ARV 2155 HX	0,30	0,22	0,24	0,05	0,34	0,33	0,24	0,85	0,22
ARV 2180 MR GG	0,30	0,22	0,24	0,05	0,34	0,34	0,26	0,90	0,23
ARV 2183 MR GG	0,28	0,22	0,22	0,05	0,33	0,32	0,23	0,78	0,21
ARV 2194 HX RR	0,28	0,21	0,22	0,04	0,32	0,31	0,22	0,75	0,21
ARV 2310 MG RR	0,30	0,22	0,24	0,05	0,34	0,34	0,26	0,89	0,22
DM 2738 MG	0,28	0,20	0,21	0,04	0,31	0,30	0,22	0,72	0,20
DM 2771 VT TRIPLE PRO	0,27	0,22	0,21	0,04	0,32	0,30	0,21	0,69	0,20
BIOMAIZ 620 MG	0,29	0,22	0,23	0,05	0,33	0,32	0,24	0,82	0,22
EXP 4579 BT	0,32	0,23	0,26	0,06	0,36	0,36	0,28	0,95	0,24
EXP 48479 BT	0,30	0,21	0,23	0,05	0,33	0,33	0,25	0,84	0,22
M 505 HX RR	0,27	0,21	0,22	0,05	0,31	0,30	0,22	0,72	0,20
M 510 HX RR	0,28	0,22	0,22	0,05	0,32	0,30	0,22	0,72	0,20
IO 887 MGRR	0,28	0,22	0,22	0,05	0,32	0,31	0,22	0,72	0,20
KM 3601 MG RR5	0,25	0,21	0,22	0,05	0,31	0,30	0,23	0,73	0,20
KM 4020 L	0,26	0,20	0,20	0,04	0,29	0,27	0,20	0,63	0,18
KM 4400 L	0,27	0,20	0,20	0,04	0,29	0,28	0,20	0,65	0,19
KM 4500 L	0,28	0,21	0,22	0,04	0,32	0,31	0,23	0,78	0,21
LT 621 MG RR2	0,32	0,22	0,25	0,05	0,35	0,36	0,27	0,95	0,23
LT 626 MG RR2	0,30	0,22	0,24	0,05	0,34	0,33	0,24	0,83	0,22
LT 632 MG RR2	0,28	0,21	0,22	0,05	0,32	0,31	0,23	0,76	0,21
AX 887 MG	0,27	0,20	0,21	0,04	0,30	0,29	0,21	0,69	0,20
EXP AX 22163 TD MAX	0,28	0,20	0,22	0,04	0,31	0,32	0,23	0,79	0,21
SRM 563 MG	0,28	0,21	0,22	0,04	0,31	0,30	0,22	0,73	0,20
SRM 566 MG	0,29	0,22	0,23	0,04	0,32	0,32	0,24	0,80	0,22
NK 900 VIP 3	0,29	0,21	0,22	0,04	0,32	0,31	0,22	0,75	0,21
SPS 2879 TD MAX	0,30	0,21	0,23	0,04	0,33	0,33	0,24	0,83	0,23
<i>Probabilidad</i>	<i>0,99</i>	<i>0,67</i>	<i>0,99</i>	<i>0,51</i>	<i>0,89</i>	<i>0,99</i>	<i>0,99</i>	<i>0,99</i>	<i>0,99</i>
<i>CV%</i>	<i>13,90</i>	<i>5,47</i>	<i>14,30</i>	<i>7,16</i>	<i>8,88</i>	<i>15,30</i>	<i>18,60</i>	<i>25,30</i>	<i>13,50</i>

Datos estandarizados al 88% de Materia Seca. M+C: Metionina + Cistina.

En cambio, sí hubo diferencias significativas cuando el análisis se realizó para las localidades ($p \leq 0,05$). En Venado Tuerto el porcentaje de todos los aminoácidos, tanto totales como digestibles, fue mayor que en Máximo Paz (Tablas 12 y 13).

Tabla 12. Contenido de aminoácidos totales (%) para las zonas analizadas

Zona	M+C %	Lis %	Tre %	Trp %	Arg %	Val %	Iso %	Leu %	His %
Máximo Paz	0,29 ^b	0,22 ^b	0,24 ^b	0,06 ^b	0,33 ^b	0,31 ^b	0,21 ^b	0,69 ^b	0,20 ^b
Venado Tuerto	0,35 ^a	0,24 ^a	0,29 ^a	0,06 ^a	0,37 ^a	0,38 ^a	0,27 ^a	0,97 ^a	0,24 ^a
Probabilidad	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CV%	6,08	4,38	6,54	6,59	5,75	7,02	8,73	11,37	6,90

Datos estandarizados al 88% de Materia Seca. M+C: Metionina + Cistina.

Medias en una misma columna con diferente letra difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$).

Tabla 13. Contenido de aminoácidos digestibles (%) para las zonas analizadas

Zona	M+C %	Lis %	Tre %	Trp %	Arg %	Val %	Iso %	Leu %	His %
Máximo Paz	0,26 ^b	0,21 ^b	0,20 ^b	0,05 ^b	0,31 ^b	0,28 ^b	0,20 ^b	0,65 ^b	0,19 ^b
Venado Tuerto	0,31 ^a	0,22 ^a	0,25 ^a	0,05 ^a	0,34 ^a	0,35 ^a	0,26 ^a	0,91 ^a	0,23 ^a
Probabilidad	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CV%	6,12	4,41	6,59	6,46	5,78	7,08	8,78	11,42	6,92

Datos estandarizados al 88% de Materia Seca. M+C: Metionina + Cistina.

Medias en una misma columna con diferente letra difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$).

Se observó una correlación mayor al 90% entre proteína cruda y aminoácidos totales y digestibles (Figuras 17 y 18); con excepción de lisina y arginina, que presentaron una correlación del 51 y 80% respectivamente, tanto para totales como digestibles.

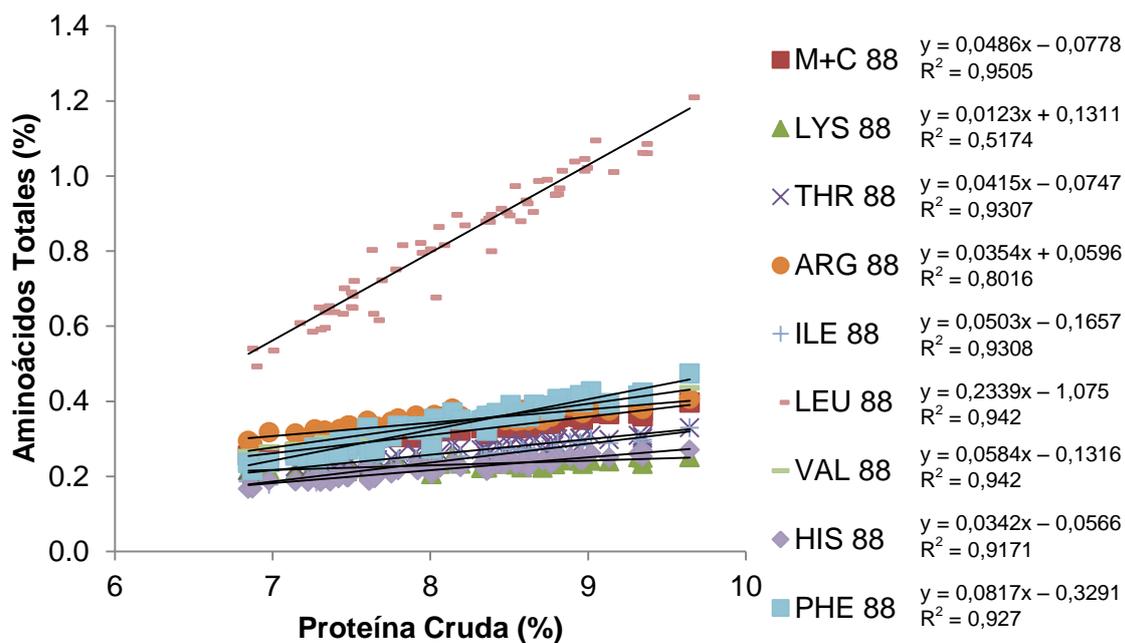


Figura 17. Contenido de aminoácidos totales en función de la proteína cruda a nivel general.

Datos estandarizados al 88% de Materia Seca. M+C: Metionina + Cistina.

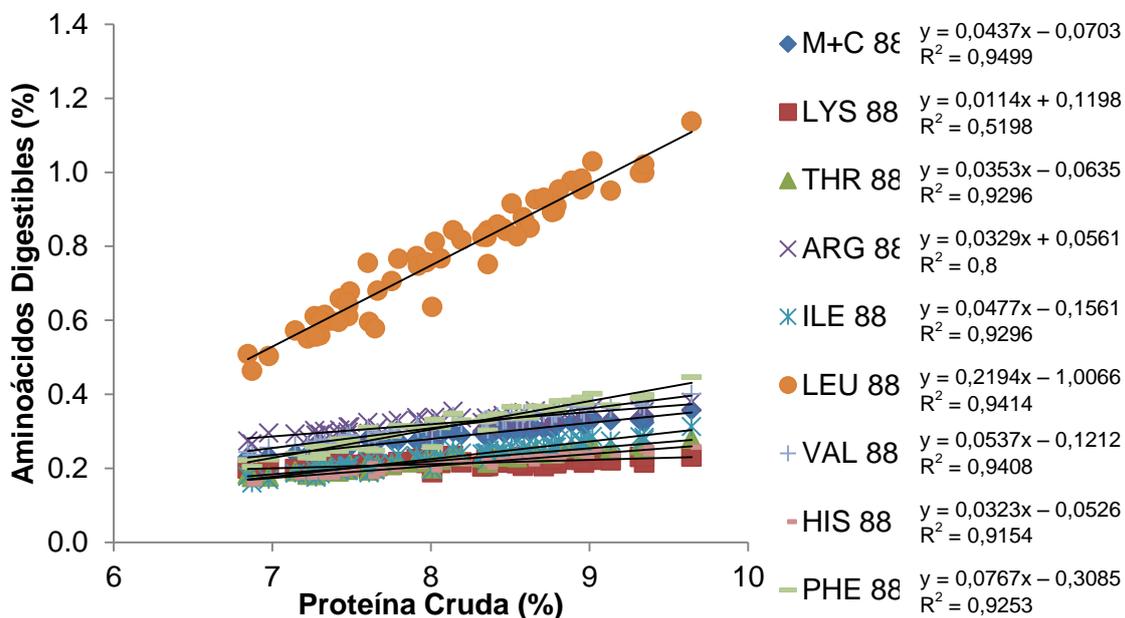


Figura 18. Contenido de aminoácidos digestibles en función de la proteína cruda a nivel general.

Datos estandarizados al 88% de Materia Seca. M+C: Metionina + Cistina.

En la zona de Máximo Paz, se encontró una correlación igual o superior al 70% entre el contenido de proteína cruda y el de aminoácidos totales y digestibles (Figuras 19 y 20); con excepción de lisina que presentó una correlación del 41% para aminoácidos totales y digestibles.

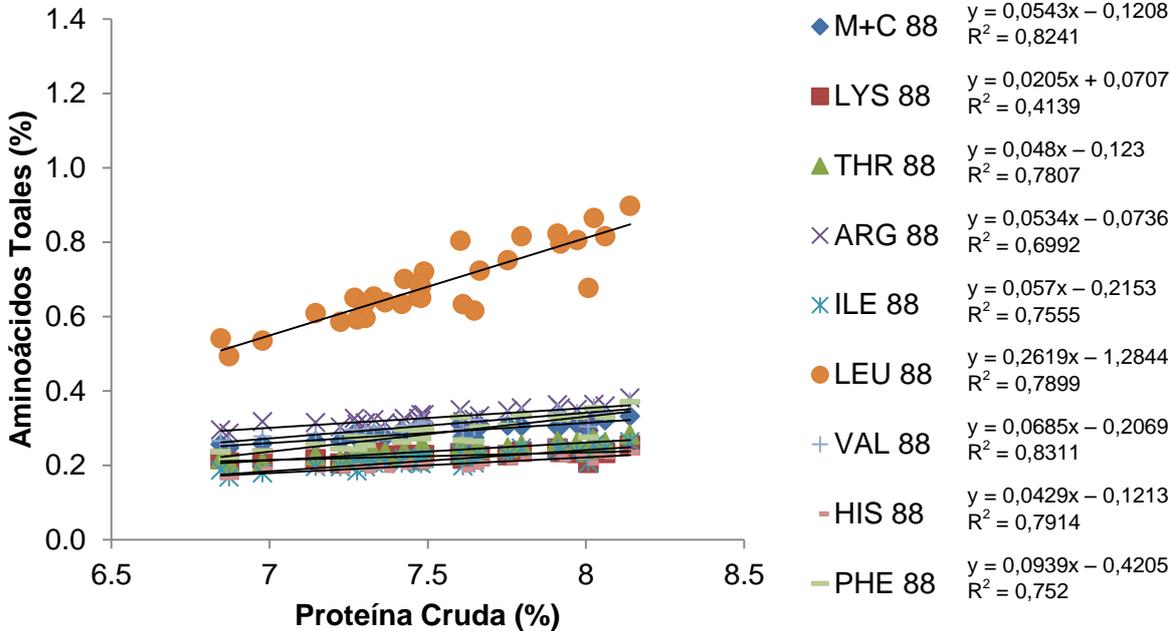


Figura 19. Contenido de aminoácidos totales en función de la proteína cruda en Máximo Paz. Datos estandarizados al 88% de Materia Seca. M+C: Metionina + Cistina.

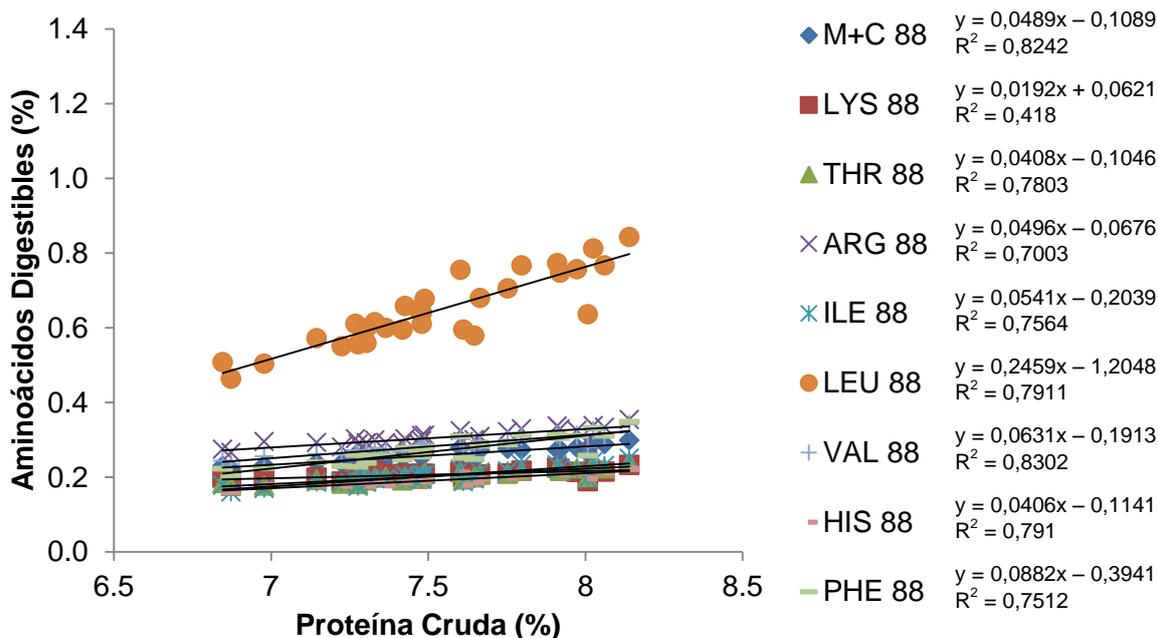


Figura 20. Contenido de aminoácidos digestibles en función de la proteína cruda en Máximo Paz.
 Datos estandarizados al 88% de Materia Seca. M+C: Metionina + Cistina.

En Venado Tuerto (Figura 21 y 22) en cambio, todos los aminoácidos presentaron una correlación igual o superior al 80%, exceptuando lisina donde la correlación fue del 26% y arginina con un valor cercano al 62% tanto para aminoácidos totales como digestibles.

Ante la falta de un análisis específico de aminoácidos, esto permitiría estimar el contenido de aminoácidos totales con un muy buen grado de precisión.

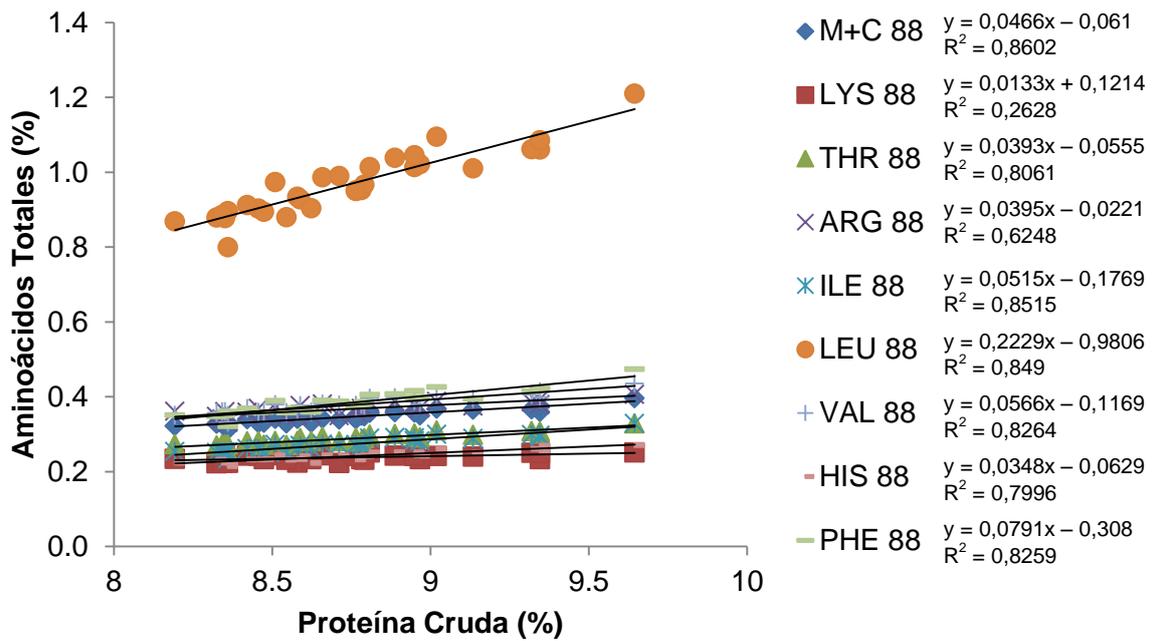


Figura 21. Contenido de aminoácidos totales en función de la proteína cruda en Venado Tuerto.

Datos estandarizados al 88% de Materia Seca. M+C: Metionina + Cistina.

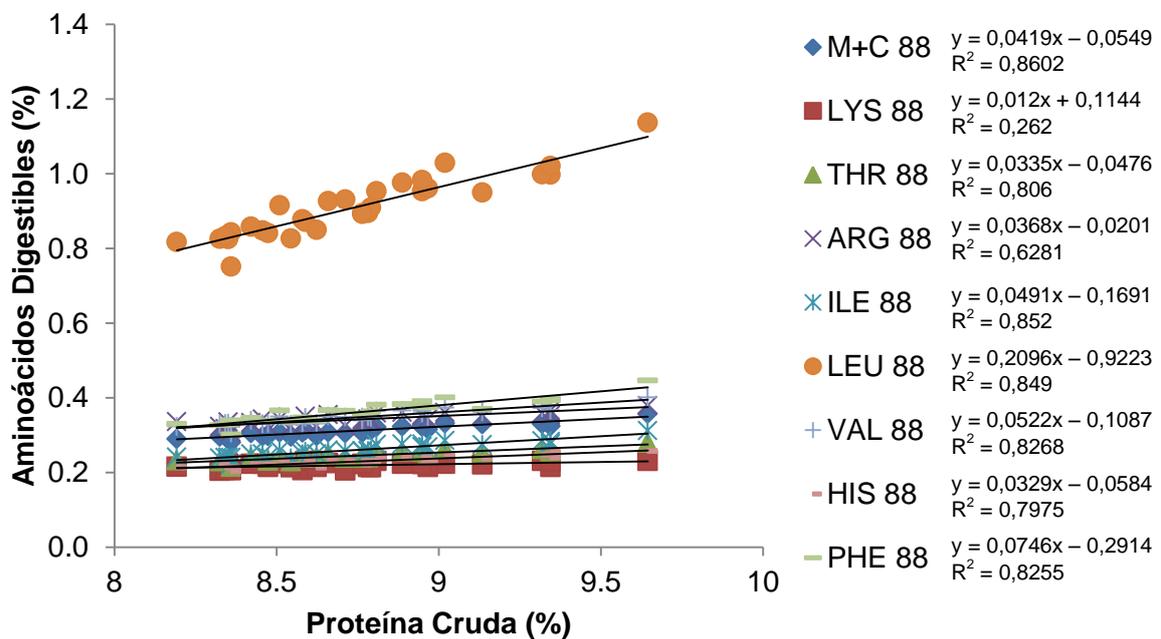


Figura 22. Contenido de aminoácidos digestibles en función de la proteína cruda en Venado Tuerto.

Datos estandarizados al 88% de Materia Seca. M+C: Metionina + Cistina.

DISCUSIÓN

El valor nutricional del grano de maíz está determinado por su composición química, que a su vez puede variar de acuerdo al contenido y/o la calidad de sus diferentes constituyentes (proteínas, almidón, aceite) (Heck, 2016).

La variabilidad en la composición química del grano depende de un gran número de factores, alguno de ellos fuera del alcance humano (ej. clima y suelo) y otros como la genética, las condiciones del cultivo, el manejo pre y post cosecha que pueden ser manipulados y de esta manera conservar y/o mejorar la calidad final del grano cosechado (Cowieson, 2004; Miao *et al.*, 2006; Corcuera, 2012).

Análisis proximal o de Weende

El análisis proximal no arrojó diferencias significativas cuando se compararon los híbridos entre sí (Tabla 3), pero sí lo hizo cuando se compararon las zonas en las variables materia seca, proteína cruda, fibra cruda y cenizas (Tabla 4).

El contenido promedio de proteína cruda en las muestras analizadas fue de 8,1% con valores mínimos y máximos de 7,1 y 9,3% respectivamente.

Diversos autores han realizado comparaciones de diferentes híbridos de maíz en zonas productivas contrastantes a lo largo de los últimos años. ILSI Argentina (2006) comparó 109 híbridos comerciales cultivados en las provincias de Buenos Aires y Córdoba registrando valores promedios de proteína del 9,5% (rango 6,9 - 11,8%). Hume y Morao (2011) en cambio, encontraron en muestras de maíz recolectadas en las provincias de Entre Ríos y Córdoba durante la campaña agrícola 2002/03 contenidos de proteína de 6,9 y 8,4% respectivamente.

Iglesias *et al.* (2013) estudiaron el comportamiento de cinco híbridos comerciales en la zona pampeana central y en dos zonas de litoral argentino, obteniendo diferencias significativas en el contenido de proteína tanto a nivel de los materiales como de las zonas productivas con valores que se situaron entre el 6,5% y el 7,8%.

Según la fuente consultada, a nivel mundial los valores de proteína en el grano de maíz oscilan entre 6,1 a 15% (ILSI Argentina, 2006) y entre 6 a 12% (Corn Refiners Association, 2006).

La investigación de Azcona y Schang (1994) refleja como el contenido de proteína en maíz muestra una tendencia decreciente con el correr de los años (año 1970: 12,5%; 1975: 11%; 1980: 9,5%; 1994: 8,5%).

Los datos de proteína obtenidos en el presente trabajo se condicen con el rango reportado a nivel nacional, y son comparables con Iglesias *et al.* (2013) dado que los maíces se cultivaron bajo condiciones óptimas de producción, pero no tendrían relación con el trabajo de Azcona y Schang (1994) dado que los materiales que usaron en dicho estudio provenían de acopio. No obstante, los híbridos modernos de alto rendimiento por hectárea, tendrían un menor porcentaje de proteína por un efecto de dilución (Savin & Sorlino, 2003).

Por otra parte, Miao *et al.* (2006) analizó el comportamiento de dos híbridos de maíz en dos zonas contrastantes del estado de Illinois (EE. UU.) obteniendo también diferencias en contenido de proteína entre los ambientes de estudio. Asimismo, Díaz Coronel y col. (2009) evaluaron el comportamiento de 5 híbridos comerciales en dos zonas de Ecuador, no observando diferencias entre materiales ni zonas en el contenido de proteína.

Respecto a tablas extranjeras, Rostagno *et al.* (2017) asigna al maíz un contenido de proteína de 7,86%, valor escasamente menor al hallado en el presente trabajo; posiblemente debido a que los híbridos en cuestión fueron producidos en condiciones óptimas de producción y riego, mientras que los utilizados en las tablas provinieron de acopio. En cuanto a tablas españolas (de Blas *et al.*, 2016) y alemanas (Evonik, 2016), le conceden al grano de maíz un porcentaje de proteína de 7,3% y 7,4% respectivamente, lo que se podría deber al tipo de híbridos utilizados en aquella zona de Europa, a la fertilización y/o al riego.

Otro punto importante para analizar es la muy baja correlación encontrada entre el contenido de proteína de los híbridos y el rendimiento. Stone & Savin (1999) demostraron que el contenido de proteína en maíz aumenta conforme aumenta el rendimiento, y ambas variables a su vez aumentan a medida que sube la oferta de nitrógeno hasta encontrar un "plateau". Dado que los híbridos utilizados para este estudio fueron provistos de condiciones óptimas de fertilización y riego, los contenidos de proteína hallados son los máximos esperados para cada material.

El valor medio de extracto etéreo de los maíces analizados en el presente trabajo fue del 3,2% con un rango muy estrecho (mínimo de 3,05% y máximo de 3,4%). Corn Refiners Association (2006) reportó valores de aceite en el grano de maíz del orden del 4,3% a nivel mundial. Mientras que en la Argentina, MAIZAR muestreó y analizó 48 híbridos comerciales en la zona maicera núcleo (norte de Buenos Aires y sur de Santa Fe) y sudeste de la provincia de Buenos Aires encontrando valores de aceite entre 2,6 y 6,8% (ILSI Argentina, 2006).

En cuanto a datos internacionales, Rostagno *et al.* (2017) asigna un valor al extracto etéreo en el grano de maíz de 3,81%, mientras que de Blas *et al.* (2016) y Evonik (2016) le dan valores de 3,3 y 3,6% respectivamente.

Todos estos datos bibliográficos son semejantes con los encontrados en este trabajo, y las mínimas variaciones que se presentan podrían atribuirse a la genética del híbrido, la zona de producción y a las condiciones del cultivo.

Para cenizas, el valor promedio fue de 1,2%, similar valor le dan las tablas españolas (de Blas *et al.*, 2016).

Con respecto a la fibra cruda el promedió rondó el 2,6%, con valores mínimos que se situaron alrededor del 2,4% y máximos del orden del 2,8%. Este dato difiere con las tablas brasileñas (Rostagno *et al.*, 2017) y españolas (de Blas *et al.*, 2016) donde se le da un valor a la fibra del 1,7 y 2,1% respectivamente. Este hecho no se explicaría por diferencias en el contenido de almidón, dado que las tablas brasileras le asignan al maíz un 63,4% de almidón, y en el presente trabajo el promedio fue semejante (64,2%). Por lo tanto, estas diferencias en el contenido de fibra podrían ser atribuibles al tipo de híbrido utilizado y la zona de producción.

Energía

Al comparar los diferentes híbridos (Tabla 5), no se encontraron diferencias significativas en términos de EB, pero sí para EMV y EMV/EB. Estas diferencias podrían ser explicadas por variaciones genéticas de los materiales analizados.

Mientras que, al analizar las dos zonas (Tabla 5), se encontraron diferencias significativas en todas las variables de energía, siendo superiores en Venado Tuerto respecto a Máximo Paz; lo que sugiere, que el ambiente es una variable de alta

influencia en el contenido de energía, dado que los maíces fueron cultivados bajo condiciones óptimas de fertilización y riego.

Iglesias *et al.* (2013) obtuvieron diferencias significativas en todas las variables de energía cuando analizaron los híbridos, sin embargo, cuando el análisis se realizó por zonas de producción sólo obtuvieron diferencias en los contenidos de EMV y EMV/EB.

O'Neill y col. (2012) en cambio, no encontraron diferencias en el contenido de energía de un único híbrido de maíz cultivado en cinco regiones diferentes de China.

En comparación con tablas extranjeras, Rostagno *et al.* (2017) asigna al maíz una EMA de 3364 kcal/kg, mientras que los españoles, de Blas *et al.* (2016) determinan para el grano de maíz una EMA de 3285 kcal/kg. En el presente trabajo no se midió EMA, sino EMV. Las mayores o menores diferencias en términos de EMV encontradas en este trabajo, podrían atribuirse entonces a factores genéticos, a condiciones agronómicas de cultivo, composición proximal de los maíces y/o variables de procesamiento pre y post cosecha (Cowieson, 2004).

En este trabajo, la correlación entre el contenido de EMV y EB arrojó un valor de R^2 del 57%, similar al valor encontrado por Azcona *et al.* (2007) donde obtuvo un 52%. Tassarolo (2014) en cambio, halló una correlación bastante menor al analizar estas variables, de alrededor del 39%.

Los análisis de correlación entre el contenido de EMV y EMA calculada por fórmula arrojaron datos sensiblemente bajos y con pendiente negativa (Figura 14), y además los valores de EMA resultaron mayores a los determinados de EMV, cuestión que por definición esto debería ser al revés, lo que sugeriría en este caso que la EMA sobreestima el valor real de energía de los híbridos.

En la búsqueda de un parámetro para estimar la energía del maíz y no efectuar la prueba "*in vivo*", y realizando un análisis de las variables propias del grano, se encontró que el contenido de almidón (67%), proteína (13%) y aceite (8%) explican el 88% de la variabilidad energética del cereal (Tabla 9). Otros autores como Azcona & Schang (1994), Azcona *et al.* (2007) y Tassarolo (2014) hacen referencia a utilizar el contenido de EB como indicador de EMV. No obstante, Miao *et al.* (2006) encontraron que las diferencias en la calidad del grano dependen de los factores

genéticos, de la zona productiva y fundamentalmente, del año de estudio. Asimismo, Gehring *et al.* (2013) halló que el índice de solubilidad de proteínas (PSI) es un buen indicador para calcular el valor nutricional del maíz. Sin embargo, esta disparidad de respuestas, no hacen más que destacar la importancia de desarrollar herramientas que brinden a los nutricionistas los medios para predecir el valor energético del maíz en las dietas de las aves (Cowieson, 2004).

Aminoácidos totales y digestibles

No se hallaron diferencias en términos de aminoácidos totales ni digestibles cuando se analizaron los híbridos (Tablas 10 y 11), pero sí cuando se analizaron las zonas productivas (Tablas 12 y 13).

Iglesias y col. (2013) obtuvieron resultados similares en su investigación, observando diferencias entre híbridos y entre zonas. Años atrás, Hume y Morao (2011) también encontraron diferencias en el perfil de aminoácidos cuando compararon híbridos provenientes de las provincias de Entre Ríos y Córdoba.

En cuanto a datos extranjeros de aminoácidos totales y digestibles, tanto Rostagno *et al.* (2017) como de Blas *et al.* (2016) indican en sus tablas, valores muy similares a los encontrados en Venado Tuerto, pero superiores a la zona de Máximo Paz encontrando que aquí los híbridos de maíz no pudieron expresar todo su potencial genético.

CONCLUSIONES

En base a los datos obtenidos se puede concluir que:

- El análisis proximal no arrojó diferencias significativas entre híbridos, sin embargo el análisis entre zonas de producción sí lo hizo, a excepción del extracto etéreo, el cual fue muy homogéneo.
- El rendimiento final por hectárea presentó una muy baja correlación con el contenido de proteína cruda.
- No se observaron diferencias en el contenido de EB para híbridos, pero sí para EMV y EMV/EB. En cambio, para zonas de producción, se observaron diferencias en todas las variables de energía (EB, EMV y EMV/EB).
- Los contenidos de almidón, proteína y aceite explican el 88% de la variación de energía de los maíces. Sin embargo, ninguna de estas variables es suficiente para predecir por sí sola el contenido de energía del maíz y evitar la prueba “*in vivo*”.
- En cuanto a aminoácidos totales y digestibles no se hallaron diferencias entre los híbridos, pero sí entre zonas de producción.
- Se encontró muy buena correlación (superior al 80% en casi todos los aminoácidos) para estimar el contenido de aminoácidos totales y digestibles a partir de la proteína cruda, no así para lisina.
- Para rendimiento, en la localidad de Venado Tuerto, el mejor híbrido resultó ser IO 887 MGRR y el peor KM 4500 L. En cambio, en Máximo Paz el híbrido de mayor valor fue M 510 HX RR y el menor ACA EXP EME3 VT3 PRO.
- En Venado Tuerto, para energía, el híbrido de mejor performance fue el SPS 2879 TD MAX y el peor M 505 HX RR. En Máximo Paz, el material que mejor se desempeñó para energía fue el EXP 48479 BT y el más bajo KM 4020 L.
- Para proteína, en Venado Tuerto, el híbrido dominante fue LT 621 MG RR2 y el más bajo ARV 2183 MR GG. En contraste, en Máximo Paz, el mejor genotipo fue ACA 467 MG RR2 y el peor KM 4020 L.
- Por todo esto, vale la pena remarcar que cada híbrido de maíz tiene características agronómicas y nutricionales que les son propias y se expresan de diferente manera de acuerdo al ambiente productivo. Por lo

tanto, es necesario seguir ahondando en este tipo de estudios para renovar y/o actualizar las bases de datos existentes hasta el momento.

BIBLIOGRAFÍA

- Aello M. & Di Marco O. 2000. *Nutrición Animal*. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. Balcarce, Argentina. 36 pp.
- ASTM International. 1987. ASTM Standard D 2015-85. *Standard test method for calorific value of coal and coke by the adiabatic bomb calorimeter*. Aprobado 1987. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- Azcona JO & Schang MJ. 1994. Valoración biológica de distintos tipos de maíz para su utilización en la alimentación de aves. *Balanceados Argentinos*, 78: 6-35.
- Azcona JO, Iglesias BF, Morao LR, Schang MJ. 2007. Composición de ingredientes argentinos: maíz y soja. *I Congreso Argentino de Nutrición Animal*. Parque Norte - Buenos Aires. CAENA.
- BCR, Bolsa de Comercio de Rosario. 2019. *Estimaciones de producción*. Online: <https://www.bcr.com.ar/Pages/GEA/estimaProd.aspx>. Acceso: 05-Ago-2019.
- Cobb. 2018. Cobb500. *Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde*. 14 pp.
- Corcuera VR. 2012. *Desarrollo y evaluación de nuevo germoplasma de maíz (Zea mays L.) para uso especial en Argentina*. [Tesis de doctorado]. Departamento de Producción Vegetal. Universidad Politécnica de Valencia. 394 pp.
- Corn Refiners Association. 2006. *Corn Oil*. 5th ed. Corn Refiners Assoc. Inc., Washington DC, USA. 24 pp.
- Correa OK, Correa SM, Cortes CV, Cruz CF. Sin fecha. *Determinación de energía metabolizable en aves*. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. Universidad de Chile. 8 pp.
- Cowieson AJ. 2004. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 119: 293-305.

- Crespo EA. 2012. *La avicultura: del maíz y la soja a la carne de pollo y los huevos*.
Online: <http://inta.gob.ar/sites/default/files/47inta-art43avicultura.pdf>. Acceso: 22-Jun-2017.
- de Blas C, Mateos GG, García-Rebollar P. 2010. *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. 3ª ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 502 pp.
- de Blas C, Beorlegui C, García-Rebollar P, Mateos GG. (2016). Revisión 3ra Edición Tablas FEDNA: Granos de Cereales. En: *XXXII Curso de Especialización FEDNA*. FEDNA. Pp. 25-72. 3 y 4 de noviembre. Madrid, España.
- Díaz Coronel GT, Sabando Ávila FA, Zambrano Montes S, Vázquez Montúfar GH. 2009. Evaluación productiva y calidad del grano de maíz de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en dos localidades de la provincia de Los Ríos. *Ciencia y Tecnología*, 2(1): 15-23.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. 2017. *InfoStat*. [Software estadístico]. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Evonik 2016. Recommendations for poultry. Amino Acids and More. AminoDat 5.0. Evonik Nutrition & Care GmbH. (www.aminoacidsandmore.com). Hanau, Germany.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1993. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: *Alimentación y Nutrición*. Nº 25. Roma, Italia.
- Garrido A, Gómez A, Guerrero JE, Fernández V. 1996. NIRS: Una tecnología de apoyo para la alimentación animal. En: *XII Curso de Especialización FEDNA*. FEDNA. Pp. 273-303. 7 y 8 de Noviembre. Madrid, España.
- Gear JRE. 2006. El cultivo de maíz en la Argentina. En: *Maíz y Nutrición. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal*. Volumen II. Pp 4-8. ILSI Argentina. Buenos Aires, Argentina.

- Gehring CK, Cowieson AJ, Bedford MR, Dozier III WA. 2013. Identifying variation in the nutritional value of corn based on chemical kernel characteristics. *World's Poultry Science Journal*, 69: 299-312.
- Heck MI. 2016. *Caracterización agromorfológica y de calidad nutricional de poblaciones locales de maíz de la provincia de Misiones, Argentina*. [Tesis de magister]. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. 136 pp.
- Hess HD. 1998. *Calidad nutricional y producción bovina*. Cubillos Quintero NE (ed.). Villavicencio, Colombia. 28 pp.
- Hume R & Morao L. 2011. Control de la variabilidad de las materias primas. En: *III Congreso Argentino de Nutrición Animal*. CAENA. 23 y 24 de junio. Parque Norte, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Iglesias BF, Schang MJ, Azcona JO, Charrière MV. 2013. Avances en la valorización nutricional del maíz y la soja. En: *XXIII Congreso Latinoamericano de Avicultura*. Asociación Latinoamericana de Avicultura. CD-Rom. 12 al 15 de noviembre. Centro Internacional de Ferias y Convenciones, El Salvador, El Salvador.
- Iglesias BF, Schang MJ, Azcona JO, Charrière MV. 2015. Avances en la caracterización nutricional de maíz y soja. En: *V Congreso Argentino de Nutrición Animal*. CAENA. 19 y 20 de agosto. Parque Norte, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- ILSI Argentina. 2006. Perfil de la composición de la producción del maíz cultivado en la Argentina. En: *Maíz y Nutrición. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal*. ILSI Argentina. Serie de Informes Especiales 2: 53-61.
- Leon Harter H. 1960. Critical Values for Duncan's New Multiple Range Test. *Biometrics* 16(4): 671-685.
- MAGyP, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2019. *Estimaciones agrícolas*. Datos Agricultura, Ganadería y Pesca. Online: <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>. Acceso: 26-Nov-2019.

- Mair G y Beczkowski G. 2019. Anuario 2018. *Boletín Avícola n° 81*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Ministerio de Agroindustria, Argentina. 17 pp.
- Miao Y, Mulla DJ, Robert C. 2006. Identifying important factors influencing corn yield and grain quality variability using artificial neural networks. *Precision Agriculture* 7: 117-135.
- Moraes L & Vartorelli F. 2006. Particularidades nutricionales del grano de maíz en la alimentación de aves. En: *Maíz y Nutrición. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal*. Volumen II. Pp 39-41. ILSI Argentina. Buenos Aires, Argentina.
- Nahara F. 2018. Dificultades para expresar el potencial genético del pollo en Argentina: Mesa Redonda. In *11° Seminario Anual GTA - Nutrición y alimentación de las aves*. Grupo de Trabajo Avícola. 19 de octubre. San Andrés de Giles (BA), Argentina.
- O'Neill HVM, Liu N, Wang JP, Diallo A, Hill S. 2012. Efectt of xylanase on performance and aparent metabolisable energy in starter broilers fed diets containing one maize variety harvested in different regions of China. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 25: 515-523.
- Ortas L. 2008. El cultivo del maíz: Fisiología y aspectos generales. *Agrigan SA Boletín nº 7*. 4 pp.
- Paliwal R. 2001. *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. Online: <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s00.htm>. Acceso: 08-jun-2017.
- Rostagno HS, Teixeira Albino LF, Hannas MI, Lopes Donzele J, Sakomura NK, Perazzo FG, et al. 2017. *Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos: Composición de alimentos y requerimientos nutricionales*. 4ta ed. Traducido SC Salguero Cruz. Departamento de Zootecnia, UFV, Viçosa, MG, Brasil. 488 pp.
- Savin R & Sorlino DM. 2003. Calidad de los granos y estimadores más comunes. En: *Producción de granos, Bases Funcionales para su Manejo*. Pp 25-46. Facultad

de Agronomía-UBA. Editorial Facultad de Agronomía-UBA. Buenos Aires, Argentina.

Sibbald IR. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Science* 55: 303-308.

Stone, P.J & Savin, R, 1999. Grain quality and its physiological determinants. In: Satorre, E.H., Slafer, G.A. (Eds.), *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. Haworth Press Inc., New York, USA, pp. 85-120.

Tassarolo AL. 2014. *Valor nutricional de diferentes híbridos de maíz en aves*. [Trabajo Final de Grado]. ECANA, UNNOBA, Pergamino, BA, Argentina. 52pp.

USDA, United States Department of Agriculture. 2019. *Livestock and poultry: world markets and trade*. April edition. Foreign Agricultural Service. World Agricultural Outlook Board/USDA. 21 pp.

Vásquez DR, Abadía B, Arreaza LC. 2004. Aplicación de la Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) para la caracterización nutricional del pasto Guinea y del grano de maíz. *Revista Corpoica*, 5(1): 49-55.