



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



CONSTANCIA DE REVISIÓN

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud a la Tesis cuyo título es:

"Evaluación de ecuaciones de predicción de la energía metabolizable en base a características físicas y químicas del maíz utilizado en dietas de gallinas ponedoras"

presentado por:


TAMARIZ HUAYNATE CHRISTHIAN LIEV.

Estudiante del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**. El resultado obtenido es 14% por el cual se otorga el calificativo de: **APROBADO**, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones: Ninguna

Ica, 2 de octubre del 2024


.....
Dr. JUAN RAMON CANEPA ARCOS
Director de unidad de investigación
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**



“Evaluación de ecuaciones de predicción de la energía metabolizable en base a características físicas y químicas del maíz utilizado en dietas de gallinas ponedoras”

Línea de investigación de la universidad:

Salud pública y conservación del medio ambiente

**INFORME FINAL DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

AUTOR

Bach. Tamariz Huaynate Christian Liev

ASESOR

Elías Salvador Tasayco, PhD

ICA, Perú

2024

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de cumplir mi sueño profesional y poder servir a los demás.

A mi madre MARILU por educarme en valores desde pequeño y enseñarme a superar las adversidades con optimismo, actitud, fuerza y mucha fe.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Marilu, por confiar en mí, por ser un ejemplo de superación, gracias por tu constancia, esfuerzo y aliento para seguir estudiando para convertirme en profesional y lograr mis anhelos.

A mis docentes en quienes encontré el camino del aprendizaje, siendo un ejemplo de perseverancia, esfuerzo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FOTOS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I INTRODUCCIÓN	10
II ESTRATEGIA METODOLOGICA	21
2.1 Fecha y período del estudio	21
2.2 Lugar de ejecución	21
2.3 Localización geográfica y metereológica	21
2.4 Materiales y equipo	21
2.5 Tamaño de Muestra	22
2.6 Procedimiento de la investigación	22
2.7 Tratamiento de la Investigación	22
2.8 Variables de evaluación	23
2.9 Tecnicas e instrumentos de la recolección de información	23
2.10 Diseño de la Investigación	25
III RESULTADOS	31
IV DISCUSIÓN	36
V CONCLUSIONES	39
VI RECOMENDACIONES	40
VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
VIII ANEXOS	44

INDICE DE TABLAS

	Pág.
01 Micotoxinas (ppb) de las fracciones de maíz	15
02 Resultados de análisis micotoxicológicos	15
03 Pérdidas de extracto etéreo y peso específico en granos de maíz almacenados por 60 días con niveles crecientes de humedad.	15
04 Clasificación de maíz, de fracciones obtenida en las mesas densimétrica	16
05 Clasificación de diferentes fracciones de maíces estratificados por la mesa densimétrica, Brasil	16
06 Perdidas del valor energético (Kcal/Kg) de las fracciones de maíces en base a las ecuaciones de Rostagno (11)	16
07 Niveles de Energía Metabolizable Aparente (EMA), corregida para Nitrógeno	18
08 Composición química de maíces de diferentes densidades	18
10 Límites máximos de tolerancia expresados en porcentaje (%)	23
11 Densidad (g/l) e índice de clasificación del maíz (ICM;%) del maíz nacional e importado Americano	31
12 Analisis proximal (%) del maíz nacional e importado Americano	31
13 Energia metabolizable aparente corregida por nitrogeno (EMAn) del maíz nacional e importado Americano estimadas por las ecuaciones evaluadas.	31
14 Energia metabolizable aparente corregidas por nitrogeno (EMAn;	33

	Kcal/Kg) del maiz nacional e importado Americano.	
15	Comparacion del nivel de energia metabolizable aparente corregida por nitrogeno (EMAn; Kcal/Kg) del maiz nacional por la metodologia NIRS versus analisis proximal	35
16	Comparacion del nivel de energia metabolizable aparente corregida por nitrogeno (EMAn; Kcal/Kg) del maiz importado Americano por la metodologia NIRS versus metodologia de ecuacion de prediccion en base a analisis proximal	36
17	Comparacion del nivel de energia metabolizable aparente corregida por nitrogeno (EMAn; Kcal/Kg) del maiz nacional e importado por la metodologia NIRS versus metodologia de ecuacion de prediccion en base ICM	36
18	Energia metabolizable aparente corregida por nitrogeno (EMAn; Kcal/Kg) del maiz nacional e importado por la metodologia NIRS versus metodologia de ecuacion de prediccion en base a densidad	37

17

**FLUJOGRAMA DE PROCESO DE INVESTIGACIÓN PARA
LA PREDICCIÓN DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE
(EMAn) DEL MAÍZ UTILIZADA EN GALLINAS PONEDORAS**

INDICE DE ANEXOS

N°		Pág.
01	Resultado de análisis estadístico	42
02	Fotos del desarrollo de la tesis	91

RESUMEN

“Evaluación de ecuaciones de predicción de la energía metabolizable en base a características físicas y químicas del maíz utilizado en dietas de gallinas ponedoras”

INTRODUCCIÓN: Conocer el aporte de la energía metabolizable en el insumo maíz es de importancia para la formulación de dietas balanceadas, sin embargo, frecuentemente se utilizan la información de las tablas que no son confiables. Existen métodos que utilizan los caracteres físicas y químicas del maíz para predecir los valores a través de ecuaciones. **OBJETIVO:** Determinar el efecto de las características químicas (análisis proximal) y físicas (índice de clasificación del maíz y densidad) sobre la predicción del contenido de EMAn del maíz nacional e importado americano. **MÉTODOS:** se utilizaron 25 muestras de granos de maíz de procedencia nacional e importado americano, los cuales fueron clasificadas en 3 grupos de acuerdo a las variables a evaluar. Cada muestra se sometió a evaluación de sus características físicas de índice de clasificación del maíz y densidad. Las muestras agrupadas se sometieron a los análisis químicos proximales y a la metodología NIRS. Se utilizaron 7 ecuaciones de predicción de la EMAn. Los valores que se obtuvieron se trabajaron en los análisis estadísticos de T-Student, ANVA y Tukey, cuyo procedimiento fue el modelo lineal de SAS. **RESULTADOS:** Los valores de ICM y densidad fueron diferentes estadísticamente. Los valores de EMAn fueron diferentes significativamente. El nivel de EMAn obtenida por las ecuaciones en base al análisis proximal fue similar a lo obtenido por el NIRS. Los valores de EMAn obtenidos por ecuaciones en base al ICM fueron diferentes. Las obtenidas por ecuaciones en base a densidad fueron similares solo para el maíz importado americano. **CONCLUSIÓN:** La ecuación de predicción en base al análisis proximal de Nascimento et al (2009) y en base a densidad (Lyra Chiquieri, 2011) estiman muy bien el valor de EMAn del maíz.

Palabras claves: maíz energía metabolizable ecuación predicción

ABSTRACT

“EVALUATION OF METABOLIZABLE ENERGY PREDICTION EQUATIONS BASED ON PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF CORN USED IN DIETS OF LAYING HENS”

INTRODUCTION: Knowing the contribution of metabolizable energy in the corn input is important for the formulation of balanced diets, however, information from tables that are not reliable are frequently used. There are methods that use the physical and chemical characteristics of corn to predict values through equations. **OBJECTIVE:** Determine the effect of chemical (proximal analysis) and physical characteristics (corn classification index and density) on the prediction of the EMAn content of domestic and imported American corn. **METHODS:** 25 samples of corn grains of national and imported American origin were used, which were classified into 3 groups according to the variables to be evaluated. Each sample was subjected to evaluation of its physical characteristics of corn classification index and density. The pooled samples were subjected to proximal chemical analyzes and NIRS methodology. 7 EMAn prediction equations were used. The values obtained were worked on in the statistical analysis of T-Student, ANVA and Tukey, whose procedure was the SAS linear model. **RESULTS:** The ICM and density values were statistically different. The EMAn values were significantly different. The level of EMAn obtained by the equations based on the proximal analysis was similar to that obtained by the NIRS. The EMAn values obtained by equations based on the ICM were different. Those obtained by equations based on density were similar only for imported American corn. **CONCLUSION:** The prediction equation based on the proximal analysis of Nascimento et al (2009) and based on density (Lyra Chiquieri, 2011) estimate the EMAn value of corn very well.

Keywords: corn metabolizable energy equation prediction

I. INTRODUCCION

La alimentación de las aves de producción de huevos para consumo de los humanos, representa aproximadamente el 65% del costo total y bajo nuestras condiciones, las fórmulas de las dietas de estas aves consideran alrededor de 60% de inclusión de maíz. El maíz es un ingrediente principalmente energético, generalmente es de origen importado y nacional, lo que representa un importante ingrediente energético de bajo costo. Por lo tanto, cualquier estrategia que permitan saber su valoración energética con mayor precisión, conlleva a mejorar las eficiencias productivas y consecuentemente la rentabilidad en la producción de huevos de consumo.

La nutrición precisa, en la práctica de la crianza, considera 2 factores importantes: Conocer los valores energéticos y nutricionales de los insumos. Tener conocimiento de los requerimientos energéticos y nutricionales de las aves, con el propósito de formular dietas balanceadas óptimas. Son dos retos de interés. Dentro del primer aspecto, la aplicación de técnicas y tecnología permite generar la valoración energética confiable y precisa del maíz que se utiliza en la formulación de dietas para alimentación avícola que conlleva a una producción más eficiente. Tradicionalmente, el valor de energía metabolizable corregidas por nivel de nitrógeno (EMAn) del insumo maíz, ya sea de origen nacional o importado, se toman como referencia de algunas tablas (NRC, 1994; FEDNA, 2014; INRA, Tablas de Brasil, 2011, entre otros), los que son referenciales, pero no precisos, ya que las características físicas y químicas de este ingrediente influyen sobre su contenido de EMAn. Lo ideal sería determinar el nivel de EMAn, sin embargo, este análisis demanda tiempo y costo, por lo que no es muy frecuente su uso como debería ser. Algunas pruebas físicas sencillas como la clasificación del maíz y densidad (g/cm^3), así como un análisis proximal podrían ser de mucha utilidad para determinar indirectamente los niveles de EMAn del maíz, con el uso de ecuaciones de predicción. Adicionalmente hoy en día, existen nuevas herramientas tecnológicas como la técnica de con espectroscopias de reflectancias en el infrarrojo cerca (NIRS), permite predecir la valoración de nutrientes y energética cuya aplicación es de bajo costo y practica en la nutrición avícola.

Dentro de este enfoque, se desarrolló esta investigación cuyo propósito fue evaluar diferentes ecuaciones de predicción de la EMAn, en base a la característica física y química del maíz utilizado en dietas de gallinas ponedoras y determinar su efectividad a través de su validación con resultados de la técnica NIRS.

Chiquieri (1) en el año 2011 investigó para desarrollar ecuaciones para predecir la energía metabolizable producido a partir de clasificar por densidad del maíz, y evaluarlos a través del desempeño de la producción de gallinas ponedoras durante la producción. En el experimento se trabajó con aves en una universidad de Brasil, Las ecuaciones de predicción de las energías metabolizables supuestamente corregida (EMAn) fueron desarrollados mediante análisis de regresión (5%) con los resultados de las pruebas de los metabolismos energéticos realizados con diferentes grados de calidad de maíz utilizando gallinas ponedoras de 15 semanas de edad. Se utilizaron los resultados de densidad (DEM) y clasificación de granos de maíz (ICM) como variables independientes. Se obtuvieron ecuaciones en la etapa de productividad de huevos: EMAn = 3239 - CM 1,58 + 0,050 ICM², (R² = 0,85); EMAn = 2200 + 1,57 DEM, (R² = 0,73). Las ecuaciones fueron probadas utilizando una prueba de desempeño, para el que se utilizó 144 gallinas ponedoras Hy-Line, con 59 semanas de edad, empleándose un diseño al azar, y empleó cuatro grupos, y seis replicas con seis aves en repetición, cuyos tratamientos fueron: T1 - EMAn a partir de la ecuación ICM de maíz de calidad superior (ICMA), T2 - EMAn a partir de la ecuación ICM de maíz de calidad inferior (ICMB), T3 - EMAn a partir de la ecuación DEM de maíz de calidad superior (DEMA) y T4 - EMAn a partir de la ecuación DEM de maíz de calidad inferior (DEMB). El maíz en escala superior y en escala inferior fue caracterizados por: ICM: 90,91 y 72,06%, DEM: 831 y 742 kg / m³. Las dietas experimentales fueron procesadas con 2800 kcal/kg, 15% PB, 0,62% Met + Cys digestible, 0,68% Lys digestible, 4,2% de Ca y 0,42% de Pd. En la fase experimental se evaluaron los datos de desempeño: peso inicial, peso final, ganancia de peso, el consumo de alimento, la producción de huevos, el peso medio en huevos, la masa de huevo y la conversión alimenticia y las siguientes características en la calidad de huevo: gravedad específica, porcentaje de corteza (%) y coloración en yema, cuyos datos se analizó a través del programa de análisis SAEG 9.1. No se observó significativo (p > 0,05) en los tratamientos para las variables zootécnicos evaluados, excepto para color de la yema (p < 0,05), que fue mayor para los tratamientos de ICMA y DEMA, las ecuaciones que constituyen la mejor clasificación de maíz y mayor densidad. Los índices de rendimiento obtenidos para todos los tratamientos durante el período experimental son consistentes con las normas sugeridas en el Manual de la línea de aves utilizada. Estos resultados muestran que las ecuaciones de predicción de la EMAn fueron eficaces en la predicción del valor energético de maíz para la formulación de dietas para gallinas ponedoras durante la producción. Las ecuaciones de predicción de la EMAn, utilizando los resultados de la clasificación y la densidad de los lotes de diversas calidades nutricionales del maíz, son prácticas, rápido y con alto poder predictivo para gallinas ponedoras comerciales durante la producción.

Alvarenga *et al.* (2). En el año 2013 realizó una investigación cuyo propósito fue evaluar el uso de las ecuaciones de predicción basados en la composición química de los ingredientes alimenticios para estimar los resultados de energía metabolizable corregida en el balance de nitrógeno (EMAn) de maíz y soja para pollos de ceba. Por las características de la canal, 1.200 aves cuya edad fue de un día (ambos sexos) fueron asignadas a un diseño completo al azar, factorial 2 x 8 (dos sexos y ocho dietas) con tres réplicas de cada sexo con 25 aves. En el ensayo de metabolismo, 240 aves de ocho días de edad se distribuyeron en el mismo diseño, pero con un “Split plot” en el tiempo (edad de evaluación) con cinco, cuatro y tres aves por parcela, respectivamente, en las etapas 8 a 21, 22 a 35, y 36 a 42 días de edad. Los tratamientos consistieron en el uso de seis sistemas de ecuaciones para predecir el contenido EMAn de los ingredientes alimenticios, tablas de composición de alimentos y los valores AMEn obtenido por el ensayo *in vivo*, por un total de ocho tratamientos. Los promedios fueron evaluados por la prueba de Scott-Knott a 5% y se utilizó un intervalo de confianza de 95% para comprobar el ajuste de energía en las dietas a los requerimientos de las aves. Como resultado de este estudio, el uso de las ecuaciones de predicción resultó en un mejor ajuste a los requerimientos de los pollos de engorde, lo que resultó en mejor comportamiento productivo y características de la carcasa en comparación con el uso de tablas, sin embargo, el uso de valores de energía de los ingredientes alimenticios obtenidos por ensayo *in vivo* es aun el más efectivo. Las mejores ecuaciones fueron: EMAn = 4,021.8 - 227.55 ceniza (de maíz) en combinación con EMAn = - 822,33 + 69.54 CP - 45.26 ADF + 90.81 EE (de harina de soja); EMAn = 36.21CP + 85.44EE + 37.26 ENF (extracto libre de nitrógeno) (para el maíz) en combinación con EMAn = 37.5 CP + 46.39 EE + 14,9 ENF (de soja); y EMAn = 4,164.187 + 51.006 EE - 197.663Ceniza - 35.689CF - 20.593NDF (para la harina de maíz y soja).

Otro estudio fue llevado a cabo por Santos (3) en el año 2011 con el objetivo de desarrollar ecuaciones para predecir la energía metabolizable del maíz desarrollado a partir de resultados de las densidades, y evaluarlos a través de su desempeño vivo de pollos de engorde de 1- 42 días. El trabajo se realizó en el sector avícola de la Universidad Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, en Campos - RJ, Brasil. Las ecuaciones de predicción de EMAn (kcal / kg) fueron producido mediante análisis de regresión (5%) el resultado del ensayo de los metabolismos energéticos realizados con diferentes grados de maíz usando dos edades (15-19 días) inicial y (29-33 días) crecimiento. Las ecuaciones utilizaron la densidad (kg / m³) y los resultados de la clasificación de granos (%) como variables independientes. La densidad de maíz (DEM) se obtuvo por el método del modelo de peso de prueba usando un densímetro. El índice de clasificación de maíz (ICM) se calculó mediante: ICM = 100 - [(% total dañados) - (% Impurezas + fragmentos) - (% material extraño)]. El total de granos dañados (AVT) se constituyen de: %AVT = (% quebrado

+ % ardidos + % chochos + % carunchados), de acuerdo con las normas del MAPA. Las ecuaciones de las dos etapas de cría de aves de carne (inicial y de crecimiento) fueron: Fase inicio (0 – 3 semanas): $EM \text{ (kcal / kg)} = 2911,37 + 5,14487ICM$, $R^2 = 0,935$; $EM \text{ (kcal / kg)} = 1899,92 + 1,73917DEM$, $R^2 = 0,924$. Fase de crecimiento (22 - 42 días): $EMAN \text{ (kcal / kg)} = 3178,19 + 3,13276ICM$, $R^2 = 0,935$; $EMAN \text{ (kcal / kg)} = 2,496,32 + 1,1507DEM$, $R^2 = 0,987$. Se uso 600 aves de carne ,de 1 día de edad, distribuido en un diseño totalmente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones de 30 pollos cada uno. Los tratamientos fueron: T1 – EMAN de la ecuación ICM de maíz de calidad super (ICMA), T2 – EMAN de la ecuación ICM de maíz de mala calidad (ICMB), T3 – EMAN de la ecuación DEM de maíz de calidad superior (DEMA) y T4 – EMAN de la ecuación de DEM de maíz de calidad inferior (DEMB). Los maíces de calidad superior e inferior fueron caracterizado por: ICM - 90.95 y 72.86%, DM - 830 y 743 kg / m³. La exigencia nutricional se basan en el Manual de la línea genética y Tabla brasileños de Aves y Los cerdos (2005). En las fases experimentales: pre inicio (0-1 sem), inicial (0-3sem), crecimiento I (0- 5 sem) y crecimiento II (0-6sem) se evaluaron los datos de desempeño de producción: peso medio (PM), incremento diaria de peso (GPMD), el consumo de racion (CMR), conversión de alimento (CA) y la conversión calórica (CC). La información se analizó con el programa SAEG 9.1. No se encontró diferencias significativas ($p > 0,01$) de los grupos para las variables evaluadas. Los índices obtenidos para todos los tratamientos durante el experimento son consistentes con las normas propuestas en el Manual de la línea de aves. Estos resultados demuestran que la ecuaciones de predicción de la EMAN fueron eficaces en la predicción del valor de la energía de maíz utilizado en el formulaciones de dietas para pollos de engorde en las fases de inicio y crecimiento. Las ecuaciones de predicción de la EMAN, utilizando los resultados de la clasificación y la densidad de los lotes de maíz de diferentes calidades nutricionales, son métodos prácticos con alto poder predictivo para pollos de engorde en las dos fases de crianza

Corte Real *et al.* (4) en 2014, llevaron un estudio con el objetivo de calcular el valor nutricional de las diferentes partes de maíz obtenidos por la estratificación de una mesa densimétrica en pollitas de reemplazo. El maíz fue designado como MDA - maíz de alta densidad; MDI - maíz densidad media; MDB - maíz de baja densidad; MDT - maíz de densidad total, compuesta de 30% de la MDA, 60% de MDI y 10% de MDB. Para determinar la energía metabolizable corregida (AMEn) se utilizó un método para la recolección de heces con pollitas de la línea Hy Line en quince semanas. La AMEn (Kcal / Kg en MN) fueron los siguientes: 3467, 3340, 3217 y 3385 kcal / kg y la densidad (kg / m³): 818.61, 698.13, 681.80 y 736.39 para el MDA, MDI, MDB y MDT, respectivamente. El MDB mostró los valores más altos de todos los aminoácidos digestibles, con mayor intensidad para el

triptófano. Las fracciones de maíz fueron variables en cuanto a AMEn y perfiles de aminoácidos digestibles, lo que indica la necesidad de correcciones nutricionales para la formulación de dietas de costo mínimo.

Leeson y Summers (5) desde 2008 indica que el maíz de U.S.A de grado 2 generalmente es utilizado por la industria alimenticia en U.S.A., conforme el número de grado incrementa, la densidad disminuye y hay grandes niveles permisibles de grano dañado y materia extraña en la muestra. El maíz de grado 2 debe contener no más de 5% de granos dañados y 3% de material extraño. Mientras que los granos dañados es poco probable que afecten su valor de energía, el material extraño es probable que reduzca su valor energético y, por tanto, el valor monetario. Los granos quebrados son sitios potenciales para la infestación por hongos. Mientras que el maíz de grado 2 es el estándar para la alimentación animal, los grados más bajos a menudo están disponibles debido a las condiciones adversas de crecimiento, cosecha y almacenamiento. Dependiendo de la razón de grado inferior, el valor nutritivo del maíz por lo general disminuye con el incremento del número de grado. El valor energético de maíz disminuye en 10 – 15 kcal / kg por cada reducción de 1 libra en el peso bushel por debajo del estándar de 56 libras / bushel. La densidad del maíz grano con grado 2 es de 696 kg/ m³ (54 libras/bushel), mientras que con grado 4 es de 632 kg/m³ (49 libras/bushel)

krabbe y Sandri (6) el maíz y las fuentes de proteínas representan el 80% del costo de la ración. por lo tanto, es razonable prestar más atención a estos componentes, porque afectan la cadena de producción de manera relevante y si se presentan problemas de calidad las pérdidas serán importantes.

El problema de las micotoxinas ha sido durante mucho tiempo un foco de atención para la industria ganadera mundial. Sus efectos negativos sobre el rendimiento son significativos, ya sea al afectar directamente la digestión y absorción de nutrientes, o indirectamente al afectar el sistema inmunológico. Sin embargo, un descuido es el efecto de los hongos venenosos sobre el valor de los nutrientes de las materias primas utilizadas en la producción de raciones. Lo contaminante del grano por hongos aún puede ocurrir en la chacra y producir toxinas, lo que lleva a la contaminación del grano cosechado y las etapas posteriores de procesamiento y almacenamiento. La fase del secado es crítica porque, por varias razones, el grano puede almacenarse por mucho tiempo antes de secarse, provocando actividad fúngica debido a su proceso de calentamiento (6)

Tabla 1: Micotoxinas (ppb) de las fracciones de maíz

Fracciones	Aflatoxinas	Tricotecenos
FDA	0,00	26,4
FDI	79,0	61,5
FDB	115,5	98,5

FD

A, FDI E FDB: maíz de alta, intermedia y baja densidad.

Fuente: Couto(7) , (Citado por Krabbe y Sandri, 2013)

Tabla 2: Resultados de análisis micotoxicológicos

	Densidad <650	Densidad >750	Diferencia (15%)
AW	0,641	0,656	+2,3 %
Aflatoxina (ppb)	41,1	5,5	-86,6%
Zearalenona	480,5	75,5	-84,3 %
Fumonisina	6181	797	-87,1 %
Ergosterol	61,3	5,6	-90%
Energia (kcal)	3826	3956	+3,4 %
Proteína %	9,0	8,5	-6%
Lisina %	0,29	0,22	-24,1%

Fuente: LAMIC (8), (Citado por Krabbe y Sandri, 2013)

Tabla 3: Pérdidas de extracto etéreo y peso específico en granos de maíz almacenados por 60 días con niveles crecientes de humedad.

Humedad %	Extracto etéreo %	% Pérdida de extracto etéreo	Peso específico kg/m ³ *	% Pérdida peso específico
12	4,64	-----	750	-----
15	4,04	12,93	696	7,20
18	2,24	51,72	622	17,06

* = corregido a 88% de materia seca

Fuente: Krabbe (9)

Krabbe, (9) en año 1995, en condiciones se observan pérdida de 3% de la totalidad de granos que se almacenan a lo largo de un año, en años que del clima son muy favorable a la conservar de granos. En un año normal, estas pérdidas pueden llegar al 5%. Si consideramos que la pérdida es del 3%, eso significa que estamos perdiendo media tonelada de maíz ensacado. Se perdieron 500 sacos de maíz en el contenedor de 1000 toneladas

La Tabla 4 y 5 granos de maíz por medio de una mesa densimétrica.

Tabla 4: Clasificación de maíz, de fracciones obtenida en las mesas densimétrica

Clasificación	FDA	FDI	FDB
Quebrados %	8,45	44,09	57,89
Granos fermentados %	2,33	6,95	6,80
Perforados por insectos %	3,25	0,78	1,04
Chochos (de segunda) %	0,88	3,08	5,74
Impureza/ fragmento%	1,52	3,83	9,24
Material extraño %	0,00	0,28	9,61

FD

A, FDI E FDB: maíz de alta, intermedia y baja densidad.

Fuente: Couto (7) 2008 (Citado por Krabbe y Sandri (6) en el año 2013.

Tabla 5: Clasificación de diferentes fracciones de maíces estratificados por la mesa densimétrica, Brasil (1976)

Classificação	MDA	MDI	MDB	MDT
Quebrados (%)	5,13	22,65	46,87	17,28
Ardidos (%)	4,85	4,48	1,47	6,94
Carunchados (%)	1,89	3,69	0,63	2,83
Chochos (%)	0,25	1,35	2,64	1,21
Impureza/ Fragmento (%)	0,29	0,96	41,79	5,00
Material Estranho (%)	0,20	2,00	2,76	1,43
Total de defeitos (%)	12,61	35,13	96,16	34,69

MDA – milho de densidade alta; MDI – milho de densidade intermediária; MDB – milho de densidade baixa e MDT – milho de densidade total, composto de 30% de MDA, 60% de MDI e 10% de MDB.

Fuente: Corte Real *et al.* (4) en el año 2014.

Rostagno *et al.* (11) reportan una ecuación para estimar la Energía Metabolizable perdida (EMp) para Aves en Función de la Clasificación/Tipo de Maíz:

$$EMp = -0,064 + 1,62 QBR + 6,98 FRIM + 10,06 FUN + 12,28 INS + 5,87 ADC$$

Dónde:

EMp = Energía Metabolizable Pérdida para Aves, Kcal/kg.

QBR = Granos Quebrados, %

FRIM = Fragmentos de Granos e Impurezas, %

FUN = Granos Atacados por Hongos, %

INS = Granos Atacados por Insectos, %

ADC = Granos Atacados por Diversas Causas, %

Tabla 6: Perdidas del valor energético (Kcal/Kg) de las fracciones de maíces en base a las ecuaciones de Rostagno (11)

	MDA ¹	MDI ²	MDB ³	MDT ⁴
	(kcal/ kg)			
Quebrados	8,31	36,69	75,93	27,99
Ardidos	48,79	45,07	14,82	69,78
Carunchados	23,17	45,35	7,70	34,75
Chochos	1,77	9,40	18,45	8,42
Impureza/ Fragmentos	2,02	6,72	291,67	34,90
Material Estranho	1,17	11,72	16,22	8,39
EMp	85,17	154,89	424,72	184,18

EMp: energia metabolizável perdida para aves (kcal/kg). ¹MDA – milho de densidade alta; ²MDI – milho de densidade intermediária; ³MDB – milho de densidade baixa e ⁴MDT – milho de densidade total, composto de 30% de MDA, 60% de MDI e 10% de MDB.

Fuente: Corte Real *et al.* (4).

Leeson y Summers (5), La densidad aparente de cereales individuales se correlaciona con el valor energético y contenido de proteínas. En norte América, la medida habitual es el peso de bushel, mientras que el equivalente métrico común es kg/hl. El peso de 100 granos de cereal también se utiliza como un indicador de la densidad aparente. Bajo condiciones de crecimiento normales, a medida que disminuye la densidad aparente, hay por lo general una reducción en el nivel de energía, principalmente asociado con la reducción en el contenido de almidón de la endosperma. Al mismo tiempo el contenido de proteína a menudo aumenta. La densidad aparente es también una medida útil para calcular el espacio de almacenamiento dentro de la fábrica o molino

Tabla 7: Niveles de Energía Metabolizable Aparente (EMA), corregida para Nitrógeno

2.2.4 Composición química del maíz

	MDA ¹	MDI ²	MDB ³	MDT ⁴
EMA (Kcal/kg MS)	4003(±56,64)a	3872(±61,16)a	3704(±78,76)b	3910(±116,02)a
EMAn (Kcal/kg MS)	3907(±56,00)a	3768(±52,85)b	3617(±46,76)c	3801(±109,10)b
EMA (Kcal/kg MN)	3552(±50,27)a	3432(±54,21)b	3295(±69,85)c	3482(±97,16)ab
EMAn (Kcal/kg MN)	3467(±49,70)a	3340(±46,85)b	3217(±41,59)c	3385(±97,16)ab
CMAEB (%)	87,37(±1,19)a	85,26(±1,28)ab	83,67(±1,68)c	87,38(±2,47)a

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si segundo o Teste de Newman Keuls (p<0,05).
¹MDA – milho de densidade alta; ²MDI – milho de densidade intermediária; ³MDB – milho de densidade baixa e ⁴MDT – milho de densidade total composto de 30% de MDA, 60% de MDI e 10% de MDB.

La composición química del maíz depende de varios factores, uno de esos es su densidad, algunos resultados del valor nutricional en función de la densidad son presentados en la Tabla 8.

Tabla 8: Composición química de maíces de diferentes densidades

Nutrientes%		MDA ¹	MDI ²	MDB ³	MDT ⁴
PB	%	7,85b	7,06b	9,43a	7,45b
EE	%	4,61a	3,26b	3,91b	3,78b
FB	%	2,22b	4,01a	2,26b	1,16bc
MM	%	1,17a	1,95a	1,43a	1,16a
ENN ⁵	%	73,23a	72,62a	71,92a	74,86a
Cálcio	%	0,06a	0,06a	0,09a	0,11a
P total	%	0,19a	0,18a	0,21a	0,19a
P disp. ⁶	%	0,06a	0,06a	0,07a	0,06a

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si segundo o Teste de Newman Keuls (p<0,05).
¹MDA – milho de densidade alta; ²MDI – milho de densidade intermediária; ³MDB – milho de densidade baixa e ⁴MDT – milho de densidade total composto de 30% de MDA, 60% de MDI e 10% de MDB.
⁵ENN (Extrato não nitrogenado) = 100 – (UM + PB + EE + MM + FB); ⁶P disponível: fósforo disponível = calculado pelo fator de correção obtido nas Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos (2005); PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FB: fibra bruta; MM: matéria mineral; P total: fósforo total.

Fuente: Corte Real et al. (4) 2014

Vieira *et al.* (12) analizaron los valores de energía de 45 maíz híbridos para pollos de engorde, encontraron que el nivel de EMAn varió de 3405 a 4013 kcal / kg. Estos resultado variables pudieron estar relacionados con diferentes niveles de lípidos. Wang y Parsons (1998), evaluaron valores de energía de maíz con niveles crecientes de extracto etéreo (del 5,9% al 6,6% y 9,5% de materia seca), y también encontraron una relación positiva entre los valores de energía y los niveles de aceite en los alimentos. En la Tabla 9 de los niveles de EMAn en función de su composición química, física y edad de los pollitos.

Hruby (13) en el 2005 realizó un experimento utilizando 60 tipos diferentes de maíz proveniente de 13 países, que representaron a América del Norte, América del Sur, Europa y Asia. Las muestras de maíz se incluyeron en diferentes dietas, formuladas para contener 55% de las muestras en una ración de valores, y ofrecidas a pollo de engorde. Se evaluaron variables como la energía digestible ileal y el peso de los animales a los 28 días de edad. La energía ileal varió de 2360 kcal / kg a 3931 kcal / kg, mientras que la variación de peso vivo fue 747 a 1301g. Esta variación fue causada exclusivamente por la variación en la calidad del maíz, ya que todos los demás nutrientes tenían su composición conocida. Es evidente que una variación significativa en el valor nutricional del maíz conduce directamente a la variación en el peso y conversión de alimento de los animales.

Oviedo *et al.* (14) indica que un modelo, se puede definir como la descripción de las matemáticas, por medio de algunas ecuaciones, de procesos biológicos como la etapa de crecimientos y la producción de huevos, incubación, digestiones y utilización de nutrientes así como de procesos empresariales y sistemas de manejo de costos. De esta forma se utiliza la variable cuantitativa para representar el factor que influencia el fenómeno. Los modelos pueden ser clasificados en lineal y no lineal. La gran parte de los modelos utilizados en la avicultura son de tipo lineal ya que son más fáciles de emplear en análisis estadísticos. Pero muchos fenómenos biológicos y económicos son mejor descritos por modelos no lineales, como los modelos que describen el crecimiento de las aves, aumento de peso en función del tiempo.

Rodriguez *et al.* (15) encontraron que las variables fibra detergente neutro (FDN) o las fibras brutas (FB) y los minerales (MM) puede ser utilizado para predecir los valores de energía del maíz y sus derivados. Ellos encontraron dos ecuaciones de predicción a partir de dichas variables:

$$EMAn = 4281,6 - 39,97FDN - 72,90MM (R^2 = 0,96) \text{ o}$$

$$EMAn = 4354,8 - 112,05FB - 151,74MM (R^2 = 0,95)$$

Tokkie y Koster (16) indica la palabra "espectroscopia" proviene de la raíz latina espectro (apariencia, imagen) y de la raíz griega skopia (ver). Esta definición describe con precisión la medición espectroscópica en sí. Por ejemplo: Una muestra una imagen pequeña. .

Tokkie y Koster, (16). Básicamente, la tecnología del infrarrojo cercano implican las interacciones de la luz y los materiales, donde la radiación electromagnética se produce en forma de ondas. La longitud de onda es las distancias entre dos picos o puntos más altos, denotada por el símbolo λ . Las longitudes de onda en los espectros NIR generalmente se miden en nanómetros (nm), donde 1 nm = 10^{-9} m o 1000

nm = 0,001 mm. Las partes del espectro visible para el ojo humano se extiende desde aprox.400 nm a 800 nm, mientras que el espectro infrarrojo se extiende desde aprox.2500 nm a 25 000 nm. El infrarrojo cercano se considera la parte del espectro que se encuentra entre las regiones visible e infrarroja. NIR cubre los rangos de longitud de onda de 750 nm a 2600 nm

De Boever *et al.*, (17) el principio de NIRS se basa en el uso de las absorciones selectivas de las radiaciones electromagnéticas de 800 a 2500 nm de acuerdo con la característica de frecuencias de vibración de los grupos funcionales (De Boever *et al.*, 1994). Tiene la capacidad para medir enlaces CH, NH, OH, que forman los grupos funcionales en la humedad, proteína, aminoácidos, fibra, azúcares y grasas en las sustancias biológicas. Aunque, complejos orgánicos se pueden detectar (Shenk *et al.*, 1992), no existen bandas de absorción de los minerales en la región del infrarrojo cercano. Cada sustancia biológica tiene un único espectro compuesto NIRS, dependiendo de su característica de grupos funcionales; el espectro NIRS de una muestra es la composición de toda la información físicas y químicas de las muestras

Church, (18) la producción de huevos para consumo humano requiere una adecuada alimentación, y esta a su vez depende de una dieta balanceada correctamente, que solo se consigue con conocer con precisión su valor nutricional de sus ingredientes, por lo tanto, el valor nutricional de los alimentos es de gran impacto en la economía y nutricional. En efecto, con este conocimiento nutricional, y el de los que requiere e animal, clara acerca de cómo deben suplementarse para una máxima respuesta productiva animal

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1 Fecha y periodo del estudio

Julio del 2023 a Noviembre del 2023

2.2 Lugar de ejecución

La ejecución del estudio se llevo acabo en las instalacones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” FMVZ-UNICA – Ex Fundo Hijaya - Chincha – Ica – Perú.

- a. Lugar de muestreo: Se llevó a cabo en el Molino Saravia
- b. Lugar de análisis: Se realizó en el laboratorio de Investigación en Nutrición R&D de la Facultad de de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad San Luis Gonzaga . cito en Chincha.

2.3 Localización geográfica y meteorológica del estudio:

Chincha se encuentra situado en el km 188 al sur de la Provincia de Lima

Latitud	13°27'45''
Longitud	76°08'00''
Altitud	50 msnm
Humedad	58.75%

Fuente: Estación Meteorológica de Chincha (FONAGRO - 2014)

2.4 Materiales y Equipo

a. Equipo:

NIRS: El equipo fue espectrofotómetro infrarrojo cercano, Modelo XDS near-infrared FOSS. (FOSS NIR SYSTEMS) y utilizando el Programa ISIScan

Balanza de precisión: SHORE SC6010, Capacidad 600gr

Molino de laboratorio: Molino de rotor FOSS CYCLOTEC 1093 de criba 1mm

b. Materiales:

Maíz: Se utilizaron muestras de maíz de granjas comerciales y centros de ventas de ingredientes alimenticios y de dos procedencias de origen: maíz nacional y maíz americano.

Probetas graduadas

Guante descartable

Papel

2.5 Tamaño de la Muestra

Se utilizaron 25 muestras de granos de maíz de procedencia nacional e importado americano, los cuales fueron clasificadas en 3 grupos de acuerdo a las variables a evaluar.

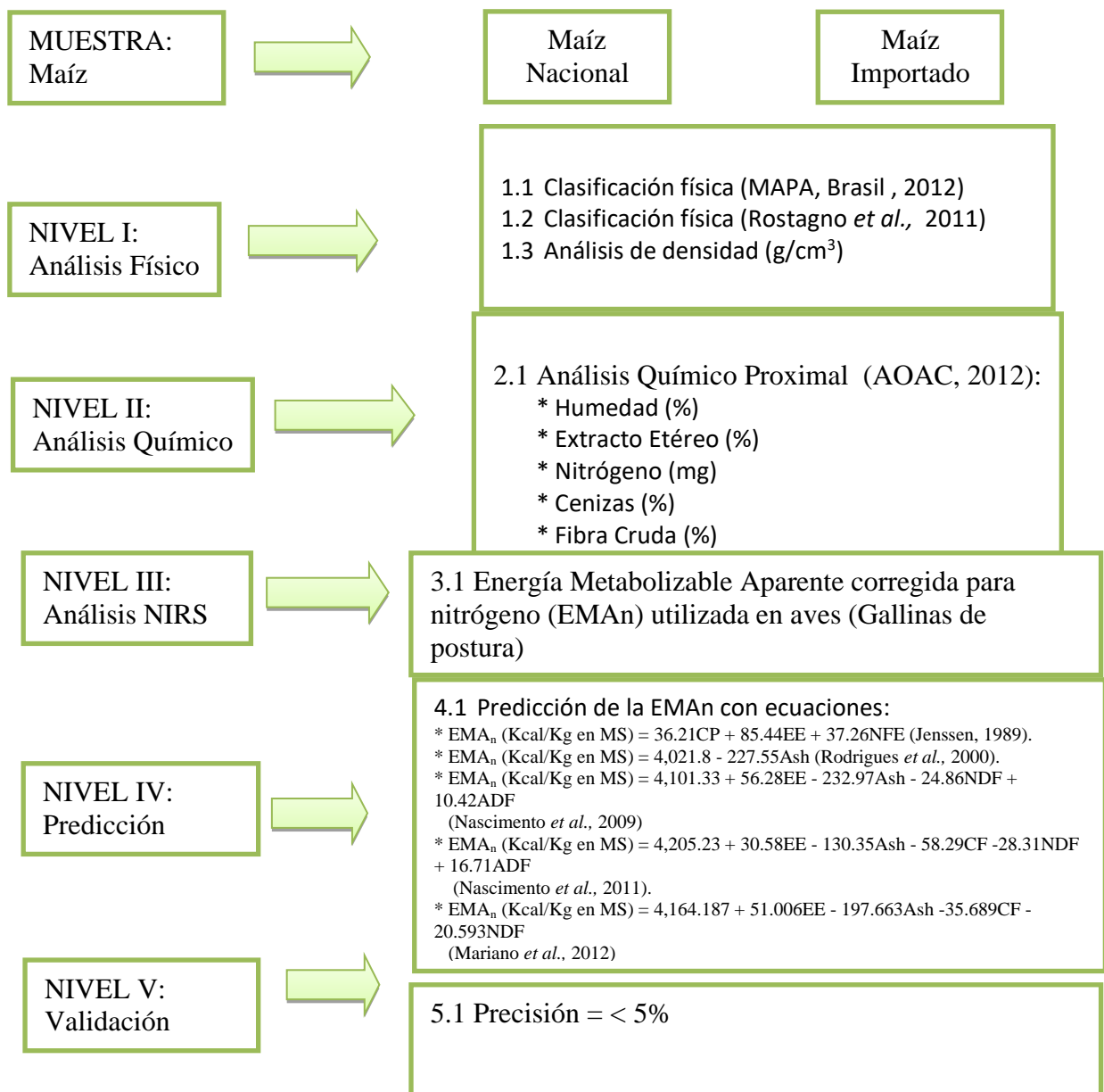
2.6 Procedimiento de la investigación:

La presente de tipo descriptivo, longitudinal y prospectivo.

2.6.1 Flujo grama de la metodología a desarrollar

En la Figura 1 se resume en forma general los niveles de la metodología desarrollada

Figura 1: FLUJOGRAMA DE PROCESO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PREDICCIÓN DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE (EMAn) DEL MAÍZ UTILIZADA EN GALLINAS PONEDORAS



2.6.2 Descripción de la metodología a desarrollar

El procedimiento y los métodos que se desarrollaron en esta investigación fueron estructurados en cinco niveles, que se detallan a continuación:

Nivel I: Análisis físico del grano de maíz

a. Análisis por clasificación de los granos

La clasificación de los maíces se hizo de acuerdo a dos patrones confiables, que son:

a.1 Clasificación física en base a patrones de Brasil (MAPA, 2011)

Se realizó la clasificación del maíz, de acuerdo a los patrones del Ministerio de Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento de Brasil (MAPA, 2011), que se observa en la Tabla 10.

Tabla 10: Límites máximos de tolerancia expresados en porcentaje (%)

Clasificación	Granos avariados		Granos quebrados	Materias extrañas	Carunchado
	Ardidos	Total			
Tipo 1	1,0	6,00	3,00	1,00	2,00
Tipo 2	2,0	10,00	4,00	1,50	3,00
Tipo 3	3,0	15,00	5,00	2,00	4,00
Fuera de tipo	5,0	20,00	>5,00	>2,00	8,00

Fuente: MAPA (2011)

Este patrón de clasificación, establecida a través de la norma N° 60 del Ministerios de Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento del 22 de Diciembre del 2011 y que entro en vigencia el 2013, considera las siguientes especificaciones:

- **Granos “avariados”**: granos o pedazos de granos que presente ardidos, chochos imaturos, fermentado, germinado, gessado e mofado;
- **Granos “ardidos”**: los granos o trozos de granos que tienen oscurecimiento total, por la acción del calor, la humedad o la fermentación avanzada alcanzando a toda la masa de granos, también son considerado como ardidos debido a la similitud de su aspecto, el grano totalmente quemado;
- **Granos “chochos ou imaturos”**: granos carentes de masa interna, rígidos y que se han marchitado por el desarrollo fisiológico incompleto, y los pequeños granos y los de endospermo córneo (punta de espiga) no será considerado chochos o inmaduro, se consideran grano normal;

- **Granos “fermentados”**: los granos o pedazos de granos que tienen oscurecimiento parcial del germen o endospermo causado por fermentación o calor, también ser considerado fermentado, debido a la similitud de apariencia, los granos que están parcialmente quemado; granos que presentan plúmula púrpura, como característica de la variedad, no se consideran granos defectuosos;
- **Granos germinados**: granos o trozos de granos que tienen germinación temprana visible;
- **Granos gessados (calcáreo)**: los granos o trozos de granos que han sufrido variaciones en su color natural, que presenta un color blanquecino a opaco, mostrando en su interior todo el endospermo amiláceo en color y la apariencia de yeso (la masa);
- **Granos mofados (hongeados)**: los granos o pedazos de granos que tienen contaminación fúngica (moho) visible a simple vista, independientemente del tamaño de la zona afectada, así como granos o piezas de granos que presentan verdoso o azulado en el germen producida por la presencia de hongos;
- **Granos quebrados**: los trozos de granos que se filtran por un tamiz circular de 5,00 mm (cinco milímetros) de diámetro y son retenido en el tamiz circular de 3,00 mm (3 milímetros) de diámetro;
- **Impurezas**: piezas de granos que se filtraron a través del tamiz circulares de 3,00 mm y como restos del producto en sí a ser retenido en tamices tamiz circular de 5,00 mm y 3,00 mm de diámetro, que no son granos o piezas de granos de maíz;
- **Materias extrañas**: los cuerpos o restos de cualquier naturaleza, extraños al producto, tales como granos u semillas de otras especies vegetales, suciedad, insectos muertos, entre otros;
- **Granos carunchados**: son los granos o trozos de granos que han sido atacado por los insectos considerados plagas de almacén en cualquiera de sus etapas evolutivas.

a.3 Índice de clasificación del maíz (ICM) (Santos, 2011)

Serán cuantificados los porcentajes de las muestras de granos del maíz: quebrados, ardidos, chochos, carunchados, fragmentos, impurezas y materiales extraños, y luego estos valores serán utilizados para la determinación del ICM, en base a la ecuación siguiente:

ICM= 100 - [% averiados totales) - (% impurezas + fragmentos) – (% materiales extraños)**

Donde:

****averiados totales = (% quebrados + % ardidos + % chochos + % carunchados)**

a.4 Análisis de Densidad (g/cm³) del maíz

El análisis de densidad del maíz grano consiste en pesaje de una muestra de maíz y colocar en unas probetas graduadas y luego calcular la relación peso/volumen en las unidades g/L.

Nivel II: Análisis Químico del maíz

a. Análisis proximal:

Referido al análisis químico proximal que se someterá a las muestras de maíz nacional e importado, este análisis que comprende seis fracciones nutricionales que son:

- Humedades (%)
- Proteínas crudas (%)
- Fibras crudas (%)
- Extractos etéreos (%)
- Cenizas (%)
- Extracto Libre de Nitrógeno (%)

Nivel III: Análisis del maíz con técnica NIRS:

a. Del Laboratorio NIR.

a.1. Ambiente requerido.

- **Humedad:** La humedad relativa de los ambientes donde se encuentran el equipo FOSS debe ser constante en los siguientes rangos: **entre 40 y 60% (ideal).**
- **luminosidad:** los niveles de luminosidad debe ser ambientales no utilizar reflectores o lámpara de luz intensa y al utilizar el equipo con la **pata cerrada.**
Temperatura: la temperatura ambiental deberá ser constante entre **18 y 22**
- °C.

a.2 Equipo NIR.

- **La estandarización:** Es necesaria y específica para cada para cada instrumento.
- **Tiempo para análisis después de la ignición del equipo:** Aguarde, por lo menos, 30 minutos después de la ignición del instrumento, para iniciar los análisis.
- **El control de test:** Los test se deben ejecutar a cada principio del trabajo, (Performance Test, Self Test) estos deberán ser superados para iniciar las pruebas con el instrumento.

a.3 Tipo de célula o celda:

- **Ncp:** utilizado con muestras no trituradas 250 gr.
- **Rectangular:** utilizado con muestras trituradas de granulación (1 mm) de 50 gr.
- **Circular:** Para muestras trituradas de fina granulación (1 mm).

a.4 Metodología del proceso de la muestra

- **Molino de Rotor:** Utilice molino con rotor FOSS cyclotec 1093, equipado con tamiz de 1 mm.
- **La granulometría:** moler la muestra a 1mm para poder utilizar la celda rectangular.
- **Tiempo para análisis después de moler la muestra:** se recomienda esperar el mínimo de 30 minutos antes de escanear la muestra a temperatura ambiente.

a.5 Relacionado con el operador.

- **El operador en la preparación de la muestra:** Evite la formación de espacios vacíos y llenar las células de la siguiente manera.
- **Célula NPC:** llenar cerca de 75 %.
- **Célula rectangular:** llenar 100 %.

a.6 Metodología de la toma de muestra.

- Las tomas de muestras se realizan al ingreso de los camiones antes de ingresar a la planta de alimentos balanceados.
- Se toma las muestras de los camiones, si el insumo viene en sacos se tomaran seis muestras, tres muestras equidistantes de cada lado del camión, en caso de los insumos a granel se tomaran seis muestras por camión, dos muestras al inicio, dos muestras en el centro y dos muestras al final del camión, el peso de las muestras será aproximadamente 350gr.
- Las muestras se trasladaran al laboratorio de calidad de insumos y se procederá a tomar las sub muestras en los frascos contenedores, aproximado 100 gr. luego se realizara la molienda del insumo a un milímetro de criba del molino FOSS cyclotec. 1093 que se encuentra en el laboratorio.
- Luego la muestra pasara al lugar de climatización de la muestra durante 30 minutos, transcurrido este tiempo se podrá realizar el análisis de la muestra en el equipo NIR.
- Se toma las muestras se vierte aproximadamente 100 gr de la muestra en la celda rectangular se codifica en el ISI scan

Nivel IV: Predicción del contenido de EMAn con uso de ecuaciones

Se utilizaran 7 ecuaciones de predicción de la EMAn, que son los siguientes:

a. EMA_n (Kcal/Kg en MS) = 36.21CP + 85.44EE + 37.26NFE

(Jenssen, 1989)

b. EMA_n (Kcal/Kg en MS) = 4,021.8 - 227.55Ash

(Rodrigues *et al.*, 2000).

c. EMA_n (Kcal/Kg en MS) = 4,101.33 + 56.28EE - 232.97Ash - 24.86NDF + 10.42ADF

(Nascimento *et al.*, 2009)

d. EMA_n (Kcal/Kg en MS) = 4,205.23 + 30.58EE - 130.35Ash - 58.29CF - 28.31NDF + 16.71ADF

(Nascimento *et al.*, 2011).

e. EMA_n (Kcal/Kg en MS) = 4,164.187 + 51.006EE - 197.663Ash - 35.689CF - 20.593NDF

(Mariano *et al.*, 2012)

f. EMA_n (kcal/kg) = 3239 - 1,58 ICM + 0,050 ICM²

(Lyra, 2011)

g. EMA_n (kcal/kg) = 2200 + 1,57 DEM

(Lyra, 2011)

Nivel V: Validación de los valores de EMAn estimados por las ecuaciones de predicción

Se consideró una precisión de 5% como máximo, medido como coeficiente de variación (%).

2.7 Tratamiento de la Investigación

La información fue ordenada en dos grupos como tratamientos para evaluar y procesar estadísticamente, en base a la procedencia del grano.

T1 = Estimación de la EMAn con el uso de ecuaciones de predicción (físico-químico)

T2 = Determinación indirecta de la EMAn con el uso de la técnica NIRS.

2.8 Variables de la evaluación

2.8.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:

a. Procedencia del maíz:

a.1 Nacional

a.2 Importado (Americano)

b. Calidad del maíz

b.1 Características físicas:

- Densidad (g/L)
- Índice de Clasificación del Maíz (ICM)
- Granos quebrados (%)
- Granos fragmentados e impurezas (%)
- Granos contaminados por hongos
- Granos atacados por insectos (%)
- Granos afectados por diferentes causas (%)

b.2 Características Químicas:

- Análisis proximal (Humedad, Proteína cruda, Extracto etéreo, ceniza, fibra Cruda y Extracto Libre de nitrógeno).

2.8.2 VARIABLE DEPENDIENTE:

- a. Energía Metabolizable Aparente corregida (EMAn) (Kcal de EMAn / Kg de maíz):
 - a.1 EMAn obtenidas con las ecuaciones de predicción
 - a.2 EMAn obtenidas con la técnica NIRS

2.9 Técnicas e instrumentos de la recolección de información

Para el procesamiento de los datos, identificación, cuantificación y análisis:

Hardware

Computadora personal Intel Core I5, de 3.41 Gb Memoria Ram

- Monitor
- Placa Intel integrada con video/sonido/red.
- Microprocesador
- Disco duro
- Memoria Ram
- Lectora .
- Drive 1.44.
- Impresoras Hp deskjet 2211

Software

- Licencia de Windows XP.
- Microsoft Word y Excel 2011

2.10 Diseño de la investigación

Es un diseño completamente al azar DCA

2.11 Análisis estadístico

Se procedió a realizar lo siguiente:

- Recolección de la data.
- Revisión de la data.
- Clasificación de información.
- Resumen .

Los datos obtenidos de las variables evaluadas fueron :

- Estadística descriptiva (media, desviación , Cv)
- Prueba de T – Student
- ANVA

- Tukey

Para el que se uso el procedimiento del modelo general lineal (GLM) de SAS (SAS Institute, 2003), versión 9.1.

Se consideró que un nivel de significancia de $P < 0.05$, será estadísticamente significativo.

III. RESULTADOS

En la Tabla 11 se presenta los promedios de los analisis fisicos de densidad (g/l) e indice de clasificacion del maiz (ICM; %) del maiz nacional e importado Americano.

Tabla 11: Densidad (g/l) e indice de clasificacion del maiz (ICM;%) del maiz nacional e importado Americano.

CLASIFICACION FISICA	DENSIDAD (g/l ±DE)	ICM (% ±DE)
MAIZ		
NACIONAL	785.05 ^a ±5.48	84.59 ^a ±0.52
AMERICANO	734.24 ^b ±6.99	78.94 ^b ±1.94
ESTADISTICA		
P-value	0.0006	0.0083
C.V. (%)	0.82	1.74

^(a,b) = promedios con letras como superindice diferente muestran estadistica significativa al analisis de Tukey (P<0.05). DE=desviacion estandar.

En la Tabla 12, se presentan los resultados del analisis promedios de los analisis quimicos (Analisis proximal) del maiz nacional e importado Americano.

Tabla 12: Analisis proximal (%) del maiz nacional e importado Americano.

ANALISIS PROXIMAL	MAIZ NACIONAL	MAIZ IMPORTADO
Materia seca (%)	87.98	88.49
Humedad (%)	12.02	11.51
Proteína cruda (%)	9.77	8.32
Extracto etéreo (%)	4.51	3.49
Fibra cruda (%)	2.02	2.45
Ceniza (%)	1.01	1.15
Extracto Libre de Nitrógeno (NIFEX)	70.66	73.07
TOTAL	100.00	100.00

En la Tabla 13, energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EMAn) del maíz nacional e importado Americano obtenida por las ecuaciones de predicción.

Tabla 13: Energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EMAn) del maíz nacional e importado Americano estimadas por las ecuaciones evaluadas.

ECUACIONES	MAIZ	MAIZ
	NACIONA L	IMPORTAD O
1. EMAn (Kcal/Kg en MS) = 36.21CP + 85.44EE + 37.26NFE EMAn (Kcal/Kg BF) (Jenssen <i>et al.</i> , 1989)	3371.53 2965.93	3322.04 2939.34
2. EMAn (Kcal/Kg en MS) = 4,021.8 - 227.55Ash EMAn (Kcal/Kg BF) (Rodrigues <i>et al.</i> , 2000)	3771.49 3349.46	3760.11 3327.20
3. EMAn (Kcal/Kg en MS) = 4,101.33 + 56.28EE - 232.97Ash - 24.86NDF + 10.42ADF EMAN (Kcal/Kg BF) (Nascimento <i>et al.</i> , 2009)	3888.53 3421.00	3799.29 3361.86
4. EMAn (Kcal/Kg en MS) = 4,205.23 + 30.58EE - 130.35Ash - 58.29CF -28.31NDF + 16.71ADF EMAn (Kcal/Kg BF) (Nascimento <i>et al.</i> , 2011)	3844.91 3382.62	3770.84 3336.69
5. EMAn (Kcal/Kg en MS) = 4,164.187 + 51.006EE - 197.663Ash -35.689CF - 20.593NDF EMAn (Kcal/Kg BF) (Mariano <i>et al.</i> , (2012)	3823.75 3364.01	3770.84 3336.69
6. EMAn (kcal/kg BF) = 3239.26 - 1,58092 ICM + 0,0504687 ICM2 (Lyra Chiquieri, 2011)	3466.65	3428.95
7. EMAn (kcal/kg BF) = 2199.99+ 1,57457 DEM (Lyra Chiquieri, 2011)	3436.10	3356.10

En la Tabla 14 se presentan los resultados del nivel de EMAn obtenidos a través del NIRS del maíz nacional e importado Americano.

Tabla 14: Energía metabolizable aparente corregidas por nitrógeno (EMAn; Kcal/Kg) del maíz nacional e importado Americano.

CLASIFICACION FISICA	EMAn (Kcal/Kg ±DE)
MAIZ	
NACIONAL	3408.33 ^a ±1.52
AMERICANO	3374.66 ^b ±4.16
ESTADISTICA	
P-value	0.0002
C.V. (%)	0.092

(^{a,b}) = letras como superíndice diferentes indican diferencias estadísticas significativas al análisis de Tukey (P<0.05). DE=desviación estándar.

En las Tabla 15, 16, 17 y 18 se presentan los resultados de la comparación de la EMAn del maíz nacional e importado Americano precedidas por sus características físicas y químicas y por la metodología NIRS

Tabla 15: Comparación del nivel de energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EMAn; Kcal/Kg) del maíz nacional por la metodología NIRS versus análisis proximal

METODO	EMAn (Kcal/Kg ±DE)
NIRS	3408.33 ^a ±1.52
ECUACION DE PREDICCIÓN (A. PROXIMAL)	3420.94 ^a ±25.62
ESTADISTICA	
P-value	0.4846
C.V. (%)	0.53

(^a) = promedios con letras como superíndice similares indican diferencia estadística no significativa al análisis de Tukey (P>0.05). DE=desviación estándar.

Tabla 16: Comparacion del nivel de energia metabolizable aparente corregida por nitrogeno (EMAn; Kcal/Kg) del maiz importado Americano por la metodologia NIRS versus metodologia de ecuacion de prediccion en base a analisis proximal

METODO	EMAn (Kcal/Kg ±DE)
NIRS	3374.67 ^a ±4.16
ECUACION DE PREDICCION (A. PROXIMAL) (Nascimento <i>et al</i>, 2009)	3361.85 ^a ±19.70
ESTADISTICA	
P-value	0.3324
C.V. (%)	0.422

(^a) = no significancia.

Tabla 17: Comparacion del nivel de energia metabolizable aparente corregida por nitrogeno (EMAn; Kcal/Kg) del maiz nacional e importado por la metodologia NIRS versus metodologia de ecuacion de prediccion en base ICM

ORIGEN MAIZ	MAIZ NACIONAL (Kcal/Kg ±DE)	MAIZ IMPORTADO A (Kcal/Kg ±DE)
METODOLOGIA		
NIRS	3408.33 ^b ±1.52	3374.66 ^b ±4.16
ECUACION DE PREDICCION	3466.66 ^a ±3.63	3429.08 ^a ±12.35
ESTADISTICA		
P-value	<.0001	0.0019
C.V. (%)	0.081	0.270

(^{a,b}) = promedios con letras como superindice diferente indican diferencia estadistica significativa al analisis de Tukey (P<0.05). DE=desviacion estandar.

Tabla 18: Energia metabolizable aparente corregida por nitrogeno (EMAn; Kcal/Kg) del maiz nacional e importado por la metodologia NIRS versus metodologia de ecuacion de prediccion en base a densidad

ORIGEN MAIZ	MAIZ NACIONAL (Kcal/Kg ±DE)	MAIZ IMPORTADO A (Kcal/Kg ±DE)
METODOLOGIA		
NIRS	3408.33 ^b ±1.52	3374.66 ^a ±4.16
ECUACION DE PREDICCIÓN (DENSIDAD) (Lyra Chiquieri, 2011)	3436.10 ^a ±8.62	3356.10 ^a ±11.01
ESTADISTICA		
P-value	0.0054	0.052
C.V. (%)	0.181	0.247

^(a,b) = letras diferentes analisis de Tukey (P<0.05). DE=desviacion estandar.

IV. DISCUSION

El maíz es el principal ingrediente como fuente energética en las dietas de gallinas de postura, como tal, influye grandemente sobre la producción y costo de alimentación de huevos de consumo. Es el ingrediente de mayor inclusión (60-80%) en la composición de la alimentación para las aves y cerdos, varía mucho en composición y calidad, no siempre se puede obtener un maíz de la calidad deseada (Rodríguez, 2014). (18)

La necesidad de un ensayo rápido capaz de medir la energía biológicamente disponible está bien reconocida por aquellos interesados en la compra de ingredientes para piensos, la formulación de dietas para aves y el control de calidad de alimentos mixtos. Las técnicas convencionales de ensayo biológico para energía metabolizable (EM) requieren más tiempo del que normalmente está disponible cuando los datos se van a utilizar en las prácticas anteriores. Las tablas de datos de EM derivados biológicamente, si bien pueden servir como guías útiles para los compradores de ingredientes y formuladores de dietas, no son del todo satisfactorias ya que los valores de EM para muestras de un ingrediente pueden ser extremadamente variables (Sibbald *et al.*, 1962). (19)

Una de las primeras ecuaciones utilizadas para predecir EM de ingredientes en aves fue la reportada por Carpenter and Clegg (1956), cuyo contenido de EM (cal/Kg) = $(0.59 \times \% \text{ MS}) + 38B$. Donde: $B = (\% \text{ proteína cruda} + 2.25 \times \% \text{ extracto etéreo} + 1.1 \times \% \text{ almidón} + \% \text{ de azúcar})$. Esta ecuación fue utilizada por Davidson *et al.* (1961) y encontró una relación cercana entre los valores pronosticados de EM y los derivados de ensayos biológicos.

La respuesta animal depende de su alimentación y ésta de la calidad y valoración nutricional, que pasa por el aspecto económico, siendo el grano de maíz la principal fuente de energía y la primera en importancia en el costo de la dieta. Las formulaciones de las dietas balanceadas se utiliza la información científica de las tablas de composición de los ingredientes (NRC, 1994; Rostagno *et al.*, 2011; FEDNA, 2016; INRA, entre otros), sin embargo, los valores químicos, así como las características físicas del maíz son muy variables, tanto en el maíz nacional como el importado, lo que influye directamente sobre su contenido de EM a utilizar en las formulaciones de las dietas para gallinas de postura, por lo que el valor promedio de EM de dichas tablas pueden diferir del verdadero valor de EM del maíz a utilizar en la formulación, estas diferencias obedecen a múltiples factores.

Determinar el contenido de EM es un proceso sofisticado que demanda tiempo y es costoso, sin embargo, caracterizar su calidad física a través de patrones de clasificación y densidad (g/cm^3) y análisis proximal podrían brindar información confiable que permita generar ecuaciones de

predicción que integran esta información para una determinación indirecta de la EM más precisa y confiable en su aplicación práctica.

En la actualidad, los valores energéticos de las dietas es un factor importante en la preparación de alimentos. La energía es importante desde el punto de vista de una dieta nutricional equilibrada. Dietas con un exceso o deficiencia de energía pueden reducir el rendimiento debido al desequilibrio de los nutrientes en su metabolismo. Por lo tanto, el ajuste correcto del nivel de energía en la dieta es importante para garantizar la eficiencia de la producción. Sin embargo, uno de la mayor dificultad hoy, es el conocimiento real de la composición de energía de los ingredientes, lo que directamente interfiere con los niveles de energía del alimento y, en consecuencia, en su balance de nutrientes (Alvarenga *et al.*, 2013).(20)

De acuerdo al estudio, se encontraron que las características físicas (ICM y densidad) del maíz nacional y Americano fueron significativamente diferentes, lo que conlleva a que los valores de EMAn fueran diferentes estadísticamente.

De acuerdo a la ecuación de predicción, que toma como base los datos del análisis proximal (Nascimento *et al.*, 2009) fue el de mejor predicción del valor de EMAn, ya que los valores obtenidos fueron similares estadísticamente ($P>0.05$) a los obtenidos por la metodología NIRS, las otras ecuaciones que consideran los valores de análisis proximal no fueron buenos estimadores de la EMAn.

La ecuación de predicción que toma como base la densidad (Lyra Chiquieri, 2011) solo predice los valores de EMAn del maíz importado. Sin embargo, no predice adecuadamente los valores de EMAn del maíz nacional.

La energía aparente corregidas por nivel de nitrógeno (EMAn) del maíz, por ser el principal ingrediente energético y el de mayor porcentaje de inclusión en las dietas, tiene impactos sobre las respuestas productivas y económicas en la producción avícola, por lo tanto cualquier evaluación que contribuya a mejorar la precisión de su contenido, justifica el estudio.

Se conoce que el contenido de EMAn del maíz depende de muchos factores, básicamente de sus características físicas y químicas. En la actualidad existen algunas ecuaciones, que toman en cuenta estas características para predecir el contenido de EMAn para aves y que se requiere sean evaluadas como herramientas útiles en precisar el contenido de EMAn del maíz grano.

El grano de maíz es la principal fuente de energía en las dietas de las aves de cría intensiva, por lo tanto, la información precisa sobre su contenido de energía efectiva es de importancia para los nutricionistas. El contenido de energía de los ingredientes depende fuertemente de su composición química. Los nutricionistas están interesados en el uso de modelos, que predicen el valor nutritivo de los ingredientes alimenticios utilizados en aves, con precisión (Faridi *et al.*, 2013).(21)

La utilización y aplicación de nuevas herramientas tecnológicas como la técnicas de espectroscopias de reflectancias infrarrojos cercanos (NIRS), para calcular indirectamente el valor de EMAn, es una alternativa técnica y económicamente viable que permitirá, bajo nuestras condiciones, validar la efectividad de las ecuaciones predictivas a evaluar.

Un estudio realizado por Alvarenga *et al* (20), en el 2013 evaluaron diferentes ecuaciones, encontraron que todas las ecuaciones fueron mejores que el uso de tablas de composición química y energía de los ingredientes alimenticios, lo que resultó en pollos de engorde con un mejor rendimiento. A pesar de estas indicaciones, ninguna de las ecuaciones fue tan eficiente como el uso de EMAn de alimentos obtenidos *in vivo*. Sin embargo, tal como lo considera el autor, se deben realizar más estudios para seguir evaluando la eficacia de estas ecuaciones.

Si bien, hoy en día, el NIRS se ha consolidado como herramientas efectivas y precisa para determinar indirectamente el contenido de EMAn de diferentes ingredientes alimenticios utilizados en la producción avícola, sin embargo es un equipo costoso y no accesible a la mayoría de productores avícolas. Por lo tanto, las ecuaciones de predicción son un método indirecto de la determinación de la EMAn, por usar los parámetros químicos y físicos del alimento, siendo una herramienta importante para aumentar la precisión en los procesos de formulación de alimentos, de modo que se pueda cambiar el valor de energía en las variaciones de la composición química (Albino y Silva, 1996).(22)

Una ecuación, nunca puede ser tan satisfactoria como un ensayo biológico, ya que supone que todas las proteínas, extractos de éter, almidones y azúcares tienen el mismo contenido de EM en todas las condiciones de alimentación. Sin embargo, la ecuación podría tener una importancia práctica significativa ya que los datos necesarios para predecir un valor de EM podrían obtenerse mediante análisis químicos dentro de un período de 24 horas (Sibbald *et al.*, (19) en 1962)

V. CONCLUSIONES

5.1 Los valores de densidad e índice de clasificación del maíz nacional e importado Americano fueron diferentes significativamente ($P < 0.05$).

5.2 Los valores comparativos de la EMAn obtenidas por la metodología NIRS fueron diferentes significativamente ($P < 0.05$) entre los maíces nacional e importado Americano.

5.3 Los valores de EMAn del maíz nacional obtenido por la metodología NIRS y ecuación de predicción en base a los valores de análisis proximal (Nascimento *et al.*, 2009) fueron estadísticamente similares ($P > 0.05$).

5.4 Los valores de EMAn del maíz importado obtenido por la metodología NIRS y ecuación de predicción en base a los valores de análisis proximal (Nascimento *et al.*, 2009) fueron estadísticamente similares ($P > 0.05$).

5.5 Los valores de EMAn obtenidos por la metodología NIRS y ecuación de predicción en base al índice de clasificación del maíz (Lyra Chiquieri, 2011) para el maíz nacional e importado Americano fueron diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

5.6 Los valores de EMAn obtenidos por la metodología NIRS y ecuación de predicción en base a la densidad del maíz (Lyra Chiquieri, 2011) para el maíz nacional fueron diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

5.7 Los valores de EMAn obtenidos por la metodología NIRS y ecuación de predicción en base a la densidad del maíz (Lyra Chiquieri, 2011) para el maíz importado fueron similares estadísticamente ($P > 0.05$).

5.8 La ecuación de predicción en base a los valores de análisis proximal (Nascimento *et al.*, 2009) predicen los valores de EMAn en el maíz nacional e importado Americano.

6.9 La ecuación de predicción en base a los valores de densidad (Lyra Chiquieri, 2011) predice el valor de EMAn en el maíz importado Americano.

VI. RECOMENDACIONES

6.1 Seguir las evaluaciones de ecuaciones de prediccion del valor de EMAn considerando otros maices de procedencia importada.

6.2 Continuar con los estudios sobre la evaluacion de ecuaciones de prediccion del valor de EMAn comparando con valores de EMAn obtenidas por pruebas biologicas.

6.3 Continuar con los estudios sobre los valores de EMAn considerando su validacion a traves de pruebas experimentales en aves.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Chiquieri, M.S.L.. Prediction equations for metabolizable energy by classification and density for laying hens. Tesis para título de Mestre em Ciência Animal, na área de Nutrição e Produção Animal. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Brasil. 2011
2. Alvarenga RR, Rodrigues PB, Zangeronimo MG, Makiyama L, Oliveira EC, Freitas RT, Lima RR, Bernardino VM. Validation of prediction equations to estimate the energy values of feedstuffs for broilers: performance and carcass yield. *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 2013 Oct;26(10):1474.
3. Santos, F.P. Prediction equations of metabolizable energy by corn classification and density for chick broilers in two creation phases. Tesis para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, na área de concentração de Nutrição e Produção Animal. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Brasil. 2011.
4. Corte Real GS, Couto HP, Matos MB, Lyra MS, Gomes AV, Ferreira SR. Nutritional value of corn with different qualities for egg pullets in the growing phase. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2014;66:546-54.
5. Leeson S, Summers JD. *Commercial poultry nutrition*. Nottingham university press; 2009 Apr 1. England. 413 p.
6. KRABBE E, Sandri E. Calidad de las materias primas en la elaboración de raciones: bases para el éxito. 2013. AMEVEA, 2013. 13 p.
7. Couto, H.P. 2008. Fabricação de rações e suplementos para animais. Gerenciamento e tecnologias. Viçosa. CPT, 2008. 263 p.
8. Krabbe EL. Efeito do desenvolvimento fúngico em grãos de milho durante o armazenamento e do uso de ácido propiônico sobre as características nutricionais eo desempenho de frangos de corte. UFRGS; 1995.
9. LAMIC. Laboratório de Análises Micotoxicológicas. Disponível em:
10. <http://www.lamic.ufsm.br>.
11. Rostagno HS, Albino LF, Donzele JL, Gomes PC, de Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS, de Toledo Barreto SL, Euclides RF. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. *Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos*. 3era ed. Universidad Federal de Viçosa. Brasil. 2011:1-259
12. Vieira RD, Rodrigues PB, Freitas RT, Nascimento GA, Silva EL, Hespanhol R. Chemical composition and metabolizable energy of corn hybrids for broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2007;36:832-8.
13. Hruby M. Challenge of corn variability. *Feed Int*. 2005 Sep;26:5-11.
14. Oviedo, E.O. y Murakami, A. E. Modelos Matemáticos. Herramienta para la Alimentación Avícola. *Alimentos Balanceados para Animales*. Noviembre-Diciembre .Vol. 9. Num. 6.
15. Rodrigues PB. Nutrient digestibility and energetic values of feedstuffs for poultry (Doctoral dissertation, PhD Thesis, Federal University of Lavras, Lavras. 204p).

16. De Boever JL, Eeckhout W, Boucque CV. The possibilities of near infrared reflection spectroscopy to predict total-phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in vegetable feedstuffs. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 1994 Dec 1;42(4):357-69.
17. Tokkie, G. y Koster, H. 2006. Espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRs) La técnica de análisis rápidos del futuro. *Animal Feed Manufacturers Association*. En: <http://www.engormix.com/MABalanceados/formulacion/articulos/espectroscopia-infrarrojo-cercano-nirs-t577/800-p0.htm>
18. Rodrigues, S. *Calidad de Maiz y Sorgo*. PANA, 2014. Bolivia, 135 p.
19. Sibbald IR, Czacknocki J, Slinger SJ, Ashton GC. The prediction of the metabolizable energy content of poultry feedingstuffs from a knowledge of their chemical composition. *Poultry Science*. 1963 Mar 1;42(2):486-92
20. Alvarenga RR, Zangeronimo MG, Pereira LJ, Wolp RC, Almeida EC. Formulation of diets for poultry: the importance of prediction equations to estimate the energy values. *Archivos de Zootecnia*. 2013;62:1-1.
21. Faridi A, Golian A, Mottaghitalab M, López S, France J. Predicting the metabolizable energy content of corn for ducks: a comparison of support vector regression with other methods. *Spanish journal of agricultural research*. 2013 Nov 12;11(4):1036-43.
22. Albino LF, Silva MA. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. *Simpósio internacional sobre exigências nutricionais de aves e suínos*. 1996;1:303-18.
23. Belitz HD, Grosch W, López Buesa MO. *Química de los alimentos*. 1992
24. Carpenter KJ, Clegg KM. The metabolizable energy of poultry feeding stuffs in relation to their chemical composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1956 Jan;7(1):45-51.
25. Vásquez DR, Abadía B, Arreaza LC. Aplicación de la Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) para la caracterización nutricional del pasto Guinea y del grano de maíz. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 2004 Oct 31;5(1):49-55.
26. Davidson J, McDonald I, Mathieson J, Williams RB. Utilisation of dietary energy by poultry. II.—effects of indigestible organic matter and protein on the utilisation of metabolisable energy for growth. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1961 Jun;12(6):425-39.
27. Janssen WM, Schagen PV. *European table of energy values for poultry feedstuffs*. 1989
28. Mariano FC, Lima RR, Rodrigues PB, Alvarenga RR, Nascimento GA. Equações de predição de valores energéticos de alimentos obtidas utilizando meta-análise e componentes principais. *Ciência Rural*. 2012;42:1634-40.
29. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2011. INSTRUÇÃO NORMATIVA No- 60, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2011. Brasil. Verificado no endereço eletrônico <http://www.in.gov.br/autenticidade.html>
30. Morcillo, Rubio. *Espectroscopia Infrarroja*. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. 1981.

31. Murray I. Chemical principles of near-infrared technology. Near infrared technology in agricultural and food industries. 1990. pp. 17-34.
32. Nascimento GA, Rodrigues PB, Freitas RT, Bertechini AG, Lima RR, Pucci LE. Prediction equations to estimate the energy values of plant origin concentrate feeds for poultry utilizing the meta-analysis. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009;38:1265-71.
33. Nascimento GA, Rodrigues PB, Freitas RT, Reis Neto RV, Lima RR, Allaman IB. Prediction equations to estimate metabolizable energy values of energetic concentrate feedstuffs for poultry by the meta-analysis process. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2011;63:222-30.
34. National Research Council, Subcommittee on Poultry Nutrition. Nutrient requirements of poultry: 1994. National Academies Press; 1994 Feb 1.
35. Oviedo EO, Murakami AE. Modelos matemáticos: herramienta para la alimentación avícola. 2002. *Revista Brasileira de Ciencia Avícola*. vol.4.n.1. Pág. 199-207.
36. Reeves JI. Use of near infrared reflectance spectroscopy. *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. 2000.
37. Rodrigues PB, Rostagno HS, Albino LF, Gomes PC, Barboza WA, Santana RT. Valores energéticos do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2001;30:1767-78.
38. Shenk, J.S.; Workman, J.J.; Westerhaus, M.O. Application of NIR spectroscopy to agricultural products. In: *Handbook of Near-Infrared Analysis*. (Ed. A. Burns and E. W. Ciurczak). Marcel dekker, 1992. New York, NY. pp. 383-431.
39. Wang X, Parsons CM. Dietary formulation with meat and bone meal on a total versus a digestible or bioavailable amino acid basis. *Poultry science*. 1998 Jul 1;77(7):1010-5.

VIII. ANEXOS

9.1 RESULTADOS DE LOS ANALISIS ESTADISTICOS

DENSIDAD MAIZ NACIONAL Y AMERICANO

Independent Group t-Test Example 130

The TTEST Procedure

Statistics

Variable	MAIZ	Lower CL N	Upper CL Mean	UMPU		UMPU		Upper CL	
				Mean	Media	Mean	Std Dev	Std Dev	Std Dev
DENSIDAD	MAIZAMER	3	716.87	734.24	751.61	3.6401	3.6401	6.9914	43.939
DENSIDAD	MAIZNACI	3	771.43	785.05	798.67	2.8546	2.8546	5.4827	34.458
DENSIDAD	Diff (1-2)		-65.05	-50.81	-36.57	3.7641	3.5117	6.2825	16.127

Statistics

Variable	MAIZ	Upper CL		Mínimo	Máximo
		Std Dev	Std Err		
DENSIDAD	MAIZAMER	43.939	4.0365	726.76	740.61
DENSIDAD	MAIZNACI	34.458	3.1655	779.47	790.43
DENSIDAD	Diff (1-2)	18.053	5.1297		

T-Tests

Variable	Método	Variances	DF	Valor t	Pr > t
DENSIDAD	Pooled	Equal	4	-9.91	0.0006
DENSIDAD	Satterthwaite	Unequal	3.78	-9.91	0.0008
DENSIDAD	Cochran	Unequal	2	-9.91	0.0100

Equality of Variances

Variable	Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
DENSIDAD	Folded F	2	2	1.63	0.7616

Independent Group t-Test Example 131

Obs	MAIZ	DENSIDAD
1	MAIZNACI	779.47
2	MAIZNACI	785.25
3	MAIZNACI	790.43
4	MAIZAMER	740.61
5	MAIZAMER	735.35
6	MAIZAMER	726.76

Independent Group t-Test Example 132

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
MAIZ	2	MAIZAMER MAIZNACI

Número de observaciones 6

Independent Group t-Test Example 133

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: DENSIDAD

Fuente	Suma de DF	Cuadrado de cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	3872.484150	3872.484150	98.11	0.0006
Error	4	157.880200	39.470050		
Total correcto	5	4030.364350			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DENSIDAD Media
0.960827	0.827034	6.282519	759.6450

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
MAIZ	1	3872.484150	3872.484150	98.11	0.0006

Independent Group t-Test Example 134

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para DENSIDAD

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	39.47005
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	14.242

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	MAIZ
A	785.050	3	MAIZNACI
B	734.240	3	MAIZAMER

Procedimiento UNIVARIATE

Variable: DENSIDAD

MAIZ = MAIZAMER

Momentos

N	3	Pesos de la suma	3
Media	734.24	Observaciones de la suma	2202.72
Desviación típica	6.99140186	Varianza	48.8797
Asimetría	-0.69644	Curtosis	.
Suma de cuadrados no corregidos	1617422.89	Suma de cuadrados corregidos	97.7594
Coefficiente de variación	0.95219572	Media de error estándar	4.03648775

Medidas estadísticas básicas

Localización	Variabilidad		
Media	734.2400	Desviación típica	6.99140
Mediana	735.3500	Varianza	48.87970
Moda	.	Rango	13.85000
		Rango intercuantil	13.85000

Tests para posición: $\mu_0=0$

Test	-Estadístico-	-----P-valor-----
T de Student	t 181.9007	Pr > t <.0001
Signo	M 1.5	Pr >= M 0.2500
Puntuación con signo	S 3	Pr >= S 0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.981095	Pr < W 0.7366
Kolmogorov-Smirnov	D 0.22974	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.032557	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.210656	Pr > A-Sq >0.2500

Cuantiles (Definición 5)

Cuantil	Estimador
100% Máx	740.61
99%	740.61
95%	740.61
90%	740.61

Procedimiento UNIVARIATE
 Variable: DENSIDAD
 MAIZ = MAIZAMER

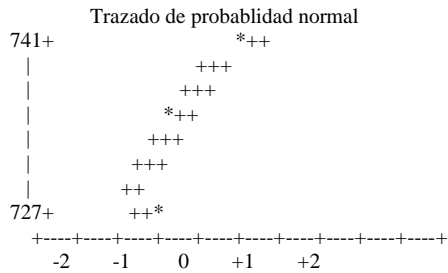
Cuantiles (Definición 5)

Cuantil	Estimador
75% Q3	740.61
50% Mediana	735.35
25% Q1	726.76
10%	726.76
5%	726.76
1%	726.76
0% Mín	726.76

Observaciones extremas

-----Inferior-----		-----Superior-----	
Valor	Observación	Valor	Observación
726.76	6	726.76	6
735.35	5	735.35	5
740.61	4	740.61	4

Stem Hoja	#	de caja
740 6	1	+-----+
738		
736		
734 4	1	*---*--*
732		
730		
728		
726 8	1	+-----+
-----+-----+-----+		



Procedimiento UNIVARIATE

Variable: DENSIDAD

MAIZ = MAIZNACI

Momentos

N	3	Pesos de la suma	3
Media	785.05	Observaciones de la suma	2355.15
Desviación típica	5.48273654	Varianza	30.0604
Asimetría	-0.1639332	Curtosis	.
Suma de cuadrados no corregidos	1848970.63	Suma de cuadrados corregidos	60.1208
Coefficiente de variación	0.69839329	Media de error estándar	3.16545942

Medidas estadísticas básicas

Localización	Variabilidad		
Media	785.0500	Desviación típica	5.48274
Mediana	785.2500	Varianza	30.06040
Moda	.	Rango	10.96000
		Rango intercuantil	10.96000

Tests para posición: $\mu_0=0$

Test	-Estadístico-	-----P-valor-----
T de Student	t 248.0051	Pr > t <.0001
Signo	M 1.5	Pr >= M 0.2500
Puntuación con signo	S 3	Pr >= S 0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.999002	Pr < W 0.9397
Kolmogorov-Smirnov	D 0.181216	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.028152	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.190601	Pr > A-Sq >0.2500

Cuantiles (Definición 5)

Cuantil	Estimador
100% Máx	790.43
99%	790.43
95%	790.43
90%	790.43

Procedimiento UNIVARIATE

Variable: DENSIDAD

MAIZ = MAIZNACI

Cuantiles (Definición 5)

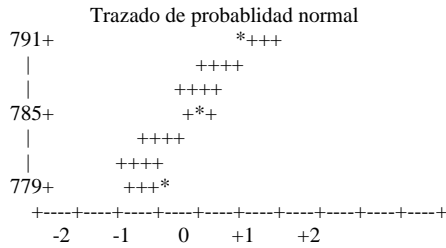
Cuantil	Estimador
75% Q3	790.43
50% Mediana	785.25
25% Q1	779.47
10%	779.47
5%	779.47

1% 779.47
 0% Mín 779.47

Observaciones extremas

-----Inferior-----		-----Superior-----	
Valor	Observación	Valor	Observación
779.47	1	779.47	1
785.25	2	785.25	2
790.43	3	790.43	3

Stem Hoja	#	de caja
790 4	1	+-----+
788		
786		
784 2	1	*--+-*~*
782		
780		
778 5	1	+-----+
-----+-----+-----+		



Independent Group t-Test Example 139

Procedimiento UNIVARIATE
 Distribución ajustada para DENSIDAD
 MAIZ = MAIZAMER

Parámetros para distribución Normal

Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	734.24
Dev est	Sigma	6.991402

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal

Test	--Estadístico--	----P-valor----
Kolmogorov-Smirnov	D 0.22974022	Pr > D >0.150
Cramer-von Mises	W-Sq 0.03255685	Pr > W-Sq >0.250
Anderson-Darling	A-Sq 0.21065603	Pr > A-Sq >0.250

Cuantiles para distribución Normal

-----Cuantil-----		
Porcentaje	Observado	Estimado
1.0	726.760	717.976
5.0	726.760	722.740
10.0	726.760	725.280

25.0	726.760	729.524
50.0	735.350	734.240
75.0	740.610	738.956
90.0	740.610	743.200
95.0	740.610	745.740
99.0	740.610	750.504

Independent Group t-Test Example 140

Procedimiento UNIVARIATE
Distribución ajustada para DENSIDAD
MAIZ = MAIZNACI

Parámetros para distribución Normal

Parámetro Símbolo Estimador

Media	Mu	785.05
Dev est	Sigma	5.482737

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal

Test --Estadístico--- ----P-valor----

Kolmogorov-Smirnov	D	0.18121611	Pr > D	>0.150
Cramer-von Mises	W-Sq	0.02815171	Pr > W-Sq	>0.250
Anderson-Darling	A-Sq	0.19060059	Pr > A-Sq	>0.250

Cuantiles para distribución Normal

-----Cuantil-----

Porcentaje Observado Estimado

1.0	779.470	772.295
5.0	779.470	776.032
10.0	779.470	778.024
25.0	779.470	781.352
50.0	785.250	785.050
75.0	790.430	788.748
90.0	790.430	792.076
95.0	790.430	794.068
99.0	790.430	797.805

INDICE DE CLASIFICACION DEL MAIZ (ICM) MAIZ NACIONAL Y AMERICANO

Independent Group t-Test Example 141

The TTEST Procedure

Statistics

Variable	MAIZ	N	Lower CL	Upper CL	UMPU		UMPU		
					Mean	Media	Mean	Std Dev	Std Dev
ICM	MAIZAMER	3	74.106	78.94	83.774	1.0132	1.0132	1.9459	12.23
ICM	MAIZNACI	3	83.289	84.59	85.891	0.2727	0.2727	0.5237	3.2915
ICM	Diff (1-2)		-8.88	-5.65	-2.42	0.8537	0.7965	1.425	3.6579

Statistics

Variable	MAIZ	Upper CL	Std Dev	Std Err	Mínimo	Máximo
----------	------	----------	---------	---------	--------	--------

ICM	MAIZAMER	12.23	1.1235	76.77	80.53
ICM	MAIZNACI	3.2915	0.3024	84	85
ICM	Diff (1-2)	4.0947	1.1635		

T-Tests

Variable	Método	Variances	DF	Valor t	Pr > t
ICM	Pooled	Equal	4	-4.86	0.0083
ICM	Satterthwaite	Unequal	2.29	-4.86	0.0303
ICM	Cochran	Unequal	2	-4.86	0.0399

Equality of Variances

Variable	Método	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
ICM	Folded F	2	2	13.80	0.1351

Independent Group t-Test Example 142

Obs	MAIZ	ICM
1	MAIZNACI	84.00
2	MAIZNACI	85.00
3	MAIZNACI	84.77
4	MAIZAMER	80.53
5	MAIZAMER	79.52
6	MAIZAMER	76.77

Independent Group t-Test Example 143

Procedimiento ANOVA

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
MAIZ	2	MAIZAMER MAIZNACI

Número de observaciones 6

Independent Group t-Test Example 144

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: ICM

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	47.88375000	47.88375000	23.58	0.0083
Error	4	8.12200000	2.03050000		
Total correcto	5	56.00575000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	ICM Media
0.854979	1.742746	1.424956	81.76500

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
MAIZ	1	47.88375000	47.88375000	23.58	0.0083

Independent Group t-Test Example 145

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para ICM

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	4
Error de cuadrado medio	2.0305
Valor crítico del rango estudentizado	3.92649
Diferencia significativa mínima	3.2303

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	MAIZ
A	84.590	3	MAIZNACI
B	78.940	3	MAIZAMER

Independent Group t-Test Example 146

Procedimiento UNIVARIATE

Variable: ICM
MAIZ = MAIZAMER

Momentos

N	3	Pesos de la suma	3
Media	78.94	Observaciones de la suma	236.82
Desviación típica	1.9459445	Varianza	3.7867
Asimetría	-1.222098	Curtosis	.
Suma de cuadrados no corregidos	18702.1442	Suma de cuadrados corregidos	7.5734
Coefficiente de variación	2.46509311	Media de error estándar	1.12349158

Medidas estadísticas básicas

Localización		Variabilidad	
Media	78.94000	Desviación típica	1.94594
Mediana	79.52000	Varianza	3.78670
Moda	.	Rango	3.76000
		Rango intercuantil	3.76000

Tests para posición: $\mu_0=0$

Test	-Estadístico-	-----P-valor-----
T de Student	t 70.2631	Pr > t 0.0002
Signo	M 1.5	Pr >= M 0.2500
Puntuación con signo	S 3	Pr >= S 0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Shapiro-Wilk	#11 X 0.933372	Pr < W 0.5014
Kolmogorov-Smirnov	D 0.283836	Pr > D >0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq 0.044303	Pr > W-Sq >0.2500
Anderson-Darling	A-Sq 0.264997	Pr > A-Sq >0.2500

Cuantiles (Definición 5)

Cuantil	Estimador
100% Máx	80.53
99%	80.53
95%	80.53
90%	80.53

Independent Group t-Test Example 147

Procedimiento UNIVARIATE
Variable: ICM
MAIZ = MAIZAMER

Cuantiles (Definición 5)

Cuantil	Estimador
75% Q3	80.53
50% Mediana	79.52
25% Q1	76.77
10%	76.77
5%	76.77
1%	76.77
0% Mín	76.77

Observaciones extremas

-----Inferior-----		-----Superior-----	
Valor	Observación	Valor	Observación
76.77	6	76.77	6
79.52	5	79.52	5
80.53	4	80.53	4

Stem Hoja	#	de caja
80 5	1	+-----+
80		

```

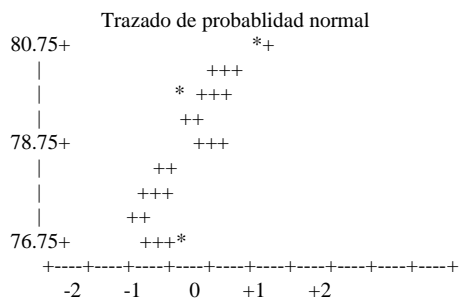
79.5          1      *-----*
79           |      |
78           |      + |
78           |      |
77           |      |
77           |      |
76.8          1      +-----+
-----+-----+-----+

```

Independent Group t-Test Example

148

Procedimiento UNIVARIATE
Variable: ICM
MAIZ = MAIZAMER



Independent Group t-Test Example

149

Procedimiento UNIVARIATE
Variable: ICM
MAIZ = MAIZNACI

Momentos

N	3	Pesos de la suma	3
Media	84.59	Observaciones de la suma	253.77
Desviación típica	0.52373658	Varianza	0.2743
Asimetría	-1.3638989	Curtosis	.
Suma de cuadrados no corregidos	21466.9529	Suma de cuadrados corregidos	0.5486
Coefficiente de variación	0.61914715	Media de error estándar	0.30237945

Medidas estadísticas básicas

Localización		Variabilidad	
Media	84.59000	Desviación típica	0.52374
Mediana	84.77000	Varianza	0.27430
Moda	.	Rango	1.00000
		Rango intercuantil	1.00000

Tests para posición: Mu0=0

Test	-Estadístico-	-----P-valor-----
T de Student	t 279.7478	Pr > t <.0001
Signo	M 1.5	Pr >= M 0.2500
Puntuación con signo	S 3	Pr >= S 0.2500

Tests para normalidad

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
------	-----------------	-------------------

Shapiro-Wilk #11 X 0.911411 Pr < W 0.4228
 Kolmogorov-Smirnov D 0.301125 Pr > D >0.1500
 Cramer-von Mises W-Sq 0.049723 Pr > W-Sq >0.2500
 Anderson-Darling A-Sq 0.290462 Pr > A-Sq >0.2500

Cuantiles (Definición 5)

Cuantil	Estimador
100% Máx	85.00
99%	85.00
95%	85.00
90%	85.00

Independent Group t-Test Example 150

Procedimiento UNIVARIATE
 Variable: ICM
 MAIZ = MAIZNACI

Cuantiles (Definición 5)

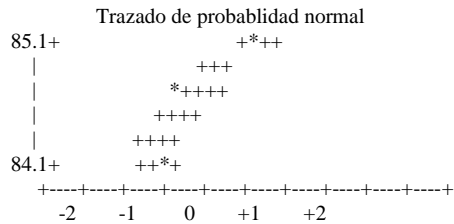
Cuantil	Estimador
75% Q3	85.00
50% Mediana	84.77
25% Q1	84.00
10%	84.00
5%	84.00
1%	84.00
0% Mín	84.00

Observaciones extremas

-----Inferior-----		-----Superior-----	
Valor	Observación	Valor	Observación
84.00	1	84.00	1
84.77	3	84.77	3
85.00	2	85.00	2

Stem Hoja	#	de caja
850 0	1	+-----+
848		
846 7	1	*-----*
844		+
842		
840 0	1	+-----+

Multiplicar Stem.Leaf por 10**-1



Independent Group t-Test Example 151

Procedimiento UNIVARIATE
 Distribución ajustada para ICM
 MAIZ = MAIZAMER

Parámetros para distribución Normal

Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	78.94
Dev est	Sigma	1.945945

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal

Test	--Estadístico--	-----P-valor-----
Kolmogorov-Smirnov	D 0.28383637	Pr > D >0.150
Cramer-von Mises	W-Sq 0.04430301	Pr > W-Sq >0.250
Anderson-Darling	A-Sq 0.26499716	Pr > A-Sq >0.250

Cuantiles para distribución Normal

	-----Cuantil-----	
Porcentaje	Observado	Estimado
1.0	76.7700	74.4131
5.0	76.7700	75.7392
10.0	76.7700	76.4462
25.0	76.7700	77.6275
50.0	79.5200	78.9400
75.0	80.5300	80.2525
90.0	80.5300	81.4338
95.0	80.5300	82.1408
99.0	80.5300	83.4669

Procedimiento UNIVARIATE
Distribución ajustada para ICM
MAIZ = MAIZNACI

Parámetros para distribución Normal

Parámetro	Símbolo	Estimador
Media	Mu	84.59
Dev est	Sigma	0.523737

Tests de bondad de ajuste para la distribución Normal

Test --Estadístico--- ----P-valor-----

Kolmogorov-Smirnov	D	0.30112478	Pr > D	>0.150
Cramer-von Mises	W-Sq	0.04972275	Pr > W-Sq	>0.250
Anderson-Darling	A-Sq	0.29046162	Pr > A-Sq	>0.250

Cuantiles para distribución Normal

-----Cuantil-----
Porcentaje Observado Estimado

1.0	84.0000	83.3716
5.0	84.0000	83.7285
10.0	84.0000	83.9188
25.0	84.0000	84.2367
50.0	84.7700	84.5900
75.0	85.0000	84.9433
90.0	85.0000	85.2612
95.0	85.0000	85.4515
99.0	85.0000	85.8084

FOTOS





