

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
Escuela de Zootecnia

**Composición nutricional de materias primas utilizadas en la alimentación animal en Costa Rica:
Un estudio preliminar para la elaboración de la tabla de composición de alimentos para animales
de Costa Rica**

Marco Vinicio Castro Calderón

Tesis presentada para optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en
Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Octubre de 2006

Tesis presentada para optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en
Zootecnia

Tesis aprobada por el siguiente tribunal examinador:

Ing. Carlos Arroyo O. M.Sc.

Director de Escuela de Zootecnia

Ing. Lizbeth Mata A. M.Sc.

Directora de Tesis

Ing. Jorge Sánchez G. M.Sc.

Co-Director de Tesis. Miembro del Tribunal

Ing. Augusto Rojas B. M.Sc.

Miembro del Tribunal

Ing. Mario Zumbado A. M.Sc.

Miembro del Tribunal

Marco Vinicio Castro Calderón

Sustentante

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE GRÁFICOS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
2.1. TABLAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS.....	11
2.2. CLASIFICACIÓN DE ALIMENTOS.....	18
2.3. REGULACIÓN DE ALIMENTOS.....	24
2.4. ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS.....	26
2.5. MATERIAS PRIMAS.....	38
2.5.1. Grano de Maíz amarillo.....	41
2.5.2. Harina de Soya.....	49
2.5.3. Subproductos de trigo.....	53
2.5.4. Subproductos de arroz.....	58
MATERIALES Y MÉTODOS.....	62
3.1. Análisis en los alimentos para animales.....	63
3.1.1. Identificación de muestras.....	64
3.1.2. Metodologías para determinar la composición química de las materias primas.....	66
3.2. Almacenamiento digital de la información.....	68
3.3. Recolección de información en laboratorios externos al CINA.....	68
3.4. Análisis de la Información.....	70
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	76
4.1. Nutrientes analizados.....	77
4.2. Composición Proximal y Mineral de las materias primas.....	81
4.3. Estimación de energía.....	98
4.4. Análisis que determinan la calidad en las materias primas.....	116

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
LITERATURA CITADA	133
ANEXOS	140

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tamaño de las diferentes partículas constitutivas de los subproductos del trigo presentado por Vargas y Murillo (1978).....	54
Cuadro 2. Análisis realizados por cada uno de los laboratorios que componen el Centro de Investigación en Nutrición Animal.	64
Cuadro 3. Composición nutricional del grano de maíz amarillo tal como ofrecido.....	85
Cuadro 4. Composición nutricional de la puntilla de arroz tal como ofrecida.....	87
Cuadro 5. Composición nutricional del acemite de trigo tal como ofrecido.....	90
Cuadro 6. Composición nutricional del salvadillo de trigo tal como ofrecido.....	91
Cuadro 7. Composición nutricional de la harina de soya tal como ofrecida.....	93
Cuadro 8. Composición nutricional de la semolina de arroz tal como ofrecida.....	96
Cuadro 28. Valores de energías obtenidos con las ecuaciones de Weiss (1992), para las materias primas a nivel nacional.....	102
Cuadro 22. Ecuaciones de energía aplicadas a la composición proximal del acemite de trigo.....	106
Cuadro 23. Ecuaciones de energía aplicadas a la composición proximal de la harina de soya	107
Cuadro 24. Ecuaciones de energía aplicadas a la composición proximal del grano de maíz amarillo.....	110
Cuadro 25. Ecuaciones de energía aplicadas a la composición proximal de la puntilla de arroz.....	111
Cuadro 26. Ecuaciones de energía aplicadas a la composición proximal del salvadillo de trigo.....	113

Cuadro 27. Ecuaciones de energía aplicadas a la composición proximal de la semolina de arroz.	115
Cuadro 29. Análisis Descriptivo Estadístico del tamaño de partícula en las materias primas.	117
Cuadro 30. Análisis Descriptivo Estadístico de Aflatoxinas en las materias primas.	118
Cuadro 31. Análisis Estadístico Descriptivo de la solubilidad en KOH para la harina de Soya.	119
Cuadro 9. Composición nutricional del grano de maíz amarillo obtenido a nivel nacional en base seca.	145
Cuadro 10. Composición nutricional de la puntilla de arroz obtenido a nivel nacional en base seca.	145
Cuadro 11. Composición nutricional del acemite de trigo obtenido a nivel nacional en base seca.	146
Cuadro 12. Composición nutricional del salvadillo de trigo obtenido a nivel nacional en base seca.	146
Cuadro 13. Composición nutricional de la harina de soya obtenido a nivel nacional en base seca.	147
Cuadro 14. Composición nutricional de la semolina de arroz obtenido a nivel nacional en base seca.	147
Cuadro 15.a. Composiciones nutricionales presentadas para el grano de maíz amarillo por diferentes institutos de investigación citados en la tabla 2.	150
Cuadro 15.b. Análisis Estadístico Descriptivo de la revisión de literatura de la composición nutricional del grano de maíz amarillo.	151
Cuadro 16.a. Composiciones nutricionales presentadas para la puntilla de arroz por diferentes institutos de investigación citados en la tabla 2 a nivel internacional.	152
Cuadro 16.b. Resumen de la revisión de literatura de la composición nutricional de la puntilla de arroz.	153
Cuadro 17.a. Composiciones nutricionales presentadas para el acemite de trigo por diferentes institutos de investigación citados en la tabla 2 a nivel internacional.	154
Cuadro 17.b. Resumen de la revisión de literatura de la composición nutricional del Acemite de trigo.	155

Cuadro 18.a. Composiciones nutricionales presentadas para el salvadillo de trigo por diferentes institutos de investigación citados en la tabla 2 a nivel internacional.	156
Cuadro 18.b. Resumen de la revisión de literatura de la composición nutricional del Salvadillo de trigo.	157
Cuadro 19.a. Composiciones nutricionales presentadas para la harina de soya por diferentes institutos de investigación citados en la tabla 2 a nivel internacional.	158
Cuadro 19.b. Resumen de la revisión de literatura de la composición nutricional de la harina de soya.	159
Cuadro 20.a. Composiciones nutricionales presentadas para la semolina de arroz por diferentes institutos de investigación citados en la tabla 2 a nivel internacional.	160
Cuadro 20.b. Resumen de la revisión de literatura de la composición nutricional de la semolina de arroz.	161
Cuadro 21. Ecuaciones de estimación de energía para materias primas utilizadas en la alimentación animal provenientes de la literatura.	162

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Histograma de la humedad del grano de maíz amarillo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	164
Gráfico 2. Histograma de la ceniza del grano de maíz amarillo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	164
Gráfico 3. Histograma de la fibra cruda del grano de maíz amarillo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	164
Gráfico 4. Histograma del extracto etéreo del grano de maíz amarillo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	164
Gráfico 5. Histograma de la proteína cruda del grano de maíz amarillo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	165

Gráfico 6. Histograma de la humedad de la puntilla de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.	165
Gráfico 7. Histograma de la ceniza de la puntilla de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.	165
Gráfico 8. Histograma de la fibra cruda de la puntilla de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.	165
Gráfico 9. Histograma del extracto etéreo de la puntilla de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.	166
Gráfico 10. Histograma de la proteína cruda de la puntilla de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.	166
Gráfico 11. Histograma de la humedad del acemite de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	166
Gráfico 12. Histograma de la ceniza del acemite de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	166
Gráfico 13. Histograma de la fibra cruda del acemite de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	167
Gráfico 14. Histograma del extracto etéreo del acemite de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	167
Gráfico 15. Histograma de la proteína cruda tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	167
Gráfico 16. Histograma de la humedad del salvadillo de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	167
Gráfico 17. Histograma de la ceniza del salvadillo de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	168
Gráfico 18. Histograma de la fibra cruda del salvadillo de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	168
Gráfico 19. Histograma del extracto etéreo del salvadillo de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	168
Gráfico 20. Histograma de la proteína cruda del salvadillo de arroz tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	168
Gráfico 21. Histograma de la humedad de la harina de soya tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.	169

Gráfico 22. Histograma de cenizas de la harina de soya tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.	169
Gráfico 23. Histograma de la fibra cruda de la harina de soya tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.	169
Gráfico 24. Histograma del extracto etéreo de la harina de soya tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.	169
Gráfico 25. Histograma de la proteína cruda de la harina de soya tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.	170
Gráfico 26. Histograma de la humedad de la semolina de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.	170
Gráfico 27. Histograma de la ceniza de la semolina de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.	170
Gráfico 28. Histograma de la fibra cruda de la semolina de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.	170
Gráfico 29. Histograma del extracto etéreo de la semolina de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.....	171
Gráfico 30. Histograma de la proteína cruda de la semolina de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.....	171

LISTA DE FIGURAS

Figura 3. Clasificación de las muestras que ingresan al Centro de Investigación en Nutrición Animal.....	65
Figura 1. Disposición de la energía en el animal desde la Energía Bruta hasta la Energía Neta.....	141
Figura 2. Rendimiento promedio de la molienda del arroz en Costa Rica (Vargas, 1995).	142
Figura 4. Tabla del Análisis Proximal en el programa Microsoft Fox Pro Versión 5.0., utilizado para el almacenamiento de datos de las muestras.....	143

FIGURA 5. Programa de inclusión de Datos del Análisis Proximal junto a los dígitos para la descripción de las muestras, utilizando el software Microsoft Fox Pro Versión 5.0..... 144

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diferentes nombres en varios idiomas que se utilizan para definir el mismo alimento. 148

Tabla 2. Lista de los diferentes institutos de investigación que presentaron información nutricional de las materias primas. 149

RESUMEN

En la presente tesis se ofrece el análisis estadístico descriptivo de la composición nutricional de: el grano de maíz amarillo, el acemite de trigo, la puntilla de arroz, el salvadillo de trigo, la semolina de arroz y la harina de soya, que son algunas de las materias primas utilizadas en la alimentación animal en Costa Rica.

Los valores de composición nutricional que permiten realizar esta descripción, provienen de la base de datos con que cuenta el Centro de Investigación de Nutrición Animal (CINA), donde se almacenan los diferentes análisis químicos que se realizan, como parte del control de calidad de estos ingredientes, en sus laboratorios.

Además se incorporaron a dicha base, análisis químicos de la composición nutricional de estas materias primas proporcionados por los laboratorios de control de calidad de las empresas: PIPASA S.A. y Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L., con el propósito de mejorar la cantidad y calidad de los datos para obtener información más representativa.

Sobre estos valores se llevarán a cabo labores de actualización, depuración y verificación con el fin de obtener información clara y confiable.

Una revisión exhaustiva de publicaciones relacionadas con las estimaciones del aporte de energía, a partir de la composición nutricional de estos ingredientes, permitiría usar algunos de estos modelos matemáticos, para estimar los contenidos de energía que estas materias primas pueden aportar en la alimentación de aves, cerdos y bovinos.

Además se incluyen otros descriptores como son: el tamaño de partícula, la frecuencia de aflatoxinas y la solubilidad de KOH como indicadores importantes de la calidad de estos ingredientes.

Los análisis estadísticos descriptivos ofrecen para cada nutriente: el promedio, la desviación estándar, el número de datos, el valor mínimo y máximo obtenido.

Posteriormente esta información fue comparada con tablas de composición de alimentos a nivel internacional, para observar si existe algún tipo de variabilidad entre los datos expuestos en la literatura y la información obtenida en laboratorios nacionales.

Este primer estudio permitirá establecer los lineamientos para procesar los datos de otros ingredientes, generar su composición y finalmente evaluar la posibilidad de pensar en la elaboración de una tabla nacional de composición de alimentos para animales.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el rubro de mayor costo económico dentro de una empresa pecuaria es la alimentación, esto sugiere una constante revisión de los componentes que intervienen directamente en

el suministro de alimentos para animales, y mediante esta forma, lograr obtener una mayor rentabilidad en el proceso de elaboración de productos para consumo humano, provenientes de la industria animal.

El objetivo de alimentar eficientemente a los animales es el de generar productos como carne, leche, huevos, entre otros; utilizando procedimientos que aseguren confiabilidad en la calidad de los mismos y en términos de seguridad alimentaria, así mismo que cumplan con los requisitos de bienestar animal. Sin embargo, la creciente competencia a nivel mundial implica que esto debe conseguirse a un costo lo más bajo posible.

Para ello es necesario alimentar a los animales de acuerdo con sus necesidades nutritivas, dependientes a su vez del nivel y tipo de producción, y por otro lado prevenir el sobreconsumo de nutrientes que implican mayores costos de producción y una mayor excreción de contaminantes al medio Doorenbos et al., (2004).

Tratar de ajustarse a las verdaderas necesidades nutricionales del animal, para satisfacer sus requerimientos básicos y productivos, es el objetivo fundamental de la formulación y elaboración de dietas por parte de los nutricionistas.

Estas dietas son ofrecidas en concentrados elaborados comercialmente, los cuales, son obtenidos a partir de una gran variedad de ingredientes ricos en proteína, energía, y otros nutrientes, que se mezclan de forma adecuada para maximizar el aprovechamiento en el animal y generar mayores rendimientos y rentabilidades.

Estos ingredientes pueden provenir del extranjero o ser producidos a nivel nacional, lo cual hace que su composición nutricional se vea afectada por la variabilidad que genera el tipo de semilla, la procedencia geográfica, el procesamiento utilizado para su obtención y condiciones de almacenamiento.

Dicha variabilidad tiene un efecto inmediato sobre la formulación de raciones ya que, al poseer diferente composición nutricional, se necesita de la reformulación cada vez que se compra una materia prima.

Varios autores plantean la situación anterior: FEDNA (2003), Campabadal et al. (1996) y Vargas (1992) además mencionan que uno de los problemas directos con ingredientes de diversas procedencias es el nombramiento en cada país, pues se le da un nombre distinto a la misma materia prima, no se especifica qué tipo de constituyentes lo forman, lo que evidencia la ausencia de normas de composición, clasificación y procesamiento a nivel internacional. Esta situación además facilita la manipulación de ingredientes sin restricciones, facilitando la adulteración de las materias primas.

No obstante, aunque la producción de ingredientes para la elaboración de concentrados son producidos a nivel mundial y exista una gran variabilidad en tipos de productos y composiciones nutricionales, no significa que estén a disposición de cualquier productor, tampoco garantiza el cumplimiento con los requerimientos alimenticios para los animales que estén en producción.

Como consecuencia de esto, y sumado a las condiciones ambientales particulares de cada región, políticas de gobierno, aspectos económicos, requerimientos nutricionales, prácticas de alimentación, etc., cada país recurre a la utilización de una gama más limitada de materias primas, que le garanticen estabilidad y rentabilidad en la empresa pecuaria.

En Centroamérica por ejemplo, y en casi todos los países de Latinoamérica, según Vargas (1992), se hace difícil el balance de raciones por la falta de materias primas que contengan adecuados niveles de nutrientes y que sean rentables en la empresa, por lo que se recurre constantemente a la importación de materias producidas bajo otras condiciones.

Los ingredientes deberían, por lo tanto, ser seleccionados sobre una base de disponibilidad, precio y calidad de los nutrientes que poseen NRC, (1994).

Sin embargo, el desarrollo eficiente de la industria de alimentos para animales, requiere entre otras cosas, el conocimiento de la composición y valor nutritivo de las materias primas utilizadas en la preparación de alimentos balanceados Vargas, (1992).

Gizzi et al. (sin año), mencionan que el conocimiento de la composición de los alimentos es fundamental para realizar dietas adecuadas, además del conocer con precisión los requerimientos nutricionales de los animales en producción.

Otro aspecto importante acerca del conocimiento de la composición nutricional, lo menciona Campabadal et al. (1996) al citar que con los valores nutritivos de los ingredientes se pueden establecer los niveles mínimos o máximos de inclusión, para no afectar la calidad nutritiva de la dieta.

Por otro lado, el poder contar con la información sobre la composición nutricional de un ingrediente en tiempo real se ve limitado, debido a que para obtenerla se deben realizar análisis químicos que demoran su tiempo en generar resultados, por esta razón, cuando no se dispone de información de los laboratorios, los profesionales en muchos casos recurren a la formulación de alimentos utilizando tablas de composición internacionales, que eventualmente son elaboradas en otras condiciones, con otras calidades y reportadas para un sector específico, que para la mayoría de los casos no se asemeja a la realidad de Costa Rica.

Pueden recurrir también a la utilización de tablas nacionales pero éstas se encuentran desactualizadas y con pocas muestras utilizadas, para describir la composición nutricional de las materias primas, por lo que el análisis estadístico ofrecido es muy limitado debido a la falta de representatividad de los datos.

A pesar de las dificultades que presentan los resultados obtenidos en laboratorios, no se desmerita que una de las herramientas más útiles para conocer la calidad de un ingrediente es la realización de análisis químicos que permitan describir su composición nutricional, y que es posible hacer estos análisis en los laboratorios nacionales.

También se sabe que un solo análisis no brinda toda la información necesaria para conocer la variabilidad que un ingrediente posee, por lo que el contar con un buen conjunto de datos que describan un ingrediente, permite establecer criterios confiables y brinda al profesional un recurso útil para la toma de decisiones, en la formulación de raciones para animales.

De ahí la importancia de contar con bases de datos estructurados de tal manera, que los datos almacenados en estas, permitan generar información de la composición nutricional de los ingredientes en forma representativa, es decir, datos que han sido almacenados con criterios que permiten dar trazabilidad a un ingrediente con el fin de conocer su procedencia, procesamiento y otras características. Además, que permiten saber que la información estadística que se genere a partir de estos datos es útil y trata de representar fielmente a una población dada, en este caso, la de las materias primas de Costa Rica.

Porque la mejora en la producción animal nacional y el constante avance del sector, depende en gran medida del conocimiento generado en los aspectos nutricionales, lo cual involucra el manejo de las materias primas y sus calidades, para poder ser utilizadas en la alimentación de las diferentes especies de interés zootécnico.

Es por esto que se hace indispensable contar con una evaluación previa, para determinar si es posible reunir las condiciones necesarias, para publicar una tabla de composición de materias primas que se utilizan en la alimentación animal en Costa Rica.

El objetivo del presente trabajo es brindar la composición nutricional de varias materias primas usadas en la alimentación animal, como estudio previo para la elaboración de tabla de composición nutricional de alimentos para animales de Costa Rica. Estas materias primas son: Grano de Maíz Amarillo, Harina de Soya, Semolina de Arroz, Puntilla de Arroz, Acemite de Trigo y Salvadillo de Trigo.

1.1 Objetivos específicos:

- Revisar, depurar y actualizar la base de datos de composiciones nutricionales de materias primas del CINA.
- Compilar, depurar y analizar los valores nutricionales de materias primas provenientes de otros laboratorios ajenos al CINA, para obtener información más representativa.
- Describir estadísticamente la composición química proximal de los ingredientes anteriormente citados.
- Describir estadísticamente la composición química mineral de las materias primas anteriormente citadas.
- Estimar, a partir de la composición química proximal y haciendo uso de las ecuaciones de predicción, los contenidos de energía de los ingredientes.
- Evaluar otros análisis existentes en la base de datos como posibles indicadores de la calidad de los ingredientes.
- Evidenciar si los criterios de almacenamiento en la base de datos son suficientes para solventar la variabilidad de los ingredientes.

CAPÍTULO I
REVISIÓN DE LITERATURA

En la actualidad, el objetivo de la producción animal es obtener productos finales tales como carne, huevos o leche de alta calidad, utilizando procedimientos que aseguren que el producto es fiable en términos de seguridad alimentaria y que cumple con los requisitos de bienestar animal. Sin embargo, la creciente competencia a nivel mundial implica que esto debe conseguirse a un costo lo más bajo posible. Para ello es necesario alimentar a los animales de acuerdo con sus necesidades nutritivas, dependientes a su vez del nivel y tipo de producción, y por otro lado prevenir el sobreconsumo de nutrientes que implican mayores costos de producción y una mayor excreción de contaminantes al medio Doorenbos et al., (2004).

La información sobre la composición de los alimentos y la información nutricional juega un rol fundamental en la producción Gizzi et. al, (sin año).

El desarrollo eficiente de la industria de alimentos para animales, requiere entre otras cosas, conocimiento de la composición y valor nutritivo de las materias primas utilizadas en la preparación de alimentos balanceados Vargas, (1992).

Así mismo, Campabadal et al. (1996), plantea que uno de los problemas más comunes para el nutriólogo, que quiere formular con materias primas nuevas, es conocer la composición nutricional de las mismas para así determinar el nivel mínimo o máximo de inclusión y no afectar la calidad nutritiva de la dieta.

El conocimiento de la composición de los alimentos es fundamental para el nutricionista, y también el conocer con precisión los requerimientos nutricionales de los animales en producción. El productor necesita conocer acerca de las materias primas para generar alimentos balanceados; el granjero, para planificar la época de producción del forraje; y la política de mercado, para direccionar estrategias que garanticen una competitividad, sostenibilidad, y evolución de alimentos seguros. Las

tablas de alimentos y las bases de datos de composiciones nutricionales, pueden ayudar en la mejora del sector Gizzi et. al, (sin año).

Sin embargo, los problemas para la obtención de valores de materias primas para el consumo animal se ven perjudicado por varios factores, los cuales se presentan tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

La producción de alimentos se lleva a cabo en todo el mundo, utilizando semillas con un amplio rango de clases para la producción, también varían las condiciones en que se desarrollan los cultivos, y las épocas de cosecha; las metodologías de procesamiento son diferentes, existen distintos periodos de almacenamiento, y otras variables más, que afectan la calidad del producto.

FEEDNA (2003), propone que el número de ingredientes utilizados para la alimentación de los animales en diferentes países es muy elevado; lo que aumenta la dificultad de encontrar materias primas que tengan las mismas condiciones de producción y de postcosecha.

Esta situación la refuerza Campabadal et al. (1996), al mencionar que otro problema es el nombramiento de ingredientes en cada país, pues se le da un nombre distinto que no indica qué tipo de constituyentes lo forman y a qué procesamiento fue sometido.

Además, Vargas (1992) menciona que para la mayoría de productos no existen normas de composición, clasificación y procesamiento; y que además lo anterior facilita su adulteración.

Así como varían las condiciones de producción de los ingredientes, es de esperar que oscilen sus valores nutritivos, tal y como lo menciona FEEDNA (2003): *“existe una considerable variabilidad tanto de su composición química como de su valor nutritivo, como consecuencia de factores ligados a su producción o a su procesado”*.

El hecho de que exista gran variabilidad de ingredientes alrededor del mundo, no significa que estén a disposición de cualquier productor, tampoco garantiza que todos cumplan con los requerimientos alimenticios para los animales que estén en producción.

En consecuencia a lo anterior, sumado a las condiciones ambientales particulares de cada región, políticas de gobierno, aspectos económicos, requerimientos nutricionales, prácticas de alimentación etc.; cada país recurre a la utilización de una gama más limitada de materias primas, que le garanticen estabilidad y rentabilidad en la empresa pecuaria.

Por ejemplo en Centroamérica, y en casi todos los países de Latinoamérica, según Vargas (1992), se hace difícil el balance de raciones por la falta de suficientes materias primas que contengan adecuados niveles de nutrientes esenciales.

Los ingredientes deberían, por lo tanto, ser seleccionados sobre una base de disponibilidad, precio y calidad de los nutrientes que poseen NRC, (1994).

2.1. TABLAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS

2.1.A. Obtención de la composición nutricional de las materias primas

Para elaborar dietas de consumo animal adecuadas a sus requerimientos específicos, se necesita de la información nutricional de los ingredientes a incluir en la formulación, los cuales pueden ser tomados de diversas fuentes.

Según Gizzi et al. (sin año), la calidad de los valores de la composición nutricional depende, en primer lugar, del origen de la información los cuales pueden haber sido extraídos de la literatura,

recolectados en laboratorios, obtenidos de otras bases de datos o generados específicamente en estudios con animales y análisis de los alimentos.

Una de las fuentes más utilizadas son las tablas de composición nutricional que son una herramienta para los nutricionistas; va a depender del nivel de confianza que éstas presenten al usuario, el cual está determinado por el prestigio del ente que realizó los análisis, así mismo de la cantidad de muestras utilizadas por cada ingrediente analizado y el método químico empleado en cada uno de los nutrientes.

Según el FEEDNA (2003), las Tablas de Composición de alimentos más utilizadas para la formulación de raciones han sido las Tablas holandesas CVB Veevoedertabel, (1999) y (2002), las francesas INRA, (1988), (1989) y (2002), las americanas NRC, (1984), (1988), (1989), (1994), (1998), (2001), así como las de SETNA (1993).

Estas tablas servirán como fuentes de información que buscan ofrecer la composición nutricional de las materias primas utilizadas en la formulación de raciones en esos países.

Realizar los análisis de un alimento es mucho más preciso que la utilización de datos de tablas de composición. Dichos análisis deberían ser obtenidos y usados en lo posible, pero por diversos factores no se pueden realizar. Con base en esto los datos documentados en tablas de composición son las mejores fuentes Preston, (2005).

Gizzi et al. (sin año) también justifican el uso de la literatura por varios factores como son: el costo de estar analizando alimentos en laboratorios y, por otro lado, las regulaciones que existen si se quiere trabajar directamente con los animales, más aún, en este segundo sistema se requiere de mucho tiempo para obtener los datos.

Tran et al. (1997) también justifican el uso de las tablas de composición de alimentos por el costo económico que conllevan los análisis químicos, y mencionan que los valores presentes en las tablas son resumidos pero son aplicables.

En ocasiones, la información suministrada por las tablas son ineficientes, pues se concentran en los valores obtenidos en los laboratorios y omiten información valiosa tales como el número de muestras, valores máximos y mínimos, desviaciones estándar, características descriptivas de la materia prima en estudio, procesamientos a que fue sometida, entre otros; que limitan las interpretaciones que se pueden extraer de las tablas.

Gizzi et al. (sin año), advierten que cuando las materias primas son insuficientemente o inapropiadamente descritas, hay un riesgo de confusión con su información real y original.

Tran et al. (1997) resumen las limitaciones conocidas de las Tablas de Composición de Alimentos en tres puntos básicos:

- La primera es que normalmente por ser información para búsquedas rápidas se restringe su tamaño, y se ignora su verdadera capacidad de resumir información. Por ejemplo: una tabla normal contiene un aproximado de 200 materias primas, y si se compara con las 17000 materias registradas en el INFIC (International Network of Feed Information Center), se puede notar que una gran cantidad de información no es incorporada en las tablas estándar.
- La segunda limitante es que muchas tablas de alimentos son recopiladas y colocadas en una base común de datos que provienen de diversas fuentes. Como resultado, los documentos son muy extensos para su creación y actualización, además que se dificulta su trazabilidad.

- La tercera limitación es que los alimentos son altamente variables y que poseen cambios naturales que son pobremente reflejados en la consolidación de valores obtenidos en las tablas de alimentos.

También Tran et al. (1997), mediante una cita de Everington et al. (1990) destacan las razones por las cuales es necesario crear y mantener bases de datos:

- la evolución mundial de la industria alimentaria en los últimos cuarenta años genera diferentes tipos de comercialización y procesamiento de materias primas y, por lo tanto, se requiere de una mayor demanda de datos respecto de los alimentos.
- la constante sofisticación de los sistemas de alimentación requieren de nuevos descriptores alimenticios que se reflejan en bases de datos y en tablas de composición.

Usando los datos de las tablas, se puede esperar que los constituyentes orgánicos (proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, fibra ácido detergente y fibra neutro detergente) oscilen entre un +/- 15%, los constituyentes minerales en un 30% y los valores de energía entre un 10%. De este modo, los valores que se muestran pueden servir como guías. Es por eso que son llamados “valores típicos” Preston, (2005).

2.1.B. Variabilidad de datos.

La información sobre los valores alimenticios de las diferentes materias primas utilizadas a nivel nacional pueden presentar variaciones importantes con respecto a la literatura o con valores de análisis de los laboratorios. Estas diferencias en los valores reportados pueden ser asociadas a diferentes tipos y distintas fuentes de variabilidad.

Esta situación también es planteada por el NRC (1982), al demostrar que las materias primas no poseen composiciones nutricionales constantes entre una y otra, una muestra de alimento puede variar ampliamente con relación a los valores tomados de las tablas.

Según el NRC (1998), al igual que Vargas (1984), la justificación para estas variaciones es debido a varios factores como: las condiciones de crecimiento del cultivo, procesamiento y condiciones de almacenamiento, y nivel de nutrientes. Las variaciones en los procesos analíticos también afectan el resultado obtenido. Además, la cantidad de humedad en el ingrediente también afecta la concentración de nutrientes.

Bresanni (1992) comenta que el contenido de nutrientes de un alimento, ya sea de origen animal o de origen vegetal, es determinado por la composición genética, del manejo que reciben y del ambiente.

Desde otra perspectiva, Preston (2005) menciona que los alimentos no son de composición nutricional constante, y ejemplifica que a diferencia de los compuestos químicos, los cuales son “químicamente puros” y tienen una composición constante, los alimentos varían en su composición.

Uno de los factores que influye principalmente en la variabilidad de calidad de un ingrediente, se debe a los tratamientos que reciben las materias primas en las fábricas, ya que estos pueden afectar severamente la calidad nutricional de los mismos.

Según Bresanni (1992) los alimentos balanceados están sujetos a procesos comunes tales como la deshidratación, el almacenamiento, la reducción de partículas, la separación de partes físicas y químicas, la cocción húmeda (presión atmosférica, bajo presión), y la cocción en seco (tostación, extrusión-cocción y peletizado). Que pueden ser aspectos a tomar en cuenta para la variabilidad en la composición nutricional de los alimentos.

Gaggiotti et al. (1996), destaca que en los alimentos concentrados y suplementos (expellers, afrechillos, harinas, etc.) las características del proceso industrial que los originan definen, en gran medida, su calidad.

Todos estos componentes influenciarán en la composición nutricional del producto, su nivel de incorporación en la dieta y los rendimientos productivos de los animales Campabadal et al., (1996).

Según Gizzi et al. (sin año), existen dos tipos de variabilidades, la intrínseca y la extrínseca. La primera es causada por diferencias reales entre ingredientes, tales como los orígenes genéticos del alimento, o diferencias en los procesos a que han sido sometidos.

La variabilidad también puede ser extrínseca, y ser causada por diferencias o errores en los métodos de ejecución de los análisis. Además este último tipo de variabilidad afecta más la calidad de los datos que la variabilidad intrínseca.

Así mismo menciona, que el uso de datos imprecisos caracterizados por baja variabilidad intrínseca y alta variabilidad extrínseca, genera un deterioro a la producción animal desde la perspectiva nutricional, económica y ambiental.

Para evidenciar la variabilidad de los datos de la composición nutricional de un alimento, Berger (1995) propone que los valores deben ir acompañados de una representación numérica como medida de la variación y advierte que un valor promedio sin una estimación de la variación normal es un valor limitado.

El NRC (1996), menciona que la variación estándar es un estimado de la variación existente entre muestras del mismo alimento.

La utilización de promedios con las desviaciones estándar, ayudan a interpretar mejor el valor real nutritivo de un alimento y cuales podrían ser sus limitaciones.

Según Berger (1995), una estimación de la variación asociada con la concentración de nutrientes de un alimento dado, permitiría el uso de la programación estocástica reduciendo los costos de la dieta, y con una programación lineal obtendría el menor costo. Además de que también permitiría a los productores y compañías conocer más acerca del dato recibido en los análisis reportados desde los laboratorios.

La variabilidad de la composición nutricional de los ingredientes afecta de manera directa la calidad de los alimentos terminados, porque su formulación puede no ser la correcta debido a las diferencias de los nutrientes reportados en los análisis y los nutrientes que se están ofreciendo en la dieta.

Para solucionar esos problemas es necesario desarrollar sistemas de clasificación de ingredientes que permitan al usuario clasificarlos de acuerdo con los atributos nutricionales más importantes, sin ambigüedades, y que la información particular de un ingrediente se pueda comparar con otras muestras del mismo con un error mínimo Campabadal et al., (1996).

Así mismo Gizzi et al. (sin año) propone que para lograr la confiabilidad, se necesita de una precisa descripción y un correcto nombramiento de los alimentos, y para este propósito se requiere de toda la información disponible sobre el tipo, orígenes, procesamientos, etc. de los alimentos.

Como recomendación, el NRC (1996), menciona que la concentración de nutrientes varía de muchas maneras en las materias primas, pero si el valor de la desviación estándar para una muestra individual es más grande que 2 desviaciones estándar del promedio, se necesita la verificación de ese valor.

2.2. CLASIFICACIÓN DE ALIMENTOS

2.2.A. Sistemas de clasificación

Existe un sistema internacional de clasificación de los alimentos que empezó a desarrollarse en 1972 en la reunión anual de la Sociedad Americana de Ciencia Animal, donde se acordó establecer un nombre con un número y una descripción internacional para cada ingrediente de uso animal, esto con el fin de que toda la información presentada por la Red Internacional de Centros de Información de Alimentos para Animales (INFIC) y las publicaciones presentadas en el "Journal of Animal Science" adoptaran el mismo procedimiento Mata, (1997).

Este sistema internacional de clasificación fue mostrado en una publicación del INFIC que provee una lista de nombres de alimentos internacionales para ser usada en la comunicación científica y describir el método utilizado para elaborar dicha lista. También ilustra los procedimientos que simplifican la citación de los nombres y los números internacionales (IFN) cuando los alimentos son especificados en publicaciones. Cuando se citan ambos, la descripción del alimento y el número, no puede haber confusión o error en la identificación de alimentos Harris et al. (1980).

Cada alimento referido en los documentos debería ser identificado por el nombre del alimento y por el número internacional, por lo menos una vez en cada documento enviado para publicación. Cuando aparezca por primera vez en el texto debería describirse con el nombre y el número internacional del alimento, después se puede utilizar algo más simple para identificarlo Harris et al. (1980).

Si el documento contiene tablas de ingredientes o fórmulas para dietas, entonces el Nombre y el Número Internacional del Alimento tendría que citarse en la primera tabla. Si el alimento es usado en otras tablas, se puede hacer uso de un nombre simplificado o con el IFN Harris et al. (1980).

Según la revisión de literatura elaborada por Harris et al. en 1980, se reveló que varios nombres comunes de alimentos desde diferentes áreas del mundo son sinónimos para el mismo producto.

Por lo tanto, existen nombres diferentes que son utilizados para describir materias primas, por lo cual se necesita establecer una base común para comparar valores nutritivos, y eso es exactamente lo que brinda el International Feed Name and IFN. También el nombre simplificado puede ser usado en el texto.

Según Harris et al. (1980), una Descripción Internacional de un Alimento está compuesta por una combinación de descriptores tomados desde seis facetas (para extender la información que está disponible o es aplicable). Los factores son:

- Material Original (planta, animal u otro material básico).
- Partes del material usado en el alimento y que se afecta por el proceso.
- Procesos o tratamientos a los cuales el material ha sido sujeto.
- Estado de maduración.
- Corte o cosecha (para plantas solamente)
- Grado (Calidad).

También de acuerdo con sus características físicas y químicas, los alimentos son asignados en uno de ocho Clases de Alimentos:

- Forrajes secos y alimento toscos.

- Pasturas cultivadas, pastos nativos y forrajes utilizados verdes.
- Ensilajes.
- Alimentos Energéticos.
- Suplementos Protéicos.
- Suplementos Minerales.
- Suplementos Vitamínicos.
- Aditivos.

Para una descripción más completa, Vargas (1984), define las ocho categorías de la siguiente forma:

- **Forrajes secos y alimentos toscos:**

Incluye todos los pastos cortados y curados. Los forrajes secos y alimentos toscos son bajos en energía neta por unidad de peso, generalmente debido al alto contenido de fibra, aunque algunas veces se debe al alto contenido de agua.

De acuerdo con la nomenclatura, los alimentos que en este estado seco contengan más del 18% de fibra cruda son considerados dentro de esta categoría. Entre los productos que se incluyen están: heno de gramíneas y leguminosas, pajas, forrajes (parte aérea con espigas, cáscaras y panículos) rastrojos (parte aérea sin espigas, cáscaras ni panículos), cáscaras de granos y semillas (arroz, algodón, maní, cacao, etc).

- **Pasturas cultivadas, pastos nativos y forrajes utilizados verdes:**

Incluye todos los forrajes que no han sido cortados y curados. Por ejemplo: todos los alimentos cortados y ofrecidos en forma verde, o forrajes curados en pie como plantas nativas en estado de latencia vegetativa, se incluye dentro de esta clasificación.

El término "fresco" es utilizado como un término del procesamiento para la mayoría de estos alimentos aunque ellos pueden ser secados antes de ser consumidos.

- **Alimentos ensilados:**

Son todos los alimentos que han sufrido algún proceso de fermentación anaeróbica (ensilado).

- **Alimentos energéticos:**

Se incluyen todos los alimentos que contengan menos de 20% de proteína cruda y de 18% de fibra cruda. Entre estos están: granos de cereales, subproductos de molinería, frutas, nueces, tubérculos, musáceas, etc.

- **Suplementos proteicos:**

Todos los alimentos que contengan más del 20% de proteína cruda, de origen animal o vegetal.

- **Suplementos minerales:**

Cualquier fuente concentrada que supla minerales a la ración.

- **Suplementos vitamínicos:**

Cualquier fuente concentrada que supla vitaminas a la ración.

- **Aditivos:**

Todas las sustancias usadas en la formulación de raciones para animales y que no constituyen fuente de elementos esenciales conocidos. Esto incluye antibióticos, colorantes, aromatizantes, hormonas, medicamentos, etc.

Continuando con el sistema de Clasificación Internacional utilizada por el INFIC, según Harris et al. (1980), a cada alimento se le asigna un único Número Internacional de Alimento de cinco dígitos, los cuales pueden ser usados para unir los datos químicos y biológicos con la descripción de los alimentos, o los Nombres Internacionales de Alimentos con otros nombres.

El Número de Clase del Alimento es colocado al inicio de la clasificación Internacional en impresiones y en tablas Harris et al. (1980).

La justificación para llevar a cabo el sistema de clasificación internacional y que fuera adoptado por el INFIC, estuvo sustentado según Harris et al. (1980), en que el valor nutritivo de un alimento se ve afectado por varios factores, entre los cuales destacó varias causas citadas en la justificación de variabilidad de los datos en el presente trabajo; además agregó otros aspectos importantes como:

- Para describir y definir el producto en conciso, en términos entendibles, apropiados para ser cambiados y procesados por todos los Centros INFIC.
- Para mejorar el entendimiento en las comunicaciones técnicas con y entre varios lenguajes.
- Para facilitar la comunicación de la información sobre la composición de los alimentos y la calidad en el comercio nacional e internacional.
- Para adaptar la información del alimento a un sistema de codificación compatible con el software en computadoras.

Un sistema de descripción de los alimentos debería permitir el uso de la clasificación de los alimentos de acuerdo con sus atributos nutricionalmente importantes, sin ambigüedades, para poder combinar datos de muestras en particular con datos de otras fuentes con un mínimo de error Harris et al. (1980).

Sin embargo a pesar de los argumentos presentados en el INFIC, este sistema internacional es criticado, pues aunque identifica las posibles materias primas que se pueden utilizar para la elaboración de alimentos balanceados, existen muchos ingredientes cuya composición no es tan pura como el patrón establecido en su clasificación, ya que en el proceso de su obtención, el equipo tecnológico no es el mejor, se mezcla con otros ingredientes o bien ocurren adulteraciones. Además, se puede carecer de información de las condiciones bajo las cuales se desarrolló la fuente utilizada, como son: variedad, fertilización, tipo de suelo, etc, Mata, (1997).

Además esta Clasificación Internacional de Alimentos no es utilizada en forma global, ya que según Antoniewicz (1995) citado por Campabadal et al. (1996), la Comunidad Económica Europea tiene un sistema propio, similar al de la Asociación Americana Oficial de Control de Ingredientes. Además existen otros sistemas de clasificación que incluyen los tipos de procesamiento a que son sometidos los alimentos.

Desde el punto de vista práctico, Campabadal et al. (1996) plantea que para la formulación de raciones, los ingredientes se pueden clasificar en cuatro categorías generales de acuerdo con su contenido de nutrimentos. Estas categorías son: fuentes de proteína, fuentes de energía, fuentes fibrosas y aditivos.

2.3. REGULACIÓN DE ALIMENTOS

Las regulaciones sobre la industria de producción de alimentos empezó, en sus inicios, únicamente con leyes aplicables a medidas cuantitativas de pesos y volúmenes en los alimentos; los cuales eran elaborados sin tomar en cuenta la protección a los consumidores y la deshonestidad de las personas que intervinieron directamente en el mercado. AAFCO (2003)

Las regulaciones de los alimentos, debido a el avance tecnológico y a las necesidades de mercado, fueron cambiando con el tiempo.

Según la AAFCO (2003), la calidad de las mezclas de los alimentos que contenían grano entero podía ser fácilmente determinada por el consumidor a simple vista, con olor o con el sabor. Posteriormente, cuando los alimentos fueron elaborados con granos procesados, el consumidor no podía detectar la calidad del producto con métodos simples como los sentidos. Por lo tanto, el consumidor necesitaba asistencia de algún ente encargado quien asegurara que el alimento contara con ciertas características estándar de calidad.

En 1909, cuando el primer control de calidad oficial se formó como un comité, ciertos objetivos fueron establecidos para beneficio del sector.

El primer objetivo fue el control oficial elaborado como respuesta a las peticiones hechas por la industria de alimentos. Otros puntos incluyeron la formulación de definiciones equivalentes y justas, regulaciones y resoluciones; además de la aceptación de nuevos ingredientes alimenticios y establecimiento de los requerimientos para el etiquetado. AAFCO (2003)

Entre los propósitos establecidos estaba el proyecto de formulación y distribución de un conjunto de definiciones que cubren todos los ingredientes para alimentos junto al proyecto de etiquetado. AAFCO (2003)

Actualmente, la AAFCO (Association of American Feed Control Officials), ofrece mecanismos para el desarrollo del sector e implementa leyes uniformes y concretas, regulaciones, estándares de calidad, definiciones y políticas para la regulación de la manufactura, etiquetado, distribución y venta de alimentos para animales, obteniendo seguridad, eficiencia y aprovechamiento de las materias primas.

La Asociación promueve, por lo tanto, nuevas ideas e implementa procedimientos instando a la afiliación de agencias relacionadas al sector para generar la uniformidad dentro de los procesos de producción de alimentos.” AAFCO (2003)

La AAFCO también sirve como un mediador para las decisiones finales cuando existen desacuerdos entre entes. Esta función tiene su importancia ya que sin una autoridad final muchas decisiones tomadas en el sector nunca serían concretadas.

Dentro del procedimiento de regulación de la AAFCO, el aspecto más importante es ofrecer protección para el consumidor tanto como para la industria alimentaria. Así mismo, la función de la regulación alimentaria es salvaguardar la salud de las personas y animales AAFCO (2003).

Nuestro país a través del Registro y Control de Alimentos para Animales, es miembro de AAFCO y acoge las normativas planteadas por esta organización en el control de los alimentos para animales.

2.4. ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS

2.4.A. Análisis Proximal

Según Barber (1983) citado por Tran et al. (1997), el uso racional de materias primas para la alimentación animal está basado sobre el conocimiento preciso de su composición y valor nutritivo.

Una completa descripción de un alimento incluye su composición (materia seca, proteína, fibra cruda, aminoácidos, elementos traza...), obtenidos por análisis químicos, que deberían ser tan buenos como los parámetros nutricionales obtenidos en experimentos in vivo en granjas de animales, como por ejemplo la energía digestible para cerdos Tran et al. (1997).

Existen muchos métodos analíticos para obtener información acerca de los nutrientes que componen las materias primas.

Según Mata (1997), existen métodos analíticos bien definidos para estudios de nutrición animal, que permiten medir cuantitativamente cada nutriente y expresarlo en términos porcentuales u otra unidad de medida (mg/Kg, ppb, ppm, ug/ml, etc.)

Bateman (1970) citado por Mata (1997), menciona que uno de los análisis utilizados es el sistema de Weende de análisis próximo o proximal, y que está diseñado para simular el proceso de digestión que tiene lugar dentro del animal.

Según Perry et al. (1999), este sistema para obtener un valor aproximado de un producto para propósitos alimenticios, fue desarrollado en la Estación Experimental Weende en Alemania hace más de 100 años. El sistema fue basado en la separación de una muestra de un producto, en sus fracciones

nutritivas a través de una serie de determinaciones químicas que reflejarían el valor alimenticio del material.

Este sistema llegó a ser conocido como el Análisis Proximal de los materiales alimenticios y se utilizó para muchas funciones básicas en el siglo pasado en el avance de la ciencia de los alimentos en las granjas de los animales Perry et al. (1999).

Según el NRC (1982), el principal problema del análisis proximal es la distribución de la parte orgánica no lipídica, las fracciones no proteicas entre la fibra cruda y ELN, y es deficiente en la separación de los carbohidratos de acuerdo con sus valores nutritivos. El análisis de fibra cruda falla en determinar cada uno de los componentes de la pared celular. Alrededor del 50-90% de lignina, 85% de hemicelulosa, y 20-50% de celulosa son disueltos en la determinación del contenido de fibra cruda.

A pesar de las críticas a este sistema, es el mejor de los que se dispone, pues aún no se ha diseñado un sustituto que se acepte universalmente. El sistema Weende es importante por las siguientes razones: la información acumulada hasta la fecha, en todas las tablas de alimentación, se basan en este sistema de análisis; los países que han establecido controles sobre la nomenclatura y adulteración de los alimentos, utilizan por lo menos algunos de éstos análisis para velar por el cumplimiento de tales disposiciones y porque cualquier información que se publique debe expresarse en términos de este análisis para ser comprendida Mata (1997).

Sin embargo, a pesar de que el análisis de Weende es de los más utilizados, hay laboratorios que utilizan técnicas químicas diferentes y trae como consecuencia, según Barber (1983) citado por Gizzi et al. (sin año) la variabilidad extrínseca a la base de datos, explicada en el apartado de Variabilidad.

Pero el mayor problema es el promediar valores de un nutriente en específico provenientes de diferentes análisis, como por ejemplo, el promediar valores incorrectos en la estimación de lignina usando permanganto de potasio, de acuerdo con el método de Goering and Van Soest (1970), y usar bromuro de acetilo de acuerdo con el método de Morrison (1972). Esto se corrige si se compara o se promedia parámetros solamente si han sido agrupados de acuerdo con el método de análisis usado para obtener los datos, Gizzi et. al (sin año).

Por lo tanto Doorenbos et al. (2004), indican que antes de introducir los valores en la base de datos se comprueba la metodología de análisis utilizada y la fiabilidad de los resultados obtenidos, que deben encontrarse dentro de un rango predeterminado.

Doorenbos et al. (2004), hacen la recomendación anterior para todos los nutrientes en general, porque existen nutrientes que pueden ser analizados y otros que son calculados.

Entre los nutrientes analizados se encuentran los componentes del análisis de Weende, los de la fracción hidrocarbonada, los macro y microminerales, los aminoácidos y ácidos grasos y los compuestos volátiles, presentes principalmente en subproductos húmedos procedentes de la industria de la alimentación humana. Para estos nutrientes las tablas especifican el método de análisis utilizado. Esto significa que valores obtenidos por otros métodos no se incluyen en la base de datos. Las tablas presentan junto a cada valor medio la desviación estándar correspondiente corregida por el número de análisis utilizados (sdc), Doorenbos et al. (2004).

Los valores de nutrientes calculados se estiman a partir de la composición química de las materias primas utilizando fórmulas matemáticas específicas. Este es el caso por ejemplo de los valores energéticos, o de los contenidos en fósforo o aminoácidos digestibles de cada materia prima, Doorenbos et al. (2004).

Perry et al. (1999), mencionan que para los nutrientes calculados, los valores pueden expresarse en tres formas:

- Tal como ofrecido: Algunas veces referido como húmedo o en base fresca. Sobre esta base, la materia seca de los diferentes alimentos puede oscilar entre el 0% al 100%.
- Secado al aire: Puede ser exacto el secado o presentar ligeras variaciones de humedad aunque se asuma como materia seca. Puede guardar un aproximado de 10% de humedad. Esta base es usada para comparar la composición de alimentos teniendo diferentes contenidos de humedad. La mayoría de los alimentos son ofrecidos a los animales en el estado de secado al aire.
- Secado al horno: Basado en un 100% de estado de materia seca y libre de humedad. También usado para comparar diferentes contenidos de humedad.

2.4.A.1. Nutrientes analizados.

Materia Seca (MS)

La determinación de la materia seca involucra el secado de la muestra de alimento en un horno a temperatura constante, Cheeke (1999).

Otra forma más específica la menciona Gaggiotti et al. (1996), y se basa en el secado de una muestra en una estufa con circulación forzada de aire a 60°C hasta peso constante, para eliminar el contenido de agua.

La determinación de la materia seca es importante por dos razones. Primero, algunos materiales, tales como los alimentos verdes, ensilajes, subproductos de procesamiento, etc., tienen un

alto contenido de humedad. Su calidad y valor dependen de cuánto de su peso es agua. Esta información es importante, por ejemplo, en el balanceo de raciones y en la compra de materias primas, Cheeke (1999).

La otra razón importante de la determinación de la materia seca es que los análisis de alimentos son ejecutados sobre muestras secas, Cheeke (1999) y Gaggiotti et al. (1996).

El NRC (2001) menciona que la precisión de la materia seca estimada es importante para la formulación de dietas para prevenir sobre o subalimentación de nutrientes y promover un mejor uso de los mismos.

Además, el NRC (1982) indica que los valores típicos de materia seca son mostrados en las tablas, sin embargo, los contenidos de humedad de las materias primas pueden variar, y esto puede ser la principal razón para la variación entre la composición de los alimentos sobre la base tal como ofrecido.

Algunos otros métodos son usados para medir los contenidos de humedad:

- Destilación volumétrica usando aceite o tolueno.
- Eléctrico – Basado en conductividad.
- Secado en frío, Perry et al. (1999).

Minerales o cenizas

Esta fracción incluye los componentes inorgánicos o los minerales de un alimento, Perry et al. (1999).

Un número de elementos inorgánicos son esenciales para el funcionamiento normal y reproducción de los animales. Esos que son requeridos en grandes cantidades son llamados como

macrominerales y su grupo incluye: calcio, fósforo, sodio, cloro, potasio, magnesio y azufre, NRC (2001).

Los otros elementos requeridos en cantidades de miligramos o microgramos son comúnmente llamados como minerales traza. Este grupo incluye: cobalto, cobre, yodo, hierro, manganeso, molibdeno, selenio, zinc, cromo y flúor, NRC (2001).

El contenido total de minerales es medido incinerando la muestra del alimento en un horno de mufla a 600°C. Esto produce la combustión de todo el material orgánico, dejando un residuo de cenizas o de material mineral, Cheeke (1999).

El contenido de cenizas es usado como una medida del contenido de los minerales totales y también es indicativo de la contaminación del suelo en los alimentos. Un alto contenido de cenizas de una muestra de heno, por ejemplo, puede indicar excesiva contaminación con suelo y polvo, Cheeke (1999).

Fibra Cruda

El contenido de fibra cruda se mide al hervir una muestra de alimento extraída con éter en dilución ácida, luego en dilución alcalina, secada, y quemada en un horno de mufla. La diferencia de peso antes y después del quemado es la fracción de fibra cruda, Cheeke (1999).

Vargas (1984), lo define como un residuo orgánico remanente después de tratar un alimento libre de humedad y grasa con una solución de 0.225N de ácido sulfúrico y 0.313N de hidróxido de Sodio.

Este procedimiento fue desarrollado en los primeros comienzos de la investigación en nutrición, en un intento por estimar la porción indigestible de un alimento en el tracto humano, por estimulación de

las condiciones ácidas del estómago y las condiciones alcalinas del intestino. A pesar de las bien reconocidas limitaciones, los valores de fibra cruda aún siguen siendo muy utilizadas, Cheeke (1999).

Perry et al. (1999), sugieren algunas limitaciones con la determinación de este nutriente, como por ejemplo, la fibra cruda determinada por el análisis proximal incluye solamente una parte de la hemicelulosa y lignina presente en el alimento, la otra porción de esas sustancias es incluida en la fracción del extracto libre de nitrógeno. Además, el uso de fibra cruda y del extracto libre de nitrógeno a través de los años para uso en la predicción de valores alimenticios son reconocidos en tener algunas limitaciones definidas, especialmente con algunos materiales fibrosos.

Un procedimiento más reciente es la determinación de fibra detergente neutro (FDN) en el laboratorio, el que ofrece un cálculo más preciso del total de fibra en el alimento. La FND incluye celulosa, hemicelulosa y lignina, Wattiaux (2002).

Proteína Cruda

Cheeke (1999), Gaggiotti et al. (1996) y Perry et al. (1999) coinciden en que la proteína cruda es definida como el nitrógeno contenido en un alimento multiplicado por un factor de 6.25.

Esta determinación es basada en el hecho de que la mayoría de nitrógeno contenido en los alimentos son proteínas, y las proteínas son en promedio aproximadamente 16% de nitrógeno. Exactamente las proteínas oscilarán desde 15% a más de 18% de nitrógeno, Perry et al. (1999).

El nitrógeno es medido por el procedimiento de Kjeldahl que se basa en hervir la muestra en una concentración de ácido sulfúrico, ocasionando la completa oxidación de todo el material orgánico. La proteína y aminoácidos son completamente degradados, el nitrógeno es liberado como ion amonio. La solución pasa a ser alcalina, convirtiendo el amonio a amoniaco. El vapor sale a través de esta

solución (destilación de vapor), sacando el amoniaco, el cual es atrapado en una solución de ácido bórico. La concentración de amoniaco se mide por titulació, Cheeke (1999).

Se le llama “cruda” porque puede contener cantidades de materiales como nitrógeno amoniacal y materiales que no son verdaderas proteínas tales como aminoácidos, enzimas, ciertas vitaminas, urea, biuret, amonio, etc. Estos materiales son llamados materiales no proteicos, Perry et al. (1999).

Extracto Etéreo

El contenido de grasa de un alimento se determina por la extracción con éter de una muestra de alimento. El cambio de peso de la muestra es debido a la pérdida del extracto etéreo o a los lípidos solubles en éter, Cheeke (1999).

Según Gaggiotti et al (1996) no sólo se solubilizan los lípidos sino también todos aquellos compuestos solubles en el solvente.

De esta forma Perry et al. (1999) mencionan que pueden incluir materiales que generen variaciones por ser solubles en éter tales como las vitaminas lipofílicas, carotenos, clorofila, esteroides, fosfolípidos, ceras, etc.

2.4.A.2.Nutrientes calculados

Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

El extracto libre de nitrógeno se determina por diferencia. Incluye todas las fracciones discutidas anteriormente, que son adicionadas juntas, y son restadas a 100, Perry et al. (1999).

$\% \text{ ELN} = 100 - (\% \text{ de Humedad, \% de PC, \% de EE, \% de FC, \% de MInerales})$, Perry et al. (1999).

Incluye la mayoría de azúcares y almidones, y también algunas hemicelulosas solubles y ligninas solubles, Perry et al. (1999).

Vargas (1984), lo define como parte de los carbohidratos de un alimento, soluble y fácilmente digerible. Incluye azúcares, almidones, pentosas y ácidos orgánicos no nitrogenados, pero no fibra cruda.

Energía

En los Estados Unidos, la energía es expresada en calorías. En la mayoría de otros países el joule es usado como medida de la energía. Las definiciones apropiadas son las siguientes:

- 1 caloría = la cantidad de calor requerido para incrementar la temperatura de 1 gramo de agua en 1° C, medido desde 14.5° a 15.5°C.
- 1 kcal = 1000 calorías.
- 1Mcal = 1000 Kilocalorías.
- 1 caloría = 4.184 Kilojoules.
- 1 Kilojoule = 0.239 Kilocalorías, Cheeke (1999).

Prácticamente existen dos métodos para el cálculo de energía: el método calorimétrico y el total de nutrientes digestibles (TND).

1. Método calorimétrico:

El contenido calórico de los materiales biológicos es determinado en una bomba calorimétrica. En resumen, la muestra es quemada en una cámara de combustión (bomba) insertada en un recipiente

conteniendo un peso conocido de agua. La muestra quemada desprende calor el cual es tomado por el agua, Cheeke (1999).

A partir del peso de la muestra, el peso del agua, y el incremento en la temperatura del agua, se calculan el número de calorías liberadas, Cheeke (1999).

Cuando una muestra de alimento se quema en una bomba calorimétrica, se determina la energía bruta. Para determinar la fracción de la energía bruta que el animal puede utilizar exactamente, se deberían realizar pruebas metabólicas para observar las diferentes pérdidas. Esto genera los valores para energía digestible, energía metabolizable y energía neta, Cheeke (1999).

Para determinar las diferentes energías Cheeke (1999) plantea lo siguiente:

- Energía digestible (DE) = Energía Bruta (EB) – Energía fecal.
- Energía metabolizable (EM) = ED – (energía en orina + pérdidas en el rumen por gases).
- Energía neta (EN) = EM – pérdidas por calor.

Además indica que la Energía neta representa la fracción de la Energía Bruta que se utiliza para un propósito en específico.

Las diferentes energías se pueden ilustrar en la siguiente figura 1 (en anexos) citada por Perry et al. (1999), donde se visualizan las distribuciones energéticas en el animal.

Perry et al. (1999) define cada una de las energías de la siguiente forma:

Energía Bruta (EB):

Representa el total del calor de la combustión de un material determinado en una bomba calorimétrica, ordinariamente expresado como Kilocalorías por Kilogramo de alimento o Kcal/Kg. Los

valores de energía Bruta de un alimento no tienen relación con los valores de la energía digestible, energía metabolizable o valores de energía neta, excepto que nunca pueden exceder los valores de EB.

Ciertos productos como el carbón, aceite mineral, y lignina, tienen alta Energía Bruta pero, debido a su digestibilidad, no son valores de energía para el animal. Los alimentos toscos tienen valores de Energía Bruta comparados con los valores de los concentrados, pero los dos difieren sustancialmente en sus energías. La grasa, debido a su gran proporción de carbono e hidrógeno, obtiene 2.25 más energía bruta por Kilogramo que los carbohidratos.

Energía Digestible (ED):

Es una porción de energía de un alimento que no aparece en las heces. Incluye tanto la energía metabolizable como la energía de la orina y metano. La ED difiere del TND en que el TND, como nutriente calculado, no incluye la energía de la orina, a menos que provenga del metabolismo de la proteína, los cuales representan la mayoría.

Energía metabolizable (EM):

Es la porción de energía bruta consumida por el animal y que es utilizada para realizar trabajo, crecimiento, engorde, desarrollo fetal, producción de leche, y otras producciones de calor. Es la porción que no aparece en las heces, orina y en la fermentación de los gases (principalmente metano).

Representa la energía digestible menos la energía de la orina y metano. Es comparable a la energía del TND a excepción de la energía de fermentación de los gases.

Energía Neta (EN):

Representa la porción de la energía que puede ser usada por el animal para trabajo, crecimiento, engorde, desarrollo fetal, producción de leche, y otras producciones de calor. Difiere de la

energía metabolizable en que la energía neta no incluye el calor de fermentación y el metabolismo de los nutrientes (del incremento de calor). La energía neta no es usada para la producción de calor a menos que el calor proveniente de otras fuentes sea requerido para mantener la temperatura corporal.

Incremento calórico (IC):

Es la diferencia entre EM y EN. Ha sido identificada como el trabajo de digestión, efecto dinámico específico y efecto termogénico. Este calor es usado solo para mantener al animal con la temperatura corporal durante climas muy fríos. En otros momentos la energía representada por este calor puede interferir con la producción por causar en el animal demasiado estrés calórico.

2. Total de Nutrientes Digestibles :

Un método antiguo para estimar la energía digestible es el sistema de Total de Nutrientes Digestibles. Representa la sumatoria de los constituyentes que producen energía digestible, Cheeke (1999).

El extracto etéreo es multiplicado por 2.25, y representa el más alto contenido de energía de grasa comparado con los carbohidratos y la proteína. Los valores de digestibilidad para cada fracción son determinados experimentalmente, o valores recopilados en libros, Cheeke (1999).

Según Orskov et al (1990), el TND sirvió de base para los métodos de evaluación de alimentos adoptado por Estados Unidos, y con unas ligeras modificaciones, es aún utilizado a pesar del hecho de que el TND no incluye en sus procedimientos las pérdidas energéticas de metano y orina.

Cheeke (1999), resume en la siguiente ecuación el Total de Nutrientes Digestibles:

$$\text{TND} = \% \text{ Proteína cruda digestible} + 2.25 (\% \text{ extracto etéreo digestible}) + \% \text{ de fibra cruda digestible} + \% \text{ELN digestible}.$$

El total de nutrientes digestibles (TND), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) y energía neta (EN), han sido utilizados a través de los años para expresar valores energéticos de diferentes alimentos y raciones para diferentes propósitos en la alimentación, Perry et al. (1999).

2.5. MATERIAS PRIMAS

La fracción más grande de componentes en un alimento balanceado, lo constituyen las materias primas que son invariables en una dieta, debido a su calidad y costo, NRC (1994).

Prácticamente, los cereales son el grupo de ingredientes encargados de cubrir las necesidades energéticas en la alimentación animal; mientras que la harina de soya, presente en el grupo de las semillas de oleaginosas, constituye la principal fuente de proteína en las dietas formuladas en la producción pecuaria.

Lo anterior lo sustenta Perry et al. (1999), al mencionar que los granos de cereales conforman aproximadamente el 80% de los concentrados. De este porcentaje, el más importante es el maíz, seguido por el sorgo. También cita que la harina de soya es el alimento más importante en cuanto al aporte de fracción proteica de alta calidad.

El maíz y la harina de soya, al ser alimentos fundamentales en la elaboración de dietas por su alta calidad nutricional, son buscados constantemente por las empresas productoras a nivel mundial, lo que genera altas producciones de cosechas alrededor del mundo.

Según Martin (2002), para el 2002 la zona con mayor producción de concentrados fue la Unión Europea con 144 toneladas, seguido por Estados Unidos con 142,3 toneladas. Sin embargo, China se

ha convertido en una fuerza principal en la producción mundial de concentrados y productos para la alimentación.

Así mismo, conforme se incrementa la producción de alimentos terminados, se incrementa la demanda de materias primas de alta calidad como lo es la harina de soya.

Martin (2002) plantea que se ha disparado su producción, pasando de 1 a más de 18 millones de toneladas métricas.

Este mismo autor supone que seguirá creciendo la producción avícola y porcina con el fin de satisfacer la demanda de los consumidores de una clase media que se expande con un creciente poder adquisitivo. Sin embargo, muchos analistas creen que China se convertirá en un gran importador de productos de carne, especialmente de carne de cerdo, porque los costos de la producción en este país no serán competitivos con los de América del Norte. Estas tendencias significan que el mercado chino impactará cada vez más en el precio de las materias primas utilizadas en Europa.

En nuestro país, gracias a la producción y procesamiento de granos como el arroz, frutas, y otros productos para la alimentación humana, se pueden utilizar los subproductos obtenidos y material de desecho, en la formulación de dietas para consumo animal.

Según Campabadal et al (1996), el uso en la alimentación animal de ingredientes ocurre cuando son rechazados para consumo humano.

Adicionalmente al maíz y a la harina de soya, según Bucholtz (1997) y Chandler (1999), citados por Araya M. (2002), la industria nacional ofrece a los ganaderos y nutricionistas animales subproductos agroindustriales que provienen de la elaboración de alimentos para consumo humano.

Por lo general, el valor nutricional de éstos subproductos no se conoce con el nivel de detalle que permite utilizarlos en forma óptima, o bien la variabilidad en su composición nutricional obliga al análisis periódico de los mismos.

Vargas et al. (1978) apoya la afirmación anterior y especifica que la industria animal utiliza además los derivados de la industrialización del arroz y del trigo.

Al poder introducir subproductos en la formulación de dietas para consumo animal, muchas industrias aprovechan este potencial y logran colocar, lo que antes era desecho agroindustrial, en material para alimento animal. Por ejemplo, Loy D. (1998) menciona algunas industrias que proveen subproductos:

- Procesadoras de Granos.
- Cervecerías y destilerías.
- Procesadoras de algodón.
- Procesadoras de vegetales y frutas.
- Procesadoras de alimentos.
- Productos de deshecho.

Específicamente algunos de los subproductos obtenidos son: el Gluten feed de maíz, granos de destilería, subproductos de origen animal, granos de cerveza, subproductos del algodón, alimentos líquidos, alimentos fibrosos, etc, Loy (1998).

Aunque se ha encontrado un alto potencial en la utilización de subproductos, éstos tienen que manejarse con restricciones, pues no son todas las especies ni en todas las etapas fisiológicas en que se pueden ofrecer.

Según Chandler (1999) y Loy D. (1998), una de las producciones que se adapta adecuadamente a la utilización de éste tipo de material es la producción lechera, principalmente por la fisiología del rumiante, que tiene la capacidad de convertir diferentes tipos de residuos en proteína animal.

Aunque es difícil calcular la cantidad de subproductos que se utilizan en la alimentación animal, Mateos y Lazaro (2002), estiman que llega alrededor de un 25% del total del alimento ofertado al ganado lechero por ejemplo.

Las materias primas que se estudiarán en la tesis serán dos provenientes de la industrialización del grano de arroz: la semolina "Rice Bran" (4-03-928) y puntilla de arroz "Rice Pulished" (4-03-932), dos subproductos del grano de trigo: Acemite de Trigo "Wheat middlings" (4-05-205), Salvadillo de Trigo "Wheat bran" (4-05-190), la harina de soya como subproducto de la extracción por solvente del aceite del frijol de soya (5-20-638), y el grano de maíz amarillo (4-02-935).

2.5.1. Grano de maíz amarillo

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios mas antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género, Paliwal et al. (2001).

Varios autores citados por la Paliwal et al. (2001), Wilkes (1985), Galinat (1988), Dowswell, Paliwal y Cantrell, (1996) coinciden en que el maíz no crece en forma salvaje y no puede sobrevivir en la naturaleza, siendo completamente dependiente de los cuidados del hombre.

Loy D. (1998), comenta que en los últimos 20 años se ha duplicado el procesamiento del maíz tanto para fines industriales como comestibles.

Este crecimiento de la producción de maíz lo coloca como uno de los granos más importantes en el mundo.

Esta afirmación la sustenta Paliwal et al. en el año 2001, al mencionar que el maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total.

En los países tropicales, éste cultivo de relevancia mundial se destina a tres comercios básicos, según Paliwal et al. (2001), el 50% del maíz producido en los trópicos se consume directamente como alimento humano; cerca del 40% es usado como alimento animal y el 10% restante se utilizan para otros fines.

En Europa, particularmente en España, FEDNA (2003) destaca la importancia del maíz en la elaboración de alimentos terminados y establece que su relevancia se debe a características particulares tales como: el alto valor energético, la palatabilidad, la escasa variabilidad de su composición química y por el bajo contenido de factores antinutritivos.

Debido a que el maíz es un cultivo tan antiguo y se encuentra permanente al alcance de la manipulación humana, se espera que a través de la historia hayan aparecido cualquier cantidad de variedades, con diferentes calidades agronómicas y nutricionales.

North M. (1986), plantea que actualmente el maíz es resultado de un cruzamiento híbrido en un esfuerzo para producir plantas aceptables en ciertos climas, precipitación pluvial y composición de la tierra.

Esta situación la refuerza FEDNA (2003) al asegurar que existen actualmente diferentes tipos de grano de maíz: el dentado, el flint (duro), el harinoso, el dulce, el pop y el ornamental (pod); de los

cuales el más utilizado en alimentación animal es el primero. También afirma que el hombre sigue realizando intentos por mejorar la calidad nutricional del grano, seleccionando líneas de alto contenido en grasa (10%), en azúcar (10%, maíz dulce), en amilosa (80%, amilomaíz), en proteína (26%), o en lisina y triptófano (opaco-2), pero su uso comercial está limitado por su baja productividad.

Pero no todo el maíz producido a nivel mundial tiene la misma calidad, ni se desarrolla bajo las mismas condiciones, Paliwal et al. (2001) describe que el cultivo del maíz en zona templada tiene un ciclo mayor que la mayoría de los países tropicales. Por lo tanto, el rendimiento del maíz tropical, cuando se lo compara con el del maíz de zona templada, no es tan bajo; aún así, la productividad del maíz en las zonas tropicales es menor que en las zonas templadas.

Hay algunas excepciones donde la productividad del maíz tropical se compara favorablemente con el maíz en los ambientes templados, tal como el maíz cultivado en la época invernal en los trópicos.

North M (1986), explica que el maíz es cereal de gran variedad, característica que se toma en cuenta a la hora de su venta junto a otras como el “grado”, que indica su contenido de humedad, peso, composición del grano y la presencia de material extraño.

La composición del grano del maíz, al igual que otros granos de cereales, presentan características similares en sus estructuras, las cuales han sido estudiadas y analizadas. En la actualidad se le dan diferentes usos.

Cheeke P (1999), define que los granos utilizados en la alimentación animal corresponden a los granos de cereales, los cuales son semillas comestibles de pastos cultivados.

La estructura biológica de la semilla de un cereal consiste, desde el interior hacia el exterior, en: un 10% en el embrión plantado (germen, alto en aceite, proteína y otros), un 84% el endospermo (consiste en almidón), la aleurona (capa interior que contiene fibra y proteína, se le llama salvado, y en

inglés “bran”) y las capas protectoras exteriores que tienen el 6% restante. La capa protectora más exterior es la cascarilla, la cual es alta en fibra y protege a la semilla de los daños mecánicos y de la invasión de patógenos, Cheeke (1999).

Según el FEDNA, el grano de maíz está constituido de la siguiente manera: 83% del peso en endospermo, 11% de germen y 6% de pericarpio. Alrededor del 50% del endospermo es de tipo córneo (más denso y con mayor contenido en proteína que el endospermo harinoso). La proporción de endospermo córneo es superior en granos de tipo duro y pop.

Con el fin de obtener los diferentes subproductos del maíz, que aportan diferentes composiciones nutricionales, se aplican diferentes métodos de procesamiento.

Según Loy D. (1998) el maíz puede ser molido por dos diferentes maneras: la primera es la utilización de la molienda húmeda, en tanto que la segunda es la molienda seca.

En la molienda húmeda se obtiene como producto almidón que puede ser utilizado para edulcorantes o fermentado a alcohol y otros productos. Mientras que los subproductos son el gluten, la fibra, el germen y los solubles (SS):

- El gluten es procesado para obtener el gluten meal que es alto en proteína y se utiliza en gran cantidad en la industria avícola.
- El germen se utiliza para la obtención del aceite, dejando como subproducto harina de germen de maíz.
- El gluten feed (CGF) es una combinación de fibra o afrecho y SS. Este producto es típicamente 1/3 SS y 2/3 afrecho, con aproximadamente 21% de proteína en base seca. Muchos factores pueden afectar la composición de este subproducto.

Algunas industrias comercializan por separado los solubles y el afrecho, lo cuál afectará el contenido de ambos en el CGF. Los solubles son más altos en proteína. La industria puede a su vez producir alcohol a partir de los azúcares provenientes de la molienda húmeda, Loy (1998)

Los azúcares no fermentados en este proceso producen un subproducto líquido llamado SS fermentado o solubles destilados de la molienda húmeda. Estos productos pueden ser agregados al CGF elevando los niveles de azúcares solubles y diluyendo el contenido de proteínas.

En el proceso de la molienda seca, el maíz es molido, disuelto y fermentado, como grano completo para producir alcohol. Los componentes que quedan del grano original se denominan granos de destilería y “thin stillage”. Ambos pueden ser desecados para producir granos secos de destilería y solubles de destilería secos, respectivamente.

Estos productos también pueden ser combinados y producir granos de destilería secos con solubles(DDG/SS). (Loy D. 1998)

Debido a sus diferentes componentes estructurales y a los diferentes procesos a que es sometido el grano, el maíz es aprovechado de distintas maneras en el animal, dependiendo principalmente la especie que está siendo alimentada.

En cuanto su composición química y el aporte de nutrientes, el maíz es el grano de cereal de mayor valor energético, debido a su alto contenido en almidón y grasa, y su bajo nivel de fibra FEDNA (2003), Campabadal et al. (1997), Paliwal et al. (2001) North (1986) y Loy (1998).

Posee una apreciable cantidad de grasa, lo que representa una buena fuente de ácido linoléico (1,8%), ácido graso esencial en el metabolismo aviar pobres en grasa, sin embargo su uso debe limitarse en ciertas especies para evitar la producción de canales con grasa blanda FEDNA (2003), Campabadal et al. (1997), Campabadal (sin año), Paliwal et al. (2001), North M. (1986) y Loy (1998).

La fracción fibrosa (8-9% FND) está concentrada en el salvado (82-92%) e incluye principalmente celulosa y pentosanas. Su grado de lignificación es muy bajo. Como consecuencia, el coeficiente de digestibilidad de la fibra es superior al de otros cereales (cebada o trigo), especialmente en monogástricos, FEDNA (2003).

La proteína en el maíz varía entre 8 y 11%, Bresanni et al. (1992). Sin embargo, estos mismos autores creen que estos valores son bajos para una materia prima, además de que su composición de aminoácidos no está bien equilibrada, especialmente en lisina y triptófano.

La fracción nitrogenada del grano también tiene una baja proporción de proteínas metabólicas solubles (albúminas y globulinas, 6%) y alta de proteínas de reserva (40% de glutelina y 54% de prolamina (zeína). Esta última es insoluble y responsable de la relativa baja degradabilidad de la proteína en rumiantes (45%), FEDNA (2003).

Al igual que otros cereales, el maíz es muy deficitario en calcio, sodio, microminerales y vitaminas hidrosolubles. El contenido en fósforo es aceptable (0,27%) pero en gran parte se encuentra en forma de fitatos poco disponibles. Además, el grano no contiene fitasas activas, FEDNA (2003).

El maíz es una buena fuente de vitamina A y de xantofilas, contiene mono y dihidroxipigmentos (luteína y zeaxantina) que son activos para dar color a la carne de pollo y a yema de los huevos. Los niveles de xantofilas totales son especialmente altos en el maíz plata argentino (26,2 vs 18,0 ppm en variedades normales). Los niveles más bajos de xantofilas corresponden a maíces deteriorados, almacenados durante largos períodos de tiempo, caso frecuente en el maíz de exportación de Estados Unidos, FEDNA (2003).

La humedad es sin duda uno de los factores de mayor importancia a la hora de medir la calidad de la materia prima que se está utilizando. Pues mantiene una relación inversa con la materia seca; por

lo tanto, a mayor cantidad de agua, menor cantidad de materia seca, menor concentración de nutrientes, y mayores posibilidades de crecimientos de microorganismos dañinos para la calidad del ingrediente y que pueden afectar la producción animal.

Gimeno A. (2005), Salvador F. et al. (sin año), Caballero J. et al. (2001), Perusia O. et al (2001) y Mazzani C. et al. (2000), realizaron un amplio estudio de los hongos y de las micotoxinas que se presentan en el maíz, y establece que hay una serie de factores predisponentes a la proliferación, tales como:

I. Factores Físicos:

- **Humedad y agua disponible:** La humedad crítica para almacenar el maíz sin riesgos de contaminaciones excesivas de micotoxinas oscila entre 16% a 0°C y 13% a 30°C.

Para apoyar este planteamiento, Caballero J., Arbaiza T. y Lucas O. (2001), realizaron experimentos para encontrar correlación entre aflatoxinas y niveles de humedad dentro del intervalo de 9.3% y 12.6%, y según el modelo de regresión lineal utilizado no se encontró correlación significativa entre ambas partes ($p < 0.05$)

- **Temperatura:** La temperatura mínima en la cual no existe presencia de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus clavatus*, *Aspergillus ochraceus*, por nombrar algunas, es de 10° C para todas. En tanto que para la aparición de las micotoxinas: aflatoxinas, patulinas, y ocratoxinas, es de 10° C para la primera y de 12° C para las otras 2. El *Fusarium roseum* tiene una temperatura crítica en 15° C, y para la aparición de zeralenona es de 10 °C.

- **La época de almacenamiento del grano:** pues en verano hay menos problemas de flujos de aire húmedos dentro del silo, en donde se reducen las condiciones para la aparición de actividades fúngicas.
- **La condición física del grano:** Los tegumentos intactos del grano dificultan el acceso del hongo al almidón endospermico. Los granos partidos son mas susceptibles de invasión y desarrollo fúngico que los granos enteros.

II. Factores químicos:

- **el pH:** Los hongos toleran un gran intervalo de pH (2,5 - 7,5), soportan mejor el medio ácido que el alcalino. Ellos mismos son capaces de alterar el pH, utilizando como fuente de energía los ácidos orgánicos del alimento o los excretados por bacterias acidificantes que pueden aparecer durante el periodo de deterioro del alimento.
- **Composición del sustrato:** La composición del sustrato está muy ligada a la producción de la micotoxina. Los resultados obtenidos nos indican que la soya es un sustrato pobre para la producción de Aflatoxina.
- **Potencial de oxi - reducción (O₂/CO₂):** La mayor parte de los hongos son aerobios y por lo tanto necesitan oxígeno para el desarrollo de sus reacciones metabólicas. El anhídrido carbónico puede inhibir la formación de algunas micotoxinas, como las aflatoxinas.

Según Gimeno A (2005), las materias primas que poseen mayores contaminaciones fúngicas son: cereales (en especial maíz, cebada, trigo y subproductos), harinas de alfalfa, subproductos de matadero de aves, soya integral, girasol integral, mandioca, concentrados de aves y cerdos en harina. Y

con menor incidencia: harinas de soya y girasol, glúten de maíz y en general todas las materias primas y alimentos que han sido sometidos a procesos de peletización.

En general, las materias primas pueden sufrir severos daños por invasiones fúngicas, como la modificación de características organolépticas, deterioro de las características nutritivas, reducción de peso del alimento almacenado, debilitamiento de la inmunología del ingrediente, etc, Gimeno (2005).

2.5.2 Harina de Soya

Aunque se desconoce acerca del origen y la historia del frijol de soya (*Glicine max*), algunos autores como Whighan (1975) citado por Araya (1978), Smith y Circle (1972), Horan (1974) por Stauffer (2002), Swick (2001) y Britzman (2000) mencionan que las primeras publicaciones se remontan hasta 2800 años antes de Cristo, en donde se ha encontrado información principalmente en China.

Durante el siglo veinte el cultivo de soya se expandió de forma importante, con la finalidad de explotar el frijol de soya en una variedad de aplicaciones.

Hoy en día, los frijoles de soya constituyen más de la mitad de la producción mundial total de semillas oleaginosas, la mayor parte en los Estados Unidos, pero con importante producción en Brasil, Argentina y China, Stauffer (2002), Britzman (2000)

Achio C (1979), destaca que en Costa Rica, las primeras experiencias con la soya se realizaron en la estación experimental del Ministerio de Agricultura y Ganadería, localizada en Socorrito, Provincia de Puntarenas en el año 1961.

Su gran propagación a través de los años, se debe principalmente por su gran adaptación, alta calidad y producción por hectárea; permitiendo que el cultivo del frijol de soya se coloque en el

esquema mundial de producción, como uno de los cultivos de mayor importancia en términos de aporte proteico de alta calidad. Además del contenido de aceite cuyo valor es más alto que el de granos de cereales y de la mayoría de las legumbres, Achio (1979), Chandler (1999), Stauffer (2002), Dudley-Cash (2002) y Mishek (2002).

La mayor parte de los frijoles de soya comprenden alrededor de 8% de cascarilla, 90% de cotiledón, y 2% de hipocótilo (germen).

El procesamiento del frijol de soya se lleva a cabo en plantas de molturación, en donde se limpian los frijoles y posteriormente se descascaran. Se acondiciona el hipocótilo para posteriormente romperlo en varias piezas; éstas se modifican en hojuelas y el aceite se extrae usando hexano, Horan (1974) y Stauffer (2002).

Una metodología alternativa, usada con menos frecuencia, es remover el aceite con presión mecánica, Stauffer (2002) y Mishek (2002).

El aceite que se obtiene mediante el proceso inicial de extracción se procesa principalmente para uso humano como aceite vegetal refinado o parcialmente hidrogenado para mantecas y margarinas, lubricantes, jabones, cosméticos, pinturas, etc, Stauffer (2002), Scout y Aldrich (1975) citados por Araya (978).

La harina obtenida después de la extrusión y de expeler los cotiledones rotos contiene de 4 a 6% de aceite residual. Por lo cual, se envía el aceite crudo a las refinerías, mientras que la harina extraída se procesa más para consumo animal o humano. Además se incluyen las cascarillas con el alimento dirigido a pienso animal, Stauffer (2002).

Después de la extracción del solvente, la harina que queda como subproducto pasa por diversos procesos en los cuales se mejora la calidad y la disponibilidad de los nutrientes.

Stauffer C (2002), menciona a través de Witte (1995) que la harina de soya que queda residual del proceso de extracción del aceite, se calienta para remover el hexano sobrante. Si se le destina para consumo animal, este calentamiento se realiza con vapor directo, vaporizando el hexano y calentando las hojuelas para inactivar los inhibidores de tripsina.

Los inhibidores de tripsina son pequeñas proteínas encontradas en la soya, que inhiben la tripsina y la quimo tripsina, que son las enzimas proteínico-digestivas en el intestino. Si se alimentan los animales con harina cruda (o mal tostada), el sistema digestivo no puede utilizar plenamente la proteína generando poca eficiencia productiva, Stauffer (2002).

Según Stauffer (2002), Mateo et al. (2002) y Mishek (2002) los inhibidores de tripsina y otros factores antinutricionales, como las lecitinas o hemoaglutininas, son de carácter termolábil, por lo tanto la metodología que se emplea es la inactivación por el calor, pero el inconveniente que presenta es que la proteína de soya también se desnaturaliza parcialmente con este proceso de tostado.

En general todos los procesos a que es sometido el frijol influyen de manera directa en el valor nutricional del producto final, desde el descascarillado hasta los procesos como la extrusión, cocción, tostado y expansión, Britzman (2000).

Campabadal et al. (1997), Campabadal (sin año) y Dudley-Cash W. (2002), destacan la importancia de determinar la calidad de la proteína mediante pruebas de control simples, como la determinación del nivel de ureasa (0.05-0.10%) y el de solubilidad de proteína en KOH (75-85%)

Según Mateo et al. (2002), todos y cada uno de los componentes de la soya (proteína, energía, fibra, minerales y vitaminas) tienen misiones específicas en formulación de dietas para animales, pero su importancia relativa varía entre las especies productivas y las etapas fisiológicas que presenten las mismas.

En cualquiera de los casos, la proteína y la energía definen en gran medida el valor nutricional de las habas en alimentación práctica, Swick (2003).

La Harina de Soya representa un componente importante en la formulación de dietas para pollos y cerdos en muchas partes alrededor del mundo. También puede utilizarse como alimento para bovinos si el precio lo justifica, Swick (1999), (2001), (2003), Dudley-Cash (2002) y Britzman (2000).

Se obtienen básicamente dos categorías de harina de soya con el proceso de la extracción del aceite: las harinas con 48% de proteína cruda y las que contienen 44% de proteína cruda, Britzman (2000).

Las harinas que presentan valores de proteína de 48% son harinas que separaron de la cascarilla, y son destinadas a las producciones de cerdos y aves, Chandler (1999). En cambio, otras plantas procesadoras obtienen subproductos para la venta de harinas de soya con 44% de proteína cruda, debido a que mezclan la cascarilla con la harina de 48% de proteína, Britzman (2000).

Este último tipo de harina presenta restricciones para la formulación de dietas de algunas especies productivas, Chandler (1999).

La proteína de la soya tiene un alto valor biológico, aunque es limitante en metionina. Además representa una buena fuente de lisina, FEDNA (2003).

Aproximadamente una tercera parte del contenido de nutrientes de la soya son carbohidratos, además de los oligosacáridos que presenta, también contiene 6-8% de azúcares solubles (principalmente sacarosa) y alrededor de un 12% de pared celular muy poco lignificada. Aunque su contenido en almidón es muy bajo (<1%), su calidad energética es elevada en rumiantes, porcino y conejos y más baja en aves, Campabadal et al. (2001).

Presenta proporciones importantes de nutrientes esenciales tales como ácido linoleico; pero su contenido de vitaminas y minerales es muy bajo, Campabadal et al.(2001).

Además de los subproductos del proceso de extracción del aceite del soya, también se utiliza en la alimentación animal el frijol de soya integral, que consiste básicamente en el frijol que no se le ha extraído la grasa. Para su uso debe estar bien procesada, ya sea tostada o extruida y mantener los mismos perfiles de calidad de la harina de soya, Campabadal (sin año).

La Soya Integral se obtiene por dos métodos, la extracción seca o húmeda y el tostado, Campabadal et al. (1997).

Presenta niveles de 4.1 Mcal/kg de energía disgestible y 3.8 Mcal/kg de energía metabolizable, por su alto contenido de aceite (18%), además de un nivel alto de proteína (38%) con 2.5% de lisina. El contenido de vitaminas y minerales es menor que el de la harina de soya por un efecto de dilución, Campabadal et al. (2001 y Navarro et al. (1995).

Es un producto palatable que se ha utilizado en la alimentación de pollos de engorde Campabadal et al.(2001).

2.5.3. Subproductos de trigo

El trigo, al igual que el maíz y el sorgo, está colocado dentro de los cereales más utilizados en la industria humana, y del cual, se utilizan los subproductos para la alimentación animal.

El procesamiento que se aplica para la obtención de la harina de panificación, que es uno de los principales destinos del grano de trigo, se lleva a cabo mediante un sistema de fricción y cribado por el grano entero, en el que se obtienen varios subproductos que están constituidos básicamente de las

mismas estructuras celulares, difiriendo únicamente en su tamaño y distribución de las mismas, Vargas et al. (1978).

El FEDNA (2003), cita que el grano de trigo contiene un 2-3% de germen, un 13-17% de salvado (incluyendo la aleurona) y un 80-85% de endospermo. Su endospermo es básicamente de tipo harinoso (80%) y la matriz proteica es más fácilmente degradable que la del maíz.

Solano J. (1997) aporta, que los diferentes tipos de subproductos varían de país a país y también sus respectivos nombres; generalmente los subproductos de trigo son clasificados de acuerdo con el nivel de fibra que contienen.

En el siguiente cuadro (Cuadro 1) se muestran los tamaños de las partículas constitutivas de diferentes fracciones obtenidas en la industrialización del trigo.

Cuadro 1. Tamaño de las diferentes partículas constitutivas de los subproductos del trigo presentado por Vargas y Murillo (1978).

Tamaño de la malla		Acemite	Salvadillo	Salvado
Mm	Mesh	%	%	%
1.9	10	0.0	3.5	18.1
1.5	12	0.0	1.5	7.5
1.1	16	0.5	19.8	21.0
1.0	18	7.8	19.0	11.3
0.9	20	1.3	2.9	0.8
0.7	25	14.7	14.0	9.5
Residuo		74.7	39.3	31.8

Fuente: Vargas y Murillo (1978)

Existen otros subproductos de trigo que son: las harinillas de primera, salvadillo de trigo blanco, acemite gris, y germen de trigo, que se producen en menor proporción y son también menos importantes en la alimentación animal, Solano (1987).

Los subproductos obtenidos en el proceso de cribado y fricción del grano para generar harina de trigo, muestran una composición nutricional variable; debido a que los procesadores pueden aumentar la proporción de subproducto dependiendo del precio del mismo en el mercado, además que influyen factores tales como: la variedad de trigo, área de cultivo, diferencias en el proceso de refinación y niveles de fertilización, Neufville (1971) citado por Solano (1987)

Todas esas variaciones en las diferentes composiciones nutricionales que presentaban los diferentes subproductos generaban desacuerdos y confusiones con los nombres que presentaban.

Según Araya (2002), a partir del año 1999, la fracción llamada salvado de trigo se dejó de comercializar en Costa Rica, éste consistía principalmente en las cubiertas toscas del grano de trigo, actualmente, tal subproducto se incluye como parte del salvadillo y las partículas más pequeñas se incluyen en el subproducto denominado acemite.

Esta simplificación permitió homogenizar el mercado de los subproductos de trigo, y aclarar criterios para denominar bajo estos dos conceptos los subproductos obtenidos en el procesamiento del grano.

Se estima que durante la industrialización del Trigo, un 30% del volumen del grano procesado se convierte en un subproducto, de los cuales un 24% corresponden al acemite y un 6% al salvadillo, Araya (2002).

Vargas y Murillo (1978) definen al acemite de Trigo en Costa Rica como un subproducto con menos de 7.5% de fibra cruda (“Wheat flour by-product less than 7.5 percent fibre”), siendo la segunda

fracción por tamaño de los derivados de molienda, en donde el 75% del peso de las partículas constitutivas del acemite pasan a través de una malla de 0.7mm (25mesh).

Sin embargo, debido a los cambios de proceso de la industria, con respecto a su tamaño mayor y contenido de fibra, este producto debe clasificarse como "Wheat middlings" con el número internacional 4-05-205, Araya (2002).

Con respecto al salvadillo de trigo, Vargas et al. (1978) mencionan que es la tercera fracción por tamaño de molienda del Trigo. Un 40% de las partículas constitutivas son retenidas por mallas de 1.0mm (18mesh) o mayores y otro porcentaje similar es de menor tamaño que mallas de 0.7mm (25 mesh).

Según Araya M (2002), debido a los cambios de procesamientos de la industria, este producto debe clasificarse como "Wheat Bran", con el número internacional 4-05-190.

La composición nutricional del trigo y sus subproductos es muy variada, como ya fue discutida con anterioridad, sin embargo se presentan rangos en los que oscilan los valores de cada uno de los nutrientes que poseen.

Con respecto a sus fuentes de energía, el trigo posee el almidón en un 66% de materia seca, compuesto en un 25% por cadenas lineales de amilosa. El grano tiene también un contenido significativo de azúcares simples y oligosacáridos solubles (4%), FEDNA (2003).

La proporción de fibra (12% FND) es algo superior a la del maíz, pero está también poco lignificada. La fracción fibrosa contiene un 4-5% de pentosanas (cadenas de xilano con enlaces β 1-4 y ramificaciones de arabinosa) y un 0,5-1% de β -glucanos (cadenas de glucosa de estructura helicoidal con enlaces β 1-3 y β 1-4), fácilmente digestibles en rumiantes, porcino y conejos, pero de menor valor nutritivo en avicultura, especialmente en pollitos jóvenes, FEDNA (2003).

Según Campabadal et al. (2001), el trigo contiene un nivel de energía ligeramente inferior al maíz (3.3 Mcal/Kg de energía metabolizable); sin embargo, éste contiene un nivel más alto de proteína (11.5%) y lisina (0.38%) que el maíz. No obstante, también es más variable en función del abonado o de la climatología, ya que se correlaciona el contenido proteico negativamente con la productividad.

El trigo presenta carencias en minerales y vitaminas similares a otros cereales. La utilización del fósforo en monogástricos es relativamente alta (50%) al poseer fitasas endógenas en el grano. No obstante, debe tenerse en cuenta que las fitasas son termolábiles y se destruyen cuando el trigo se granula a altas temperaturas. En cambio, la disponibilidad de la biotina es muy baja en aves (10% vs 100% en el grano de maíz), FEDNA (2003).

Estos productos en general, contienen un nivel de nutrimentos muy estables. Su principal problema es en el contenido de agua, que induce a problemas de combustión y a desarrollo de hongos, Vargas et al., (1978).

Desde el punto de vista de la alimentación animal, el trigo dependiendo de la forma que se suministre puede causar enfermedades importantes que intervengan directamente en los rendimientos de una producción.

Por ejemplo, la utilización de trigos nuevos (recién cosechados) ha sido relacionada con una mayor incidencia de enteritis necrótica y heces pastosas en pollos. Este efecto podría explicarse por un mayor desarrollo de clostridios en el aparato digestivo, que estaría ligado a su mayor contenido en fibra soluble y a la mayor viscosidad del contenido digestivo. FEDNA (2003).

Para rumiantes el procesamiento del trigo tiene un efecto limitado, ya que tanto la fermentabilidad como la digestibilidad del grano son bastante elevadas. En cerdos no parece haber respuestas al tratamiento por calor cuando el pienso se presenta granulado, excepto en lechones. En

aves no parece haber efecto de la molienda, granulación o tratamiento con vapor, excepto en pollitos jóvenes, FEDNA (2003).

Para todas las especies el trigo es muy palatable. Su inclusión en los concentrados mejora la consistencia del gránulo en relación al grano de maíz. Por esta razón, se establece a veces un mínimo de inclusión de trigo en algunas fórmulas, FEDNA (2003).

2.5.4. Subproductos de arroz.

Los subproductos derivados de la industrialización del arroz se utilizan en Costa Rica, en la industria de alimentos balanceados, como fuente energética, proteica y fibrosa. Lo que exige, entre otras cosas, el conocimiento de la composición química y del valor nutritivo de las materias primas, Vargas (1995).

En total se puede encontrar tres tipos de subproductos obtenidos en la industrialización del arroz: las puliduras o semolina (30-35%), la puntilla (2-5%) y la cascarilla (60-65%) (Campabadal, 1993). Sin embargo, en cada país hay diferentes combinaciones que producen a su vez diferentes subproductos con variada composición, Campabadal (1993) y Madrigal (1982).

Vargas (1995), ilustra el proceso de obtención del arroz blanco entero y quebrado grande en la Figura 2 presente en el Anexo.

La semolina de arroz se le conoce en la literatura universal como "Rice bran" con el número internacional 4-03-928 (Araya M., 2002).

La semolina de arroz o las puliduras se obtiene mediante la fricción del grano al ser beneficiado en las máquinas pulidoras. Su cantidad variará de acuerdo con el grado de blancura que se desee dar

al grano y se acepta que corresponda a un promedio del 8% del peso del grano, FEDNA (2003), Dengo (1971) citado por Madrigal (1982).

Este subproducto esta formado por las capas aleurónicas (parte externa del pericarpio localizada entre la cáscara y el endospermo), la capa interna del pericarpio y parte del material almidonoso. Posee color canela claro, algo grasoso, inestable, que contiene una gran variedad de partículas de diferentes tamaños, Navas (1987), Vargas (1995) y FEDNA (2003).

La semolina de arroz es un material voluminoso, además de ser palatable, pero contiene algunos problemas que perjudican directamente la composición nutricional.

El primer inconveniente que presenta son las adulteraciones constantes con cascarilla de arroz y carbonato de calcio. Muchos autores mencionan la importancia de esta situación, Campabadal (sin año), Campabadal et al. (1985), Madrigal L. (1982), FEDNA (2003) entre otros; ya que cuando se adultera con la cascarilla de arroz, no solo se diluye el contenido de nutrimentos, sino como este producto es alto en sílice, puede producir problemas de irritación y conducir al desarrollo de úlceras en algunas especies animales.

Según Vargas (1995) en Costa Rica existe la norma N° 6969-MEIC de 1981 sobre semolina de arroz y la Ley 6883 de 1983 para el Control de la Elaboración y Expendio de Alimentos para Animales, así como el reglamento a dicha Ley el 10 de Abril de 1986, donde expresa que se señala que la semolina no se debe mezclar con la cascarilla y venderse como semolina. En caso de hacerse, el producto no debe llamarse semolina, definiéndose en este trabajo como “afrecho de arroz”.

El otro tipo de adulteración se realiza con carbonato de calcio, ya que se facilita por tener un color similar a la semolina y por tener un precio mucho más bajo. Esta fuente de minerales se utiliza para adulterar en niveles de 5 a 10% sin importar su efecto en los animales, FEDNA (2003).

Se ha establecido que para que una semolina sea considerada como pura, esta no debe contener más de un 7% de fibra y un 0.05% de calcio. Niveles mayores de éstos componentes son sinónimo de adulteración, Campabadal (sin año).

El segundo inconveniente que presenta además de las adulteraciones son los problemas de rancidez que se pueden presentar por su alto contenido de grasa, especialmente en zonas de clima cálido y húmedo, y donde las condiciones de almacenamiento no sean adecuadas. En algunos casos se han observado niveles de oxidación de un 10% a las pocas horas de obtenerse el producto. La adición de antioxidantes ayuda a prevenir el problema, pero deben añadirse inmediatamente después del proceso de fabricación, y en cualquier caso no impiden la presencia de un elevado contenido en ácidos grasos libres, FEDNA (2003) y Campabadal (sin año).

La semolina tal y como se obtiene del procesamiento del arroz ofrece varias cualidades nutricionales, como son su contenido de energía y de proteína, que la hace tener gran demanda para la alimentación animal, Madrigal (1982).

La proteína presente en este subproducto es de un 13%, sin embargo dicho valor oscila entre una muestra y otra. Generalmente contiene un valor similar o superior a las proteínas de otros granos (maíz y sorgo), por su mayor contenido de lisina, Navas (1987).

La semolina representa una buena fuente energética en todas las especies, y sobre todo en rumiantes, debido a su alto contenido en grasa (12-15%), su apreciable contenido en almidón (23-28%), y el bajo grado de lignificación (2,5%) de su fracción fibrosa (17,5% FND). Además posee un alto contenido de grasa poliinsaturada (4% de ácido linoleico), también contiene una lipasa capaz de hidrolizar triglicéridos, FEDNA (2003).

Su contenido en fósforo es bastante alto (1,35%), pero en su mayor parte (90%) está en forma de fitatos. Su contenido en calcio es bajo, aunque en algunas partidas puede elevarse notablemente por la adición de carbonato cálcico, FEDNA (2003)

El otro subproducto que se obtiene de la industrialización del arroz y de importancia para la alimentación es la puntilla de arroz.

La puntilla de arroz se le conoce en la literatura universal como "Rice polished" con el número internacional 4-03-932, Araya (2002).

Está constituido fundamentalmente por granos quebrados de arroz pulido, contiene además entre 6 y 20% de partículas de color oscuro, que en su mayoría son granos dañados por efectos del proceso, fermentación y por la acción de hongos, Vargas (1995).

La puntilla se destaca por su bajo contenido de fibra cruda (0.39%) y cenizas (0.89) y un alto contenido de ELN (86.1%), Campabadal (sin año).

CAPITULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

ANTECEDENTES

En el año 1985, mediante la Ley de la República 6883 “Para el Control de la Elaboración y Expendio de Alimentos para Animales”, se estableció un convenio entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y la Universidad de Costa Rica, dando origen al Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA). Institución que ejecuta lo establecido en dicha ley, donde el Ministerio de Agricultura y Ganadería tiene a su cargo:

- La inscripción de materias primas, alimentos concentrados, alimentos balanceados y premezclas.
- Las regulaciones oficiales concernientes a la denominación de los ingredientes, registros, etiquetado, peso de envases, uso de sustancias preservantes y aditivos.

Mientras que la Universidad de Costa Rica realiza el control de calidad a través de los análisis químicos de los alimentos para animales.

3.1. Análisis en los alimentos para animales.

Para llevar a cabo el control de calidad de los alimentos para animales, el CINA posee tres laboratorios: de análisis Químico, de análisis Microbiológico y de análisis Bromatológico; en donde se determinan composiciones nutricionales y bacteriológicas para forrajes, materias primas, alimentos balanceados y premezclas. En el Cuadro 2, se presentan los análisis que cada laboratorio realiza.

Cuadro 2. Análisis realizados por cada uno de los laboratorios que componen el Centro de Investigación en Nutrición Animal.

LAB. QUÍMICA	LAB. MICROBIOLOGÍA	LAB. BROMATOLOGÍA
<p>Análisis Proximal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad. • Proteína Cruda. • Fibra Cruda. • Extracto Etéreo. • Cenizas. • Minerales: Ca, Na, K, Mg, Mn, Fe, Zn y Cu. • Grasa por hidrólisis ácida. • Ácidos Grasos Libres. • Ácidos grasos por cromatografía de gases. • Carbonato de Calcio. • Digestibilidad por pepsina. • Fósforo Total. • Nitrógeno de Urea (NNP). • pH. • Energía Bruta. • Sal. • Solubilidad en KOH. • Grados Brix. • Tamaño de Partícula. • Microscopía. • Vitamina A. • Vitamina E. • Vitamina A y E. • Energía Bruta. 	<p>Micotoxinas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aflatoxinas. (T1, T2 y M1) • Ochratoxinas. • Fumonisina. • Zearalenona. <p>Bacteriológico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • E. coli. • Salmonella sp. • Listeria sp. • S. Aureus. • Hongos y Levaduras. • Mesófilas aerobias. • Coliformes fecales. • Coliformes Totales. • Recuento estándar de bacterias ambientales. • Recuento estándar de bacterias en superficies. 	<ul style="list-style-type: none"> • Digestibilidad in vitro de la materia seca. • Fibra Detergente Ácido. • Fibra Detergente Neutra. • Lignina, Celulosa y Sílica. • Nitrógeno en Fibra Detergente Ácido. • Nitrógeno en Fibra Detergente Neutro.

Fuente: CINA, 2006.

3.1.1. Identificación de muestras.

Cuando una muestra ingresa al CINA, se le asigna un número de registro, el cual es consecutivo, que inicia con el número 1 y finaliza con la última muestra del año. Además, se solicita al cliente un conjunto de datos que permitan describir características particulares para cada muestra.

En la Figura 3, se presenta un diagrama con los descriptores que permitirán la identificación de las muestras.

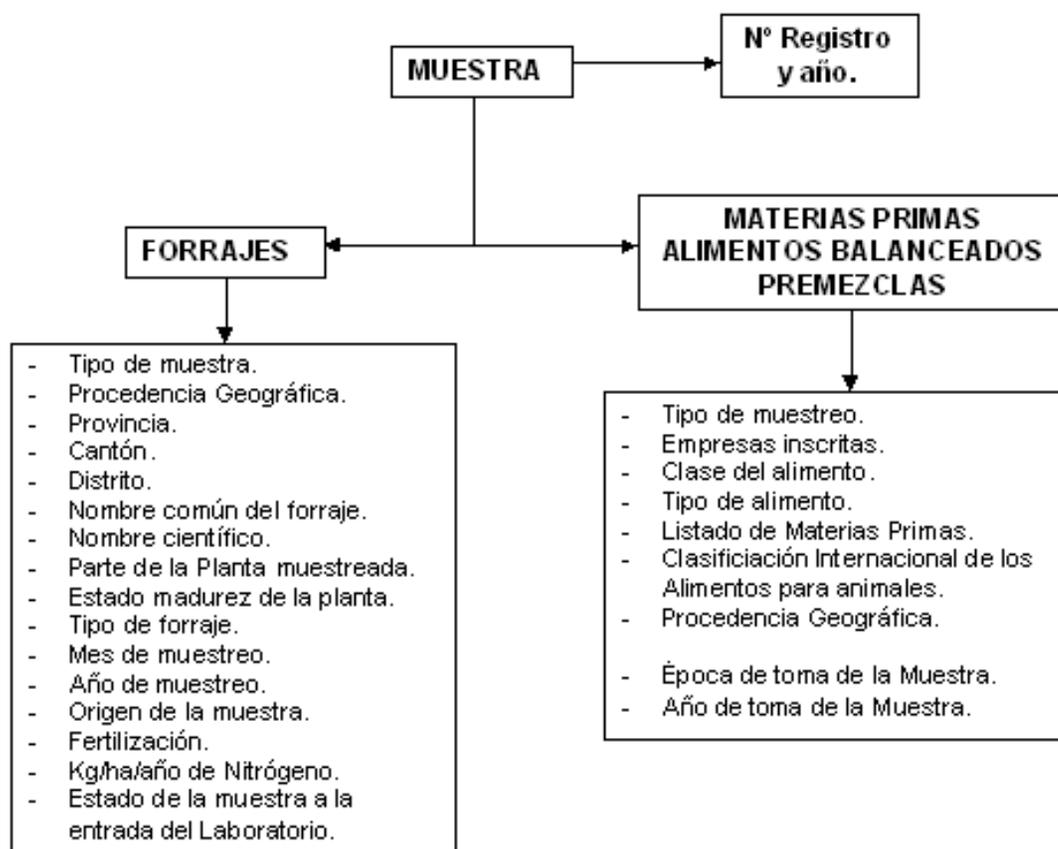


Figura 3. Clasificación de las muestras que ingresan al Centro de Investigación en Nutrición Animal.

Esta información descriptiva de la muestra se codifica, permitiendo al CINA documentar características que influyen directamente en la calidad de los alimentos, como la época en que fue tomada la muestra, el tipo de procesamiento a que fue sometido, su procedencia geográfica, entre otros. Además permite realizar procesos de trazabilidad para la determinación y el seguimiento de situaciones específicas.

En una base de datos de almacenamiento digital se introduce la información descriptiva de cada muestra junto con los resultados obtenidos para cada nutriente realizado. Estos datos están expresados en base fresca

Por ejemplo: para ingresar la información de una muestra oficial de harina de Soya de la Corporación Pipasa, proveniente de San José, en el mes de octubre de 2005; se utilizaría la siguiente codificación respetando el orden de los parámetros establecidos en la figura 1: 1-037-45-02-07-5-4-5-1-21.

Este conjunto de números representan la descripción de una muestra y permite la homogenización de los datos de un registro, su significado es el siguiente:

El número 1, indica que es una muestra oficial traída por los inspectores del MAG, el 037 es el número de licencia que tiene la Corporación Pipasa en la lista del Registro y Control de alimentos para animales del MAG, el 45 corresponde a que no tiene definido un nombre de alimento balanceado, pues es una materia prima, el 02 establece que es una materia prima, el 07 es el código que identifica a la Harina de Soya, el 5 es un alimento proteico con más de 20% de Proteína (dentro de la clasificación Internacional de los Alimentos), el 4 a que pertenece a la zona Central, el 5 a que no aplica como forraje, el 1 que fue tomado en Invierno (de junio a noviembre) y el 21 representa el año 2005.

3.1.2. Metodologías para determinar la composición química de las materias primas.

Para evitar sesgos en la información debido a inclusión de datos provenientes de diferentes metodologías analíticas, se especifican los procedimientos utilizados para la obtención de los valores de la composición nutricional de las materias primas.

El laboratorio químico del CINA utiliza los procedimientos analíticos avalados por la Association of Official Methods of Analysis (O.A.O.C.), edición número diecisiete, publicada en el año 2000 para la

determinación de los diferentes nutrientes. Las metodologías para la determinación de humedad, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo y cenizas, son basadas en el análisis proximal o “Weende”.

Para la determinación de humedad se utilizó el procedimiento gravimétrico, en el cual, se determina la cantidad de pérdida de agua de una muestra al someterla a 135°C en una estufa por un período de 2 horas.

Para la determinación de proteína cruda se realizó el método de Kjeldahl, el cual cuantifica el nitrógeno contenido en una muestra. Como las proteínas en los vegetales contienen un promedio de 16% de nitrógeno se deriva un factor de 6.25 el cual es usado para convertir a proteína el nitrógeno determinado.

La cuantificación del extracto etéreo se realiza mediante la extracción de las sustancias solubles en éter por medio del aparato de Goldrigh en un tiempo de aproximadamente 4 horas. Luego se cuantifica mediante procedimientos gravimétricos la pérdida del material liposoluble.

Para la fibra cruda se llevó a cabo la metodología basada en tomar la muestra y someterla a disoluciones de ácido sulfúrico y posteriormente a hidróxido de sodio. Después de haber pasado las disoluciones la muestra sufre un proceso de secado e incineración para obtener el residuo fibroso o la FC.

La determinación de ceniza se basa en la diferencia de pesaje de una muestra incinerada en una mufla por un periodo de 3 horas a 600°C.

Se comprobó que los datos provenientes de otros laboratorios de control de calidad emplearan las mismas metodologías químicas, y en el caso de no ser así se compararon los valores y se analizó la información para evitar errores de variabilidad extrínseca de la información.

3.2. Almacenamiento digital de la información.

Una vez codificadas las muestras y obtenidos los análisis de laboratorio respectivos, se procede a introducir la información en un manejador de datos llamado Microsoft Fox Pro Versión 5.0

En este programa de cómputo, se crea la Base de Datos de Materias Primas de alimentos para animales, donde se almacena la información descriptiva de la muestra y los resultados de los análisis de los laboratorios, distribuidos en cinco tablas que agrupan todos los análisis ofrecidos por el Centro, mostrados en el Cuadro 2.

Las tablas corresponden a: Análisis Proximal, Análisis Microbiológico, Análisis de Minerales, Análisis de Indicadores de Calidad y Análisis Bromatológico (ver figura 4).

Mediante programas desarrollados con el mismo paquete informático se llevan a cabo los procesos de mantenimiento de cada tabla que son:

- La inclusión de datos.
- La visualización de datos.
- La modificación de datos.
- La eliminación de datos. (Ver Figura 5).

3.3. Recolección de información en laboratorios externos al CINA

Para aumentar el número de muestras analizadas por cada materia prima y, de esta manera, obtener un conjunto de datos más homogéneo en la determinación del análisis estadístico descriptivo para cada uno de los nutrientes analizados, se procedió a recolectar información de laboratorios

externos al CINA, estos laboratorios fueron: el laboratorio de análisis de concentrados de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos y el laboratorio de análisis de alimentos de la Corporación PIPASA.

3.3.1 Recolección de información de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos.

Se recolectaron datos de humedad, proteína cruda, ceniza, extracto etéreo, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida para las seis materias primas en estudio en base fresca o tal como ofrecidas, desde el año 2003 hasta junio de 2006.

Con el fin de evitar sesgos en la obtención de los valores nutricionales, se verificó que las metodologías utilizadas por este laboratorio para el análisis de los nutrientes en los alimentos, sean las mismas empleadas por el CINA para la determinación de las composiciones nutricionales.

Para homogenizar la información proveniente del laboratorio de la Dos Pinos con la información incluida en la base de datos del CINA, se realizó la misma metodología de identificación de muestras.

Para llevar a cabo este proceso, la información suministrada por el laboratorio de la Dos Pinos, la fecha de análisis de la materia prima y el proveedor eran dadas, por lo que la información descriptiva de las muestras a incluir en la base de datos del CINA, se tuvo que deducir a partir de estos datos.

Por ejemplo: para ingresar la información de una muestra de harina de Soya de la base de datos de Dos Pinos, proveniente de INOLASA con la fecha de análisis del 1 de mayo de 2005; se utilizaría la siguiente codificación respetando el orden de los parámetros establecidos en la figura 3: 7-151-45-02-07-5-6-5-1-21.

Con este conjunto de números, que representan la información descriptiva de una muestra de la Dos Pinos, se pudo introducir la información a la base de datos del CINA, su significado es el siguiente:

El número 7, indica que es una muestra traída desde la base de datos de Dos Pinos, el 151 es el número de licencia que tiene INOLASA en la lista del Registro y Control de alimentos para animales del MAG, el 45 corresponde a que no tiene definido el nombre de alimento balanceado por ser una materia prima, el 02 establece que es una materia prima, el 07 es el código asignado a la Harina de Soya, el 5 es un alimento proteico con más de 20% de Proteína (dentro de la clasificación Internacional de los Alimentos), el 6 a que es una materia prima importada, el 5 a que no aplica como forraje, el 1 que fue tomado en invierno (de junio a noviembre) y el 21 representa el año 2005.

3.3.2. Recolección de Información de la Corporación PIPASA

Con el mismo objetivo de incrementar la cantidad de muestras confiables por materia prima se realizó la recolección de datos del Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Corporación PIPASA..

Las muestras provenientes de este laboratorio fueron incorporadas a la base de datos del CINA de la misma manera que se trabajó con la información de la Dos Pinos, siguiendo las metodologías y los esquemas de inclusión establecidos por el CINA.

3.4. Análisis de la Información

Manipulación de los datos

El programa Visual Fox Pro. Versión 5.0 es utilizado en el CINA con el fin de almacenar información, para lo cual se pueden crear programas que permitan ejecutar funciones programables para el mantenimiento de bases de datos, como las mencionadas anteriormente.

Para analizar estadísticamente la información almacenada se necesitó transformar de formato la base de datos desde Visual Fox Pro. Versión 5.0 al software SPSS 8.0 para Windows.

Los datos que se encuentran almacenados en la base de datos son utilizados por el Software estadístico SPSS, para realizar procesos de exploración, de una manera tal que es posible depurar la información que fue introducida a dicha base de datos.

Este proceso permite determinar la presencia de valores extremos y datos anómalos que probablemente correspondan a errores de digitalización o de interpretación que fueron mal introducidos. Una vez realizado este proceso, se tiene la seguridad de que los análisis estadísticos descriptivos de cada uno de los nutrientes son lo más homogéneos y representativos.

Se recurrió a las herramientas steam and leaf y a los histogramas de distribución para realizar la depuración de la información, luego se generaron los cuadros de los resultados que se discutieron en su respectivo capítulo.

Una figura steam and leaf, representa una ordenación o un arreglo de datos en clases o categorías que muestran, para cada una de ellas, el número de elementos que contiene. Además brinda información acerca de tres aspectos básicos: la forma o patrón de distribución de los datos, la posición de la distribución, o sea, alrededor de qué valor se tienden a concentrar los datos (valores centrales) y la dispersión de los datos alrededor de los valores centrales o promedios.

Un histograma de distribución es una representación gráfica de la distribución de frecuencias, utilizado únicamente para analizar este tipo de distribuciones o series estadísticas en la que la característica es una variable continua. Este gráfico está formado por un conjunto de rectángulos que tiene como base un eje horizontal y como centros los puntos medios de las clases (ver gráficos del 1 al 30) Caballero (1975), Gómez (1985), Moya (2002) y Quintana (1993).

Con las herramientas estadísticas anteriores, aplicadas a los valores de la base de datos, se identificaron los valores sesgados que introducirían posibles errores al momento de establecer la composición nutricional de materias primas y sus respectivos rangos de valores en cada nutriente.

Este proceso de revisión de valores, fue realizado constantemente pues se cometían errores de apreciación.

El proceso de exclusión de datos fue ejecutado mediante el apoyo de la revisión de literatura de tablas internacionales, el conocimiento de la MSc Lizbeth Mata Arias en el campo de composiciones nutricionales de materias primas, y de los criterios estadísticos generados por el SPSS 8.0 que determinó valores extremos dentro de una distribución de datos con tendencia normal.

Una vez determinados los valores sesgados dentro de la base de datos, se procedió a corregirlos o eliminarlos. Posteriormente, se realizó un análisis estadístico descriptivo para generar un resumen de la información. Para lo cual se utilizó el número de muestras analizadas y los siguientes estimadores:

- **Número de muestra:** Es un valor que representa la cantidad de datos obtenidos por los tres laboratorios para un nutriente en particular y de una materia prima en específico, Caballero (1975), Gómez (1985) y Moya (2002).
- **Valores máximos y mínimos:** Representan los extremos del rango en el cual se encuentran todos los valores para un nutriente de una materia prima, Caballero (1975), Gómez (1985) y Moya (2002).
- **Promedio o media aritmética:** Es una medida de tendencia central, la medida de posición más usada y conocida, y es el resultado de sumar todos los valores que toma la variable en el conjunto y dividir esa cantidad entre el número de elementos del conjunto. Tiene propiedades

matemáticas las cuales son: (1) Si se multiplica la media por el número de observaciones se tiene la suma de las observaciones. (2) Si a cada una de las observaciones se le resta la media, y luego se suman esas desviaciones (o diferencias) la suma resulta igual a cero. (3) Si se suma o se resta una constante "b" a cada una de las observaciones, el promedio aritmético queda aumentado o disminuido en esa constante "b".

Ecuación 1.
$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Donde X: a la media aritmética, X_i : son los diferentes valores de la variable X en los n elementos del conjunto, n: número de elementos en el conjunto y Σ : al símbolo de sumatoria, Caballero (1975), Gómez (1985) y Moya (2002).

- **Desviación estándar:** Es una de las medidas de variabilidad más importante expresada en valores absolutos, se basa en todos los elementos y mide la dispersión de estos alrededor del promedio del conjunto.

Ecuación 2.
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Donde σ : desviación estándar, n: número de elementos en el conjunto, X: la media aritmética, X_i : los diferentes valores de la variable X en los n elementos del conjunto y Σ : símbolo de sumatoria, Caballero (1975), Gómez (1985) y Moya (2002).

La composición proximal, mineral, más la bromatológica, fueron presentados en base seca como en base fresca o tal como ofrecido, en tanto que la energía fue incluida únicamente en base seca.

Se recurrió a estas dos formas de presentación de la composición nutricional debido a que la mayoría de tablas a nivel internacional presentan la información tal como ofrecida, por lo tanto, para

facilitar la discusión se realizó el análisis estadístico de la misma forma; además la presentación en base fresca facilitará la comprensión práctica de la información por parte del sector, ya que al presentar valores de humedad se podrá tener un entendimiento más claro de la composición de los nutrientes dentro de la materia prima.

La información en base seca de la composición proximal, mineral y de la bromatológica, además de las energías, se presentan mediante esta forma para facilitar formulaciones de dietas, ya que la introducción de valores nutricionales a programas de computación se requiere en base seca, además de que las estimaciones de energía se realizan bajo esta modalidad.

Los cuadros 3, 4, 5, 6, 7 y 8, presentan la composición proximal, mineral, la FND y la FDA, tal como ofrecidas obtenidas en los tres laboratorios analizados, para el grano de maíz amarillo, puntilla de arroz, acemite de trigo, salvadillo de trigo, harina de soya y semolina de arroz, respectivamente. En tanto que los cuadros 9, 10, 11, 12, 13 y 14 presentan las mismas materias primas con los mismos nutrientes pero en base seca.

A manera de comparación, se realizaron los cuadros 15a, 15b, 16a, 16b, 17a, 17b, 18a, 18b, 19a, 19b, 20a y 20b. para el grano de maíz amarillo, puntilla de arroz, acemite de trigo, salvadillo de trigo, harina de soya y semolina de arroz, respectivamente.

Los cuadros con la letra “a” presentan un compendio de composiciones nutricionales que se encontraron en la literatura a nivel internacional, en donde se muestran los valores nutricionales que presentan instituciones tales como el INRA en Francia (2002), FEDNA en España (2003), CVB en Holanda (2002), entre otros, para cada una de las materias que se evaluaron.

Los cuadros con la letra “b”, son cuadros resumen de los cuadros “a”, en donde se presentan análisis estadísticos descriptivos de las composiciones nutricionales de la literatura.

Se realizaron estimaciones de energía en los alimentos seleccionados, mediante ecuaciones energéticas presentes en la literatura, para lo cual se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de ecuaciones de predicción, donde se obtuvieron resultados de total de nutrientes digestibles (TND), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM); para bovinos, porcinos y aves.

Las ecuaciones que se utilizaron se muestran en el cuadro 21, en donde aparece la referencia de donde fue obtenida, además del tipo de energía que calcula.

A partir del Cuadro 21, se generaron los Cuadros 22, 23, 24, 25, 26 y 27 para el acemite de trigo, la harina de soya, el maíz amarillo, la puntilla de arroz, el salvadillo de trigo y la semolina de arroz respectivamente; en donde se muestra el análisis estadístico descriptivo de las energías obtenido para cada ecuación aplicada, además se especifica para qué especie animal es aplicable.

Se recopilaron datos de análisis de partícula realizados a las materias primas en estudio en los laboratorios del CINA y se presentaron en el Cuadro 28, además se realizó el análisis cuantitativo de aflatoxinas en los alimentos seleccionados y se mostró en el Cuadro 29.

Por último, se recopilaron valores de solubilidad en KOH para la proteína de la harina de Soya, provenientes de los laboratorios del CINA y del laboratorio de análisis de alimentos de PIPASA; esto como parámetros de calidad para los ingredientes en estudio, el análisis estadístico es mostrado en el Cuadro 30.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Nutrientes analizados

Se llevó a cabo la recolección de datos de humedad (H), ceniza (Ce), fibra cruda (FC), proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EE), realizados en el laboratorio químico del Centro de Investigación en Nutrición Animal, del laboratorio de concentrados de la Dos Pinos y del laboratorio de alimentos de PIPASA. Además de la recolección de datos de FDN y de FDA por parte de los últimos dos laboratorios mencionados.

Básicamente los análisis mencionados corresponden al análisis proximal o “análisis de Weende”, el cual fue muy utilizado para la determinación de composiciones nutricionales de alimentos décadas atrás. Sin embargo, en la actualidad, todavía muchos laboratorios a nivel mundial realizan este sistema como rutina, pero han adoptado la determinación de otros análisis de nutrientes más específicos que se utilizan en la práctica como parámetros en las formulaciones de dietas para animales.

Según el NRC (1982), el problema del análisis proximal es la distribución de la parte orgánica no lipídica, las fracciones no proteicas entre la fibra cruda y el extracto libre de nitrógeno, y es deficiente en la separación de los carbohidratos de acuerdo con sus valores nutritivos. El análisis de fibra cruda falla en determinar cada uno de los componentes de la pared celular. Alrededor del 50-90% de lignina, 85% de hemicelulosa, y 20-50% de celulosa son disueltos en la determinación del contenido de fibra cruda.

La cita anterior, enfatiza en forma resumida, cuáles son las debilidades más destacables de la utilización del análisis proximal, por sus deficiencias en la determinación de los nutrientes. Sin embargo, a pesar de que se han documentado estas debilidades del sistema desde años atrás, no se han adoptado nuevos métodos analíticos para la determinación de nuevos nutrientes.

Los datos provenientes de los tres laboratorios analizados presentan dentro de los nutrientes determinados, los componentes del análisis de Weende, a excepción de la fibra cruda para el caso de la Dos Pinos y de PIPASA, pues éste nutriente fue reemplazado por el la fibra detergente neutra y ácida, que son nutrientes obtenidos por métodos analíticos más específicos para la determinación de la fibra, y los componentes celulares; a diferencia del CINA que se mantiene bajo el mismo esquema de la determinación de la fibra cruda. Esto se debe a que la ley 6883 en el etiquetado pide garantizar la fibra cruda en los alimentos.

A continuación se describirá cada uno de los nutrientes del sistema proximal, y se especificarán los nutrientes utilizados en la actualidad que los sustituyen en las determinaciones de la composición nutricional de los alimentos a nivel mundial.

La materia seca es la determinación básica que debería llevar cualquier análisis de alimentos o de materia prima, pues es indispensable para muchas funciones dentro del esquema de la nutrición de los animales. Es a partir de este, del cual se calcula la cantidad exacta de cada uno de los nutrientes presentes, se utiliza para convertir dichos valores de la composición nutricional en base seca o base fresca; la primera es esencial para el cálculo de energías en cualquier especie y en cualquier alimento, mientras que la segunda, permite hacer un cálculo del verdadero volumen que representa el ingrediente o la dieta que se está suministrando. El NRC (2001), menciona que la precisión de la materia seca estimada es importante para la formulación de dietas para prevenir sobre o subalimentación de nutrientes y promover un mejor uso de los mismos.

Según el NRC (1982) los valores en materia seca de los nutrimentos pueden ser convertidos a la base "tal como ofrecido" mediante una simple multiplicación de la materia seca por el valor del nutriente y dividido entre 100.

Las cenizas son otro nutriente que se puede determinar mediante el análisis proximal, en el cual, la determinación del mismo, se basa en la eliminación de los constituyentes orgánicos como los glúcidos, proteínas, lípidos, etc., para obtener los elementos inorgánicos, que según Shimada A. (1983), son indispensables para muchas actividades de un organismo.

A nivel internacional se ha dividido la determinación de cenizas en ceniza bruta y cenizas insolubles, además presentan datos relacionados con la cantidad de materia orgánica total, la cantidad de materia orgánica digestible en las diferentes partes del sistema digestivo de los animales, entre otros, Sauvart et al. (2002).

Según Mora (1992), los elementos inorgánicos más importantes para el organismo son el calcio y el fósforo, que son indispensables para el funcionamiento normal y la reproducción de los animales; estos nutrientes que son cuantificados de diversas formas (por titulación, por espectroscopia, etc.) son requeridos dependiendo de la especie animal y la fase de producción.

El extracto etéreo, como uno de los nutrientes principales en el aporte energético, es determinado bajo el sistema de análisis proximal. Mantiene deficiencias claramente marcadas pues como menciona Marshall J. (1978), cuantifica como grasa cualquier compuesto soluble en éter, incluyendo fragmentos como clorofila, aceites volátiles, resinas, pigmentos y ceras de plantas, que representaran casi ningún valor para los animales.

A diferencia de los tres laboratorios analizados, en la actualidad, tablas a nivel internacional presentan datos de la tasa de intercambio de ácidos grasos insaturados a saturados, de perfil de ácidos grasos, en donde incluyen ácidos como el mirístico, el esteárico, el oléico, el linoleico, el linolénico, entre otros.; como el INRA en Francia y el CVB en Holanda, en donde sus laboratorios se presentan

como uno de los centros más actualizados en la determinación de composiciones nutricionales para animales.

La determinación de la proteína cruda se basa en la multiplicación de la cantidad de nitrógeno presente en un alimento por un coeficiente cuyo valor es de 6.25, sin embargo, el análisis no distingue la forma del nitrógeno presente en la muestra, y por lo tanto, no se puede determinar si el nitrógeno es proveniente de una proteína verdadera (formada por aminoácidos), o simplemente el alimento fue mezclado con otro tipo de fuente de nitrógeno no proteico (NNP).

En estos momentos, laboratorios destacados en el sector a nivel internacional como los del INRA en Francia (2002), FEDNA en España (2003), NRC en USA (1994), CVB en Holanda, entre otros; presentan composiciones de aminoácidos que definen las características del alimento, e inclusive son divididos en aminoácidos totales y aminoácidos digestibles, para cada una de las especies productivas; además presentan el valor rutinario de la proteína cruda, y la proteína digestible.

La fibra cruda es uno de los nutrientes que más presentan inconvenientes debido a su determinación, por lo que ha sido estudiado de muchas formas para obtener análisis diferentes que contabilicen este fraccionamiento de la manera más adecuada.

En los laboratorios internacionales mencionados anteriormente, además del INTA en Argentina (1996) y otros laboratorios, se cuantifica el valor de la fibra cruda; sin embargo los estudios de la composición nutricional, la determinación de energías y la utilización de la información por parte del sector, se ha basado las últimas décadas en otras mediciones como la fibra detergente neutra (FDN), la fibra detergente ácida (FDA), la lignina detergente ácida (LDA), la celulosa bruta (CB), la hemicelulosa, porcentaje de paredes vegetales, entre otros.

Aunque el Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), no es un nutriente que se calcula por método químico, es parte de la determinación de la composición nutricional de un alimento, y es obtenido mediante la sumatoria de todos los otros nutrientes analizados en el sistema Weende y se le sustrae a 100.

Este nutriente según Shimada (1983), se supone que indica el contenido de azúcares y almidones, pero lo que realmente realiza es una sobrestimación de dichas fracciones, debido principalmente a las deficiencias de los otros nutrientes obtenidos por el análisis proximal.

Como consecuencia de su deficiencia en la predicción de valores adecuados de la fracción carbonatada, los laboratorios internacionales anteriormente citados han recurrido a la estimación de nutrientes mucho más específicos para precisar el verdadero valor de fracciones tales como: azúcares totales, azúcares digestibles, azúcares fermentables, almidón total, almidón enzimático, almidón fermentable, pentosas, ácidos orgánicos no nitrogenados, sustancias fermentables en bacterias, entre otros.

4.2. Composición Proximal y Mineral de las materias primas

Se realizaron los cuadros 3,4, 5, 6, 7 y 8, para presentar la composición proximal y mineral en base fresca de cada una de las materias primas tal como ofrecidos, además de los cuadros 9, 10, 11, 12, 13 y 14 con la composición proximal y mineral en base seca.

Las frecuencias de los nutrientes de todas las materias primas fueron graficadas (Gráficos del 1 al 30) mediante un histograma de distribución, para ver su comportamiento alrededor del promedio, la posible desviación estándar, valores máximos y mínimos. Además de graficar una posible curva de tendencia normal para verificar si el número de muestras son lo suficientemente grandes como para representar la población de cada uno de los nutrientes.

Los histogramas mostraron que, conforme se aumentaba el número de muestras para la determinación de un nutriente en específico para una materia prima dada, la distribución de los datos en el histograma tienden a formar una curva de normalidad o gaussiana (ver gráficos 1, 15, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 29 y 30). Sin embargo, la variabilidad de los datos, debido a causas expuestas en la revisión de literatura, no permiten asegurar fielmente que todos los nutrientes mantienen ese comportamiento. Por ejemplo los gráficos 3, 5, 13, 14, 16, 18, 20 y 24, presentan un número de muestras relativamente grandes en comparación con las otras materias primas, y sin embargo no se ve plasmado claramente la curva de Gauss.

La dificultad para observar la tendencia normal en las muestras analizadas, según Caballero (1975) se debe a que, si el número de observaciones pertenecientes a una variable dada, es solamente una muestra pequeña de una población muy grande, es posible que la distribución de frecuencias constituida con base en la muestra no represente bien a la población entera, especialmente si no se sigue un procedimiento estadístico adecuado para obtener la muestra.

Esta deficiencia en el proceso estadístico de obtención de la muestra, estuvo presente en la elaboración de la tesis, ya que lo que se pretende es mostrar los valores de la composición nutricional de las materias primas, determinados en los laboratorios nacionales, sin excluir datos que pueden servir posteriormente como base para marcar la tendencia hacia nuevos valores promedios determinados para el mismo nutriente.

Además de que resulta relevante mantener dichos datos para verificar el verdadero procesamiento y manipulación que se le brinda tanto a los productos como a los subproductos utilizados en la alimentación animal. Por lo que el fin de la tesis no es buscar la tendencia normal de los nutrientes, sino presentar los valores que existen en las bases de datos de diferentes laboratorios nacionales.

Caballero (1975), también menciona que, aunque una población tenga la forma de distribución normal, mediante una curva continua, simétrica y de forma de campana, si la muestra es muy pequeña, sólo se podrá construir un polígono de frecuencias, que presenta una clara asimetría que ofrece una mala representación de la distribución entera. Como se ve claramente en los gráficos que presentan el número de muestras más bajo (ver gráficos 2, 6, 7, 8, 9 y 17).

La representación en gráficos de las posibles tendencias de los nutrientes, no se aplicó a la composición mineral, puesto que para estos no se contó con número de muestras tan elevadas como se encontró para el análisis proximal.

Los procesos de industrialización de las diferentes materias primas, las demandas de mercado, las tecnologías de producción, entre otros factores, contribuyen a que la composición nutricional de ingredientes utilizados en la alimentación animal, no presenten una tendencia de distribución normal definida, pues las variaciones en las composiciones nutricionales dependen de dichas variables, que son difícilmente cuantificadas en cada uno de los lugares que se procesan alimentos, y por lo tanto, resulta imposible determinar una distribución específica, si no se cuenta con una recolección de datos apropiados.

Debido a lo expuesto anteriormente, en el análisis estadístico descriptivo se presentan únicamente promedios, desviación estándar, máximos y mínimos, para determinar el comportamiento de los nutrientes dentro de una materia prima, dejando de lado valores extremos, pues no se puede asegurar por todo lo expuesto, que exista el comportamiento de distribución normal claramente definido en los nutrientes con su número de muestra respectivos.

Se recolectó información de composiciones nutricionales de la mismas materias primas que se están evaluando, provenientes de laboratorios internacionales como: el INTA en Argentina (1996),

Land´ O Lakes Purina Mills (2005), el NRC en Estados Unidos (2001), el NRC en Canadá (1982), la FEDNA en España (2003), Oklahoma State University (2006), Colorado State University (2006), University of Georgia (2006), INRA en Francia (2002), WPSA (1983 y 1989), el CVB en Holanda (2002), entre otros.

Esta información sirvió de comparación para discutir los valores obtenidos en los laboratorios nacionales, para lo cual se llevaron a cabo los cuadros de comparación, en los que se identificó cada uno de los laboratorios con su número respectivo para remplazar sus nombres en cada unos de los cuadros 15a, 16a, 17a, 18a, 19a y 20a.

Para facilitar la comparación y la discusión, se realizó un solo promedio de literatura para cada nutriente, el cual consistió en tomar todos los promedios reportados para cada nutriente de cada materia prima por los diferentes laboratorios, para realizar un análisis estadístico con promedio, desviación estándar y valores máximos y mínimos reportados por los laboratorios.

Composición proximal de las materias primas evaluadas

Grano de maíz amarillo

El Cuadro 3 presenta la composición nutricional del grano de maíz amarillo, en donde se expone el análisis estadístico descriptivo realizado.

Cuadro 3. Composición nutricional del grano de maíz amarillo (4-02-935)¹ tal como ofrecido.

Proximal		Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Humedad	(%)	998	9,00	14,91	12,76	1,05
Cenizas	(%)	62	0,83	2,88	1,44	0,42
Fibra Cruda	(%)	193	0,85	4,80	1,69	0,66
FND	(%)	4	9,70	12,70	11,20	1,25
FAD	(%)	4	3,10	4,30	3,68	0,61
Extracto Etéreo	(%)	233	1,32	8,30	3,59	0,84
Proteína Cruda	(%)	437	6,02	10,89	7,58	0,73
Minerales						
Calcio	(%)	15	0,01	0,34	0,07	0,09
Fósforo	(%)	23	0,03	0,71	0,32	0,14
Magnesio	(%)	9	0,05	0,14	0,10	0,03
Potasio	(%)	2	0,49	1,00	0,75	0,36
Hierro	(mg/Kg)	11	22,00	47,00	32,00	9,00
Cobre	(mg/Kg)	7	1,00	4,00	2,00	1,00
Manganeso	(mg/Kg)	7	4,00	10,00	7,00	2,00
Zinc	(mg/Kg)	10	14,00	37,00	25,00	9,00

1 = Número Internacional.

En el Cuadro 3, como en los demás cuadros, se observan diferentes cantidades de muestras en cada uno de los nutrientes analizados, esto se debe a que los laboratorios de alimentos realizan la determinación de los valores nutricionales dependiendo de la demanda del cliente, que generalmente coinciden con los nutrientes que son más significativos al momento de hacer una formulación; por lo tanto, los nutrientes que más se analizan para el grano de maíz amarillo es el contenido de materia seca (o su contraparte: la humedad) y la proteína cruda, y en menor escala el extracto etéreo, la fibra cruda y las cenizas, en ese orden respectivo.

Con 998 muestras analizadas, el promedio de la humedad del grano de maíz amarillo reportado por tres laboratorios nacionales, mantiene un promedio de 12.76% con una desviación estándar relativamente baja. Si se compara con información de tablas internacionales, según el Cuadro 15b, para 21 valores de humedad en la literatura, el promedio es de 12.08%, se demuestra que dicho valor es muy cercano al dato obtenido por los laboratorios nacionales.

Para la ceniza, fibra cruda y extracto etéreo, los valores encontrados no difieren en más de un +/- 0.50% con los valores reportados en la literatura (Cuadro 15b). En tanto que para los valores de proteína cruda la diferencia con el promedio presentado por el Cuadro 15b es de -1.15%.

Esta diferencia presentada por los laboratorios nacionales en el valor de proteína (7.58%), no es de destacar, puesto que el valor mínimo encontrado en la literatura corresponde a 7.20% presentado por el CVB en Holanda (2002). Además, un total de 4 citas presentan valores igual o menores a 7.60% (Ver Cuadro 15.a.)

Los datos referentes a FAD y a FND, poseen un número de muestra muy bajo, como para discutir su comportamiento (Ver Cuadro 15.a.).

Con respecto a los minerales en el grano de maíz amarillo, el fósforo es el que presenta el mayor número de muestras analizadas (23), y el potasio el que presenta menos muestras (2) (Ver Cuadro 3). A pesar de que se cuenta con un número reducido de muestras analizadas en comparación con los valores del análisis proximal, los valores promedios obtenidos en los laboratorios no difieren drásticamente de los valores promedios reportados en la literatura (Cuadro 15b). Por ejemplo en el caso del calcio, fósforo y magnesio la mayor diferencia fue para el fósforo de 0.04 mg/kg con respecto a los valores presentados en la literatura.

El potasio obtenido en la literatura fue de 0.35%, en tanto que el valor encontrado por los laboratorios fue de 0.75%. Este dato no es representativo del verdadero valor del potasio en el grano de maíz amarillo, puesto que solo se incluyó en el análisis estadístico 2 valores, los únicos valores registrados en los análisis de los laboratorios.

Los microminerales obtenidos mantienen un comportamiento similar con los valores reportados en la literatura, con una diferencia máxima no mayor a +/- 4 mg/kg.

Puntilla de arroz

La puntilla de arroz fue la materia prima en donde se encontró un menor número de muestras analizadas en todos los nutrientes presentados, con respecto a las otras materias primas seleccionadas. La composición nutricional de la puntilla de arroz se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Composición nutricional de la puntilla de arroz(4-03-932)¹ tal como ofrecida.

Proximal	Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Humedad (%)	73	8,28	13,00	11,05	1,06
Cenizas (%)	21	0,33	1,39	0,71	0,30
Fibra Cruda (%)	21	0,20	0,80	0,38	0,17
FDN (%)	8	5,19	7,61	6,31	0,95
FDA (%)	7	0,71	1,75	1,06	0,36
Extracto Etéreo (%)	25	0,41	3,38	1,64	0,94
Proteína Cruda (%)	57	6,80	11,12	8,71	0,96
Minerales					
Calcio (%)	8	0,01	0,10	0,03	0,03
Fósforo (%)	7	0,16	0,33	0,20	0,06
Magnesio (%)	5	0,05	0,10	0,08	0,02
Hierro (mg/Kg)	5	16,00	26,00	20,00	4,00
Cobre (mg/Kg)	5	3,00	8,00	5,00	2,00
Manganeso (mg/Kg)	5	14,00	22,00	17,00	3,00
Zinc (mg/Kg)	5	14,00	20,00	17,00	2,00

1 = Número Internacional.

Los nutrientes que más se han analizado para la puntilla de arroz son la materia seca y la proteína cruda, en menor proporción el extracto etéreo las cenizas y la fibra cruda.

En el Cuadro 4, los porcentajes de la humedad, la ceniza y la fibra cruda se mantienen relativamente constantes con los que presenta el Cuadro 16b, en donde la mayor diferencia la muestra la humedad obtenida en los laboratorios nacionales con 0.80% por debajo del promedio de humedad que se presenta en la literatura, a pesar de su reducido número de muestras en relación con la humedad de las otras materias primas.

El bajo número de muestras, aunque no afecta directamente el promedio, se ve el efecto negativo que ejerce sobre el análisis estadístico descriptivo, pues para un porcentaje bajo, como la ceniza en la puntilla de arroz de 0.71%, los rangos son muy alejados del promedio, con 0.33% para el valor mínimo y 1.39% para el valor máximo; además se puede notar fácilmente en la desviación estándar, puesto que es de 0.30%, un poco más bajo de la mitad del valor del promedio.

En el caso de la proteína cruda, el promedio de los valores obtenidos en los análisis de laboratorio es de 8.71%, el cual es mayor en un 1.08% del valor reportado en la literatura (ver Cuadro 16b).

El extracto etéreo (1.64%) se encuentra también y presenta un valor mayor que los resultados obtenidos en un 0.79% más del valor promedio reportado por la literatura (0.85%) (ver Cuadro 16b), y al igual que la proteína cruda, no se encontraron citas en donde particularmente se reportaron datos similares. Sin embargo, la desviación estándar obtenida en los resultados fue de 0.94%, representando más que la diferencia encontrada entre promedios.

En general, las diferencias encontradas particularmente con la proteína cruda y el extracto etéreo, se puede deber a la cantidad de muestras analizadas que posiblemente no son representativos en la puntilla de arroz. Además, que al ser un subproducto obtenido de la industrialización del arroz, las variaciones en las composiciones nutricionales son difícilmente controladas; ya que las variaciones

debido al tipo de arroz, factores que intervienen directamente con el proceso de la siembra, recolección y almacenamiento del grano, van a generar variaciones en los valores reportados en los análisis.

Otra causa de la diferencia entre los valores obtenidos y los valores reportados por la literatura, es que se desconoce el número de muestras analizadas. Además, que las variaciones en los nombres de los subproductos a nivel internacional sirve como un obstáculo para la comparación de promedios.

Respecto al calcio, fósforo y magnesio, los valores reportados en la literatura coinciden con los resultados obtenidos en los laboratorios nacionales, para los cuales no hay ningún tipo de diferencia. Lo anterior, evidencia que los macrominerales en la puntilla de arroz mantienen una estabilidad constante, pues aunque los resultados son iguales, el número de muestras analizadas es muy bajo.

Para los microminerales existen diferencias encontradas entre los valores obtenidos y los valores reportados en la literatura, sin embargo, 5 muestras por nutriente no genera datos confiables para asegurar que esos valores representen fielmente el valor real de los microminerales en la puntilla de arroz.

Acemite de trigo

El acemite de trigo es una de las materias primas en donde se encontró gran cantidad de muestras analizadas en cada uno de los nutrientes estudiados. La información de la composición nutricional se presenta en el Cuadro 5.

Para el acemite de trigo, los nutrientes que presentaron la mayor cantidad de muestras analizadas fueron la humedad y la proteína cruda, posteriormente está la fibra cruda, extracto etéreo y las cenizas.

Cuadro 5. Composición nutricional del acemite de trigo (4-05-205)¹ tal como ofrecido.

Proximal		N°	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Humedad	(%)	332	9,29	14,00	12,05	0,77
Cenizas	(%)	95	2,10	6,12	4,32	0,77
Fibra Cruda	(%)	202	3,04	22,83	8,66	3,21
FND	(%)	15	25,80	40,20	33,58	4,36
FAD	(%)	14	7,00	13,60	10,05	1,82
Extracto Etéreo	(%)	177	3,00	6,35	3,92	0,57
Proteína Cruda	(%)	321	14,18	18,89	16,53	0,88
Minerales						
Calcio	(%)	12	0,05	0,12	0,08	0,02
Fósforo	(%)	11	0,45	1,11	0,86	0,18
Magnesio	(%)	2	0,35	0,44	0,40	0,06
Hierro	(mg/kg)	2	115,00	129,00	122,00	10,00
Cobre	(mg/kg)	3	9,00	13,00	11,00	2,00
Manganeso	(mg/kg)	3	96,00	123,00	108,00	14,00
Zinc	(mg/kg)	3	67,00	118,00	96,00	26,00
Sodio	(mg/kg)	1	51,00	51,00	51,00	0,00

1 = Número Internacional.

Para el análisis proximal, los valores máximos y mínimos son aceptables, a excepción del valor máximo de la fibra cruda (22.83%). Este valor elevado de FC puede deberse a varios factores tales como la presencia de partículas de salvadillo del trigo, que elevan los valores fibrosos.

Por ser un subproducto de la industria del trigo es difícil controlar las composiciones nutricionales y sus variaciones; ya que al igual que el salvadillo de trigo, puntilla de arroz y semolina de arroz están sujetos a diversos factores que han sido expuestos en la revisión de literatura para la variabilidad de los datos.

Sin embargo, a pesar del valor máximo de FC, el promedio no varía ampliamente con respecto al promedio de las citas encontradas en la literatura (+0.72%) (ver Cuadro 17b).

Para la ceniza, extracto etéreo y proteína cruda, las diferencias con respecto al promedio de las revisiones de literatura fue de -0.62%, -0.11% y -0.48% respectivamente; lo que no representan variaciones elevadas.

En el caso de los macrominerales, la variaciones para el calcio, fósforo y magnesio fueron de – 0.01%, +0.15% y de +0.09%, respectivamente; lo que resulta ser variaciones mínimas para los valores que representan. Los microminerales también se mantuvieron muy parecidos en relación con los valores reportados en la literatura, a pesar de que el número de muestras analizadas por nutriente (3) fue demasiado bajo para establecer criterios de comparación.

Salvadillo de Trigo

En el Cuadro 6 se presenta el análisis estadístico descriptivo de la composición nutricional del salvadillo de trigo.

Cuadro 6. Composición nutricional del salvadillo de trigo (4-05-190)¹ tal como ofrecido.

Proximal		Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Humedad	(%)	137	8,45	13,90	12,10	1,09
Cenizas	(%)	63	3,78	6,72	5,07	0,72
Fibra Cruda	(%)	103	6,60	14,08	8,81	1,58
FND	(%)	12	38,70	47,81	41,42	2,87
FAD	(%)	11	11,70	14,01	12,80	0,68
Extracto Etéreo	(%)	82	2,10	6,80	3,70	0,80
Proteína Cruda	(%)	131	14,00	19,51	16,45	1,13
Minerales						
Calcio	(%)	29	0,07	1,04	0,16	0,19
Fósforo	(%)	32	0,85	1,68	1,22	0,17
Magnesio	(%)	12	0,22	1,61	0,59	0,35
Potasio	(%)	1	4,54	4,54	4,54	0,00
Hierro	(mg/kg)	12	91,00	514,00	230,00	129,00
Cobre	(mg/kg)	12	9,00	15,00	12,00	2,00
Manganeso	(mg/kg)	12	102,00	192,00	154,00	30,00
Zinc	(mg/kg)	13	70,00	114,00	94,00	15,00

1 = Número Internacional.

Los nutrientes que han sido mayormente analizados en este subproducto son la materia seca, la proteína cruda y la fibra cruda, y en menor proporción el extracto etéreo y las cenizas.

Al comparar los resultados presentados en el Cuadro 6 con respecto al Cuadro 18b, se nota que las diferencias son reducidas, por ejemplo para la humedad, se obtuvo un valor promedio de 12.10%, en tanto que la literatura reporta un promedio de 10.72%. No obstante, el valor máximo encontrado en la literatura fue de 13.40% presentado tanto por el INRA en Francia (2002) como por el ACV en Holanda (1992) (ver Cuadro 18b).

La ceniza, el extracto etéreo y la proteína presentaron diferencias de -0.63% , -0.45% y $+0.66\%$, respectivamente, lo que significa que no existe una gran variación para los valores obtenidos con los valores reportados en la literatura.

Para el caso de la fibra cruda la diferencia fue de -1.3% entre el valor obtenido y el valor promedio de las citas. Sin embargo, el promedio de 8.81% de FC obtenido no queda fuera del rango de los valores encontrados en las citas, puesto que existe todavía un valor menor reportado por el FEDNA en España (2003) de 6%.

Aunque las muestras analizadas en los microminerales no son tan elevadas en comparación con el análisis proximal, las diferencias no fueron tan marcadas con los valores reportados en la literatura. El calcio, el fósforo y el magnesio oscilaron en $+0.01\%$, $+0.10\%$ y $+0.19\%$ en relación con los valores de la literatura.

Con relación al potasio (4.54%), éste solo presenta un dato analizado, lo que no permite hacer una comparación entre promedios.

Harina de soya

Al ser una materia prima con un elevado porcentaje de proteína cruda, hace que la demanda por análisis de los laboratorios sea elevada. Por lo tanto, representa la materia prima que más análisis

se le realizaron por parte de los tres laboratorios en los que se recopiló la información. El Cuadro 7 presenta la composición nutricional de la harina de soya tal como ofrecida.

Cuadro 7. Composición nutricional de la harina de soya (5-20-638)¹ tal como ofrecida.

Proximal		Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Humedad	(%)	2849	9,00	13,92	11,49	0,75
Genizas	(%)	200	5,08	8,50	6,48	0,52
Fibra Cruda	(%)	203	1,00	7,80	3,63	1,29
FND	(%)	4	10,20	11,60	10,85	0,71
FAD	(%)	4	6,80	8,60	7,48	0,83
Extracto Etéreo	(%)	150	0,30	5,59	1,32	0,91
Proteína Cruda	(%)	2740	45,30	50,40	47,93	0,81
Minerales						
Calcio	(%)	154	0,07	0,80	0,31	0,11
Fósforo	(%)	143	0,10	1,10	0,63	0,11
Magnesio	(%)	103	0,15	1,00	0,26	0,11
Potasio	(%)	15	2,00	4,70	2,50	0,66
Hierro	(mg/kg)	106	23,00	259,00	105,00	47,00
Cobre	(mg/kg)	110	12,00	45,00	16,00	4,00
Manganeso	(mg/kg)	103	3,00	80,00	31,00	8,00
Zinc	(mg/kg)	106	23,00	95,00	50,00	11,00

1 = Número Internacional.

Los valores mínimos y máximos del análisis proximal son aceptables para cada uno de los nutrientes respectivamente, sin embargo, el valor máximo de FC (7.80%) se encuentra por encima de lo que se puede esperar de una harina de soya procesada si se compara con la literatura (ver Cuadro 19b). Por lo tanto, deberían coincidir valores elevados de FC con valores elevados de EE y valores bajos de PC para poder interpretar que lo que se analizó no fue una harina previamente procesada, sino más bien una harina integral; pero los valores correspondientes a estos nutrientes de esa muestra en particular no generaron la información necesaria para determinar que se estaba trabajando con la soya integral, ya que los porcentajes de EE y de PC se encontraban muy parecidos a los promedios de cada nutriente que presenta la literatura (ver Cuadro 19b).

Otro valor elevado en relación con lo que presentan todos los laboratorios a nivel internacional (ver Cuadro 19b), y a lo que se puede esperar de harinas de soya extraídas por solvente y no por acción mecánica, es el porcentaje máximo de EE obtenido con un 5.59%; lo que demostró la necesidad de buscar la información de la muestra individual para confirmar que no se tratase de una harina de soya integral, pero se desconoce si proviene de una harina de soya extraída por acción mecánica, pues la información descriptiva de las muestras que ingresaron a la base de datos no especifica ese punto en particular.

A pesar de estos dos valores extremos, el análisis estadístico descriptivo generado demuestra valores consistentes entre la información analizada por los laboratorios nacionales y la información reportada por laboratorios internacionales.

En el caso de la humedad, ceniza, fibra cruda y extracto etéreo, las variaciones fueron mínimas con la información de la literatura: +0.18%, +0.22%, -0.5% y -0.12% respectivamente.

Para el caso de la proteína cruda (47.93%) con 2740 muestras analizadas, no difiere de lo que establece el sector al mencionar que se procesan harinas de 48% de PC. Sin embargo, presenta una diferencia de -1.34% con relación a un promedio de 49.27% de PC elaborado tomando en cuenta 14 laboratorios a nivel mundial. Aunque esta diferencia entre promedios es mayor a la desviación estándar obtenida en el análisis estadístico de la información de los tres laboratorios nacionales (0.81%), el valor que reporta la literatura queda dentro del rango de este análisis estadístico, pues tiene como valores mínimos y máximos de 45.30% y 50.40%, respectivamente.

Existen 6 laboratorios que presentan valores mayores a 47.93% de PC, y existen 8 que presentan valores igual a inferiores a los que se encontraron en los laboratorios nacionales (ver Cuadro 19b).

Con relación a los valores de los macrominerales, la máxima variación la presentó el potasio, en donde el promedio obtenido en relación a los valores reportados en la literatura fue de 0.39%; no obstante la cantidad de muestras analizadas para este nutriente fue relativamente baja (15), a pesar de que es la mayor cantidad que se obtuvo entre las materias primas para este nutriente en particular. La menor diferencia la presenta el calcio con 0.02%; en donde, al igual que las demás materias primas, presentan diferencias reducidas respecto a la literatura.

Con los microminerales, los valores obtenidos para la harina de soya se encuentran relativamente constantes con respecto a la literatura; a excepción del hierro, que presenta un promedio de 105.45mg/kg en los valores determinados por los laboratorios nacionales con una diferencia de 126.3mg/kg respecto al promedio que se presenta en la literatura (212.50mg/kg)

Aunque el valor de la literatura de 212.50mg/kg no supere el valor máximo obtenido en los laboratorios nacionales (259.00mg/kg), no deja de existir una diferencia amplia con respecto a la desviación estándar ligada al 105.45mg/kg que es de 46.91mg/kg.

Sin embargo, los laboratorios internacionales que reportan valores para el hierro son 6 y la desviación estándar es relativamente elevada (82.95mg/kg), además que los valores mínimo y máximo generan un rango bastante amplio (120mg/kg -319mg/kg). Esto indica que el hierro no es nutriente constante para las determinaciones en laboratorios para la harina de soya.

Semolina de Arroz

La semolina de arroz es otro subproducto obtenido en el procesamiento del grano, por lo que su composición nutricional no es muy estable y las variaciones en las mismas son difíciles de controlar, ya que incluyen muchos factores. En el Cuadro 8 se presenta la composición nutricional de la semolina de arroz tal como ofrecida.

Cuadro 8. Composición nutricional de la semolina de arroz (4-03-928)¹ tal como ofrecida.

Proximal		N°	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Humedad	(%)	576	6,01	12,87	9,49	1,22
Cenizas	(%)	196	5,10	11,55	7,83	1,31
Fibra Cruda	(%)	358	4,00	12,60	7,54	2,02
FND	(%)	17	15,07	35,70	25,06	5,17
FAD	(%)	12	7,19	17,90	13,45	3,94
Extracto Etéreo	(%)	340	9,10	22,69	15,77	2,68
Proteína Cruda	(%)	522	9,00	15,92	12,41	1,22
Minerales						
Calcio	(%)	102	0,01	0,45	0,09	0,09
Fósforo	(%)	52	0,72	2,20	1,49	0,34
Magnesio	(%)	9	0,04	0,86	0,63	0,28
Potasio	(%)	1	0,93	0,93	0,93	0,00
Hierro	(mg/kg)	8	71,00	353,00	210,00	100,00
Cobre	(mg/kg)	12	6,00	19,00	12,00	5,00
Manganeso	(mg/kg)	10	99,00	186,00	153,00	32,00
Zinc	(mg/kg)	13	44,00	81,00	59,00	10,00

1 = Número Internacional.

Los nutrientes que más han sido analizados en la semolina de arroz son la humedad, la proteína cruda, y menor proporción la fibra cruda, el extracto etéreo y la ceniza.

En relación con los promedios, el más estable con relación a la literatura es la humedad, variando solo -0.06%, en tanto que la ceniza y la fibra cruda varían en más de un 2%, el caso del extracto etéreo y de la proteína cruda varían entre el rango de 1.5% -2.0%.

Estas diferencias en promedios se ven plasmadas también en los valores máximos y mínimos. Para el caso de la humedad el valor mínimo representa un valor máximo de 6.01%, en donde el valor más bajo reportado en la literatura lo presenta el INTA en Argentina (1996) con un 8%.

Para las cenizas el valor extremo es el valor máximo de 11.55%, y aunque el NRC para alimentos (1982) presente un valor de 11.60%, queda como un valor elevado si se toma en cuenta que el promedio es de 7.83% con una desviación estándar de 1.31%.

La fibra cruda y el extracto etéreo mantienen valores máximos y mínimos claramente marcados y difieren respecto al promedio en casi la mitad del valor del mismo promedio, por lo que la desviación estándar tiene que ser también elevada.

La proteína cruda mantiene un rango más considerable de máximo (15.92%) y mínimo (9.00%) con respecto al promedio (12.41%)

Los macrominerales no están tampoco exentos de las variaciones en los promedios con respecto a la literatura, puesto que a diferencia del calcio (-0.06% de relación con el promedio de la literatura), el fósforo, el magnesio y el potasio presentan desviaciones estándar elevadas de -3.70%, -2.70% y de -2.55% respectivamente (ver Cuadro 20b).

Los microminerales también tuvieron variaciones importantes pues el hierro varió en relación a la literatura en un 49.04mg/kg, el manganeso se alejó bastante con -76.03mg/kg y el zinc con 13.05mg/kg. El cobre no presentó mucha variación (3.44mg/kg) en relación a la literatura.

En general, la materia prima que presentó mayores variaciones en todos sus nutrientes con respecto a la literatura fue la semolina de arroz, a pesar de que fue una de las materias que presentó gran cantidad de muestras analizadas y se distribuyó más uniformemente alrededor del promedio.

Esta situación particular de la semolina, se espera debido a que es un subproducto obtenido dependiendo del grado de procesamiento a que se someta el grano de arroz, lo que generará diferentes composiciones entre los laboratorios, por lo tanto su dispersión es bastante elevada.

Además, los amplios rangos que se obtienen en la literatura (ver cuadro 20b), tanto en el análisis proximal como en el mineral, refuerzan que las variaciones en dicha materia prima depende del grado de procesamiento entre otros muchos factores como la variedad del arroz, metodologías de

análisis químicos en los diferentes laboratorios, etc. Por lo tanto, resulta difícil esperar valores constantes entre laboratorios.

Los diferentes nombres con los que se define la semolina, puede provocar confusiones y variaciones entre los análisis estadísticos presentados (ver tabla 1), cuando se quiere hacer una compilación de composiciones nutricionales, además de que los parámetros de calidad que definen a una materia prima en específico también varía dependiendo de la región.

Otra causa importante de variación son los diferentes mecanismos de adulteración que se realizan a este subproducto con el fin de generar productos más baratos, esta es una situación que se vive a nivel nacional e internacional en donde se coseche y se procese el grano de arroz.

IV.C. Estimación de energía

En la actualidad, como se discutió al inicio, en la parte A de nutrientes analizados; el sistema Weende muestra algunas limitaciones cuando se utiliza como criterio base para caracterizar el comportamiento nutricional de un alimento, por lo que los laboratorios alrededor del mundo han mejorado su investigación y la incorporación de nuevas formas de estimación de nutrientes, por medio del uso de métodos analíticos más precisos que permiten conocer de una mejor manera el valor nutricional de un alimento.

Tanto Schenkel (1998) como Weiss W. (1998), mencionan que la disponibilidad de la energía en los alimentos puede variar de un 10 a un 100%. Por eso es que la medida de la energía es extremadamente difícil y no puede ser rutinaria. Por lo que se realizan experimentos para determinar ecuaciones de estimación de energía.

Estas ecuaciones de estimación de los contenidos de energía en un alimento, son modelos matemáticos que utilizan algunos o todos los nutrientes obtenidos a través del análisis proximal u otras fracciones más específicas, para obtener estimaciones más reales del contenido de energía de las materias primas.

Como ejemplo, Wiseman y Cole (1979), introducen dentro de las ecuaciones que muestran en su publicación la lignina en ácido detergente, para el cálculo de contenidos de energías en materias primas; Aldeman (1985), utiliza una variable de fibra detergente ácida modificada para la determinación de EM en rumiantes, además de introducir almidón, FDN y FAD, para la estimación de ED en cerdos. Este mismo autor introduce, para ecuaciones de energía metabolizable aparente en aves, el cálculo de la tasa de intercambio de ácidos grasos insaturados a saturados.

Flachowsky G. y Kirchgessner M (1998), exponen ecuaciones que toman en cuenta variables como las digestibilidades de los fraccionamientos del análisis proximal, además de la digestibilidad de la materia orgánica y las sustancias bacteriamente fermentables.

Pirgozliev V. y Rose S. (1999), no solo utilizan en sus ecuaciones análisis in vitro, ya que además utiliza parámetros como la materia orgánica fecal, además de coeficientes de digestibilidad de la PC, EE, FND y FC. El cálculo que realizan estas ecuaciones es para aves, específicamente el tipo de energía que se obtiene es la energía neta de producción. Los resultados obtenidos por este autor, mencionan que todavía no es posible incluir este factor energético para esta especie animal, pues existe una cantidad de factores inexplicables científicamente que generan variaciones en los resultados de las cuatro ecuaciones presentadas en su publicación.

Noblet J. y Henry Y. (1993), presentan ecuaciones de energías para utilizar en materias primas destinadas al consumo en cerdos, no obstante, al igual que las otras publicaciones mencionadas,

incluyen variables como Lignina en ácido detergente, FDN, almidón, digestibilidad de la materia orgánica, etc.

La mayoría de tablas internacionales como las presentadas por el FEDNA (2003), el CVB (2002) y el INRA (2002), utilizan ecuaciones de energía que incluyen variables tan complejas como las presentadas por los autores anteriores, y las discutidas en la parte A de los nutrientes analizados del presente trabajo.

En los Estados Unidos, el TND ha sido el sistema de energía predominante por muchas décadas. Dos razones para esta adopción fueron que las concentraciones de TND en el alimento podían ser medidas más fácilmente que con cualquier otro método, y de que se generó una gran cantidad de datos que ayudaron a crear las bases de datos existentes (Weiss W., 1998).

Weiss W. (1992) presenta una metodología para la determinación del TND en la ecuación 27:

$$\text{Ecuación 27. TND (\%)} = \text{tdFND} + \text{tdPC} + (\text{tdFA} * 2,25) + \text{tdFND} - 7.$$

$$(27a) \quad \text{tdFND} = 0,98 (100 - ((\text{FND} - \text{NDICP}) + \text{PC} + \text{EE} + \text{C})) * \text{PAF}.$$

$$(27b) \quad \text{tdPCf} = \text{PC} * \exp(-1,2 * (\text{ADIPC} / \text{PC})) \text{ para forrajes}.$$

$$(27c) \quad \text{tdPCc} = (1 - (0,4 * \text{ADIP}(\text{C} / \text{PC}))) * \text{PC} \text{ para concentrados}.$$

$$(27d) \quad \text{tdFA} = \text{EE} - 1. \text{ Si } \text{EE} < 1, \text{ FA} = 0.$$

$$(27e) \quad \text{tdFND} = 0,75 * (\text{FNDn} - \text{L} * (1 - (\text{L} / \text{FNDn}) \exp(0,667))).$$

NDICP = N insoluble en detergente neutro*6,25.

PAF = Factor de ajuste debido al procesamiento.

ADFICP = N insoluble en detergente ácido*6,25.

FA = Ácidos grasos.

L = Lignina en detergente ácido.

FNDn = FND-NDICP

Esta ecuación (27), junto con otras para determinar la ED, EM y EN_L y EN_m, son presentadas por el NRC (2001), para determinar la composición energética de los alimentos.

Aunque los valores de energía obtenidos con la energía neta son más precisos que la utilización del TND, es demasiado difícil de obtener, por lo que el sistema más utilizable es el TND. Weiss W. (1998).

Las razones de Weiss W. (1998), para incluir esos nutrientes en la ecuación para TND y la justificación de las constantes que los acompañan son: de que la ceniza, al no tener energía, no se debería incluir y por lo general, diluye la digestibilidad de la materia orgánica. La lignina es otra fracción relacionada con la deficiencia de energía, pues no tiene ED. La concentración de ácidos grasos está relacionada positivamente con los valores de TND. El EE, sin embargo, no tiene una digestibilidad constante y puede no ser relacionado fuertemente con valores de TND. La concentración de PC se relaciona positivamente con el TND, pero mantiene una relación indirecta. Las concentraciones de fibra son negativamente relacionados con el TND, debido a que la fibra, en promedio, es menos digestible que los materiales no fibrosos.

Para Weiss W. (1992), un factor importante a tomar en cuenta, es que el TND no incorpora el procesamiento de la materia prima y el tamaño de partícula, que son dos factores que influyen enormemente en las digestibilidades de los nutrientes, y por consiguiente, en la estimación de energía.

En nuestro país, en trabajos de tesis anteriores sobre algunas de las materias primas evaluadas, se obtuvieron valores de energía, estimados a partir del % TND de la ecuación 27 presentada por Weiss W. (1992), para cada una de las materias primas analizadas. Estos valores de energías se presentan en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Valores de energías obtenidos con las ecuaciones de Weiss (1992), para las materias primas a nivel nacional.

Materia Prima	Materia Seca (%)	TND (%)	ED (kcal/kgMS)	EM_{3x} (kcal/kgMS)	EN_L (kcal/kgMS)	EN_G (kcal/kgMS)
Maíz *	88,10	88,68	3850,00	3230,00	2080,00	1480,00
Harina de soya *	89,50	81,34	4210,00	3530,00	2290,00	1660,00
Acemite de trigo	88,51	75,87	3440,00	2840,00	1810,00	1290,00
Puntilla de arroz	89,29	90,25	3910,00	3280,00	2120,00	1510,00
Salvadillo de trigo	88,25	69,04	3140,00	2560,00	1610,00	1060,00
Semolina de arroz	91,76	84,52	3710,00	3150,00	2090,00	1400,00

* = NRC, 2001. Las demás materias primas se obtuvieron en comunicación personal con el MSc. Jorge Sánchez.

Sin embargo estos valores obtenidos por las diferentes ecuaciones presentadas por Weiss W. (1992) y el NRC (2001), deben de manipularse con precaución, pues el sistema de evaluación energética del TND tiene algunas deficiencias importantes de destacar.

Según Weiss W. (1998) y Vermoel M. y Coulon B (1998), el TND ha estado trabajando bien, sin embargo, no es preciso para determinar las pérdidas energéticas. La pérdida de energía en gases, en la orina, el incremento calórico, y el trabajo necesario para digerir y transportar el alimento a través del tracto gastrointestinal no es contabilizado en el sistema del TND, y esas pérdidas son variables entre los diferentes alimentos. El sistema sobrevalúa alimentos con baja digestibilidad y subvalúa alimentos altamente digestibles.

A pesar de las deficiencias presentadas, el TND estimado a partir de las ecuaciones de Weiss W. (1992) tiene sus ventajas.

Según Dairy One (1996): aunque habían existido ecuaciones de predicción para forrajes, estas no se podían aplicar a granos o a subproductos de la industria de alimentos. Además, no existía una ecuación estandarizada para ser utilizada a través de todo el territorio americano. Estas cualidades son

destacadas por esta publicación, además de que menciona de que el impacto negativo de la lignina y el impacto positivo de la grasa no fueron tomados para la determinación del TND.

Todas estas investigaciones en el campo de las estimaciones de energías en los alimentos para animales, requieren años de estudios y la realización de ensayos químicos o biológicos para lograr obtener modelos matemáticos capaces de estimar adecuadamente el contenido de energía de las materias primas.

Estimación de energía con la base de datos de laboratorios nacionales

Como los nutrientes que se han analizado a través de los años, en los laboratorios del CINA, Dos Pinos y PIPASA, son provenientes del análisis proximal; las ecuaciones que se utilizaron fueron las que presentaron esos mismos nutrientes como variables para la determinación de la energía.

Se realizó una búsqueda exhaustiva de ecuaciones, para estimar energía de los alimentos, en las diferentes publicaciones internacionales vinculadas con el sector pecuario; para realizar los cálculos de energía con los nutrientes almacenados en las bases de datos de los tres laboratorios seleccionados.

Se realizó el Cuadro número 21, en donde se presenta un compendio de ecuaciones de energías con sus respectivas referencias bibliográficas que fueron utilizadas para calcular las energías a partir de los datos de análisis proximal recolectados, generando los Cuadros 22, 23, 24, 25, 26 y 27 para el acemite de trigo, la harina de soya, el maíz amarillo, la puntilla de arroz, el salvadillo de trigo y la semolina de arroz respectivamente.

En el Cuadro 31, se presentan conjuntos de ecuaciones que interactúan entre sí para la determinación de diversas energías. Por ejemplo, la ecuación 22 presenta las variables que son tomadas en cuenta para la determinación del %TND, al calcular este valor, con las ecuaciones 23 y 24 se pueden calcular los valores de ED y de EM en kcal/kg de MS para alimentos en rumiantes.

Las ecuaciones 8, 9 y 10; 18, 19 y 20 representan otro conjunto de ecuaciones para la determinación de %TND, ED y EM, respectivamente en alimentos para bovinos.

Las ecuaciones 2, 3 y 4; 15, 16 y 17; 6, 5 y 7 cumplen la misma función interrelacionada de ecuaciones para la determinación de %TND, ED y EM, respectivamente; pero éstas funcionan para la determinación de energías en alimentos que serán suministrados a porcinos.

Las ecuaciones 22, 8, 18, 15 y 11 toman en cuenta todos los nutrientes evaluados por el análisis proximal, a excepción de la Ceniza. Lo cual es de esperar, pues esta fracción no aporta ninguna cantidad de energía a los alimentos.

Acemite de trigo

El Cuadro 22 presenta un total de 13 ecuaciones de energía obtenidas para aplicar en la composición proximal del acemite de trigo.

La ecuación 1 del Cuadro 22, muestra la energía metabolizable aparente en aves (presentada por WPSA, 1983) (ver Cuadro 21) para un total de 70 datos generados, donde las fracciones críticas que van a afectar la utilización de los nutrientes presentes en el ingrediente son la ceniza y la fibra cruda, es decir, son las fracciones que causan un efecto en la utilización de la energía de esta materia prima.

El promedio de la energía metabolizable aparente fue de 2503.10kcal/kg de MS obtenido con la ecuación 1, en tanto que la literatura, fragmenta la energía metabolizable para aves en tres partes, EM para pollos barrileros, EM para ponedoras, y EM para pollos en general. Dichas fracciones fueron

reportadas 3, 3 y 4 laboratorios con 1434.00, 1840.00 y 1790.75 kcal/kg de MS, respectivamente (ver Cuadro 17.b.).

Las ecuaciones 8, 9 y 10, presentan un total de 16 datos generados para cada ecuación, es aplicable a los bovinos, y están relacionadas una con otras, por lo que la ecuación que generará los efectos de variación es la ecuación 8 que calcula el % TND.

El % de TND determinado para bovinos con la ecuación 8 mostró un promedio de 76.04% con 1.18% de desviación estándar, en tanto, que el valor promedio reportado en el resumen de literatura fue de 76.33% con una desviación de 6.24%(ver Cuadro 17.b.).

Con la ecuación de Weiss (1992), se obtuvo un valor de TND para el acemite de 75.87%. Por lo tanto, el valor obtenido para TND es muy similar tanto para Weiss (1992), como los otros laboratorios que reportan este tipo de energía.

A pesar de las diferencias entre las ecuaciones 10 y 12 para EM en bovinos (2936.26 y 2620.54kcal/kg de MS respectivamente) si se compara con los valores de la literatura, se observa que la energía de la ecuación 12 es prácticamente la misma que el valor máximo encontrado en el cuadro 17b de 2505.00 kcal/kg de MS.

Para porcinos las ecuaciones 2,3,4,5,6 y 7 evalúan la energía presente en los alimentos. La ecuación 2 y 6 se utiliza para calcular los valores de TND. Las ecuaciones que se utilizaron como base para cada tripleta de conjuntos fueron la 2 (para la tripleta 2,3 y 4), y la 5 (para la tripleta 5,6 y 7).

Los tres valores de energía digestible obtenidos para cerdos con las ecuaciones 3, 13 y 5 fueron de 3553.21, 3665.22 y 2850.29kcal/kg de MS respectivamente. Todas fueron superiores al valor promedio reportado para 5 laboratorios internacionales en el Cuadro 17.b. con 2698.40kcal/kg de MS.

Cuadro 22. Ecuaciones de energía aplicadas a la composición proximal del acemite de trigo¹.

Especie	Ecuación	Calculo de Energía	Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Aves	1	EM _A = Energía metabolizable corregida por nitrógeno (Kcal/Kg MS)	69	1400,60	3305,76	2527,20	544,12
Bovinos	8	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	16	73,92	78,52	76,04	1,18
	9	ED = Energía Digestible en bovinos (kcal/kg MS)	16	3258,98	3461,89	3352,73	51,95
	10	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	16	2841,57	3046,51	2936,26	52,47
	12	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	59	1821,03	2889,41	2620,54	210,96
Porcinos	2	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	16	75,98	85,00	80,59	2,15
	3	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	16	3349,85	3747,84	3553,21	94,72
	4	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	16	3085,39	3470,89	3277,32	93,71
	13	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	59	2937,37	4170,03	3665,22	335,48
	5	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	194	1241,50	3747,18	2850,29	484,12
	6	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	194	28,16	84,99	64,65	10,98
	7	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	187	1143,21	3456,20	2616,21	448,15
Aves, Bovinos y porcinos	11	EB = Energía Bruta (kcal/kg de MS)	16	4499,51	4637,23	4560,28	36,72

1 = Valores de energía estimados en base seca.

Para el TND y la EM se obtuvieron dos resultados en porcinos con diferencias claramente marcadas, en donde los valores más bajos para ambas energías se encontraron en las ecuaciones 6 y 7, con 64,65% y 2616,21 kcal/kg de MS respectivamente. Sin embargo, los valores que más se aproximan a los que se presentan en la literatura son los generados en las ecuaciones 6 y 7.

Harina de Soya

A partir de los datos de la composición proximal almacenados de la harina de soya en el CINA, Dos Pinos y PIPASA, se pudo aplicar 10 ecuaciones de energía, en donde se mantuvo un mínimo de 79 muestras y máximo de 81 muestras por ecuación empleada. Estas ecuaciones se encuentran en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Ecuaciones de energía aplicadas a la composición proximal de la harina de soya¹.

Especie	Ecuación	Energía	Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Aves	14	EM _A = Energía metabolizable corregida por nitrógeno (Kcal/Kg MS)	79	2503,07	2737,90	2581,81	45,27
	18	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	79	76,92	95,41	85,73	4,18
	19	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	79	3391,57	4206,73	3779,81	184,41
Bovinos	20	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	79	2975,49	3798,80	3367,61	186,25
	12	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	81	3213,27	3468,55	3385,94	51,86
Porcinos	15	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	79	70,14	85,89	79,84	3,16
	16	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	79	3100,31	3856,54	3565,77	151,89
	17	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	79	2864,80	3563,64	3294,94	140,36
	13	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	81	4105,59	4803,11	4536,09	134,74
Aves, Bovinos y porcinos	11	EB = Energía Bruta (kcal/kg de MS)	79	4698,50	5075,30	4792,75	60,76

¹ = Valores de energía estimados en base seca.

La ecuación que se empleó para determinar la EM_A en aves fue la ecuación 14, la cual toma en cuenta valores de EE, ELN y de PC.

Dicha ecuación generó un valor de 2581.81kcal/kg de MS con una desviación estándar de 45.27kcal/kg de MS.

En la literatura aparecen cuatro valores de EM, un valor general, uno para pollos barrilleros, otro para ponedoras y otro para pollos, en donde aparecen valores de 2455.00, 2144.00, 2306.00 y 2226.60 respectivamente (ver Cuadro 19.b).

Por lo tanto, el valor de energía metabolizable en aves obtenido en los laboratorios nacionales es superior a los valores reportados por la literatura.

Para porcinos se utilizó las ecuaciones 15, 16, 17 y 13; en donde la ecuación base en las tres primeras fue la ecuación 15 (ver cuadro 21), que contempla todas las variables del análisis proximal excepto la ceniza.

Para esta especie, se obtuvieron dos valores de ED con las ecuaciones 16 y 13, mostrando valores de 3565.77 y de 4536.09kcal/kg de MS respectivamente.

La literatura mostró un promedio de 3534.40kcal/kg de MS, el cual es casi idéntico al obtenido en la ecuación 16.

Las ecuaciones 18, 19 y 20 se utilizan para bovinos, pero tienen el comportamiento similar de las ecuaciones utilizadas para porcinos, puesto que el TND se calcula con todas las fracciones excepto la ceniza, y la ED y la EM son el resultado de la utilización del TND para estimar dichas energías.

Para bovinos se obtuvo un valor de TND generado por la ecuación 18, en que se promedió un valor de 85.73% con 4.18% de desviación estándar. Este valor en comparación con las presentadas en la literatura a nivel internacional es superior, pues este último corresponde a 79.90%, mientras que en relación al valor obtenido con la ecuación de Weiss (1992) (ecuación 27) mantuvo similitudes, ya que se

presenta un valor de 81.34% de TND. De forma general, el valor obtenido con la ecuación 18, se aproxima más al valor presentado por la ecuación 27.

Maíz Amarillo

El grano de maíz amarillo, como se analizó en la revisión de literatura, se caracteriza por ser un ingrediente energético, por lo tanto, es de esperar valores altos de energía para este ingrediente con las 11 ecuaciones utilizadas.

El Cuadro 24 muestra los valores de energía obtenidos para el grano de maíz amarillo con ecuaciones aplicadas para aves, bovinos y porcinos.

La ecuación 21 y 25 fueron aplicadas para estimar la EM_A en aves, en donde se obtuvo un total de 44 valores para cada una de las dos ecuaciones.

Aunque las dos ecuaciones presentan dispersiones muy similares (ver máximos, mínimos y desviación estándar), el valor más elevado en el promedio lo presentó la ecuación 21 (3730.07 Kcal/kg de MS). Si este último se compara con el promedio de los valores reportados en la literatura se nota que existe una superioridad en el valor obtenido por la ecuación 21, ya que el valor más próximo reportado fue el que los laboratorios internacionales determinaron para la EM en general que es de 3386.50kcal/kg de MS.

Las ecuaciones utilizadas para el maíz amarillo, empleadas para bovinos, fueron las ecuaciones 22, 23 y 24; en donde la ecuación que utiliza las fracciones del Weende como variables, es la ecuación 22, que determina el TND para el alimento. Las ecuaciones dependientes son la 23 y 24, que determinan la ED y la EM respectivamente.

El TND estimado para bovinos con la ecuación 22 (81.38%) fue muy similar al valor reportado por la literatura (80.93%) (ver Cuadro 15.b.), y fue inferior al valor reportado con las ecuaciones de Weiss (1992), el cual muestra un promedio de 88.68%

Cuadro 24. Ecuaciones de energía aplicadas a la composición proximal del grano de maíz amarillo¹.

Especie	Ecuación	Energía	Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Aves	21	EM _A = Energía metabolizable corregida por nitrógeno (Kcal/Kg MS)	44	3379,87	4012,56	3730,07	122,33
	25	EM _A = Energía metabolizable corregida por nitrógeno (Kcal/Kg MS)	44	3101,00	3770,35	3455,30	120,53
Bovinos	12	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	40	2516,20	2925,79	2802,55	76,31
	22	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	40	78,05	90,41	81,38	2,50
	23	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	40	3441,08	3986,27	3587,89	110,41
	24	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	40	3025,49	3576,13	3173,77	111,51
Porcinos	2	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	40	83,85	86,65	85,18	0,65
	3	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	40	3697,07	3820,60	3755,64	28,76
	4	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	40	3476,09	3591,27	3532,64	26,21
	13	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	40	3981,14	4377,34	4135,58	84,65
Aves, Bovinos y porcinos	11	EB = Energía Bruta (kcal/kg de MS)	40	4407,77	4796,29	4524,22	85,20

¹ = Valores de energía estimados en base seca.

Las ecuaciones que se utilizaron para porcinos fueron las ecuaciones 2, 3, 4 y 13, que muestran valores promedios mucho más elevados para el grano de maíz amarillo, en las tres formas de energía (TND, ED y EM), por encima de los valores obtenidos en el acemite de trigo.

Las dos energías digeribles obtenidas con las ecuaciones 3 y 13 muestran valores de 3755.64 y de 4135.58kcal/kg de MS respectivamente. Ambos valores fueron superiores al promedio reportado por la literatura con 3392.00kcal/kg de MS (ver Cuadro 15.b.).

Puntilla de arroz

Los valores energéticos de la puntilla de arroz fueron obtenidos a través de 10 ecuaciones de energía, en donde se obtuvieron datos para porcinos, bovinos y aves. Estos datos se encuentran en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Ecuaciones de energía aplicadas a la composición proximal de la puntilla de arroz¹.

Especie	Ecuación	Energía	Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Aves	26	AME = Energía metabolizable corregida por nitrógeno (Kcal/Kg MS)	12	3860,05	4109,34	4033,49	73,76
	12	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	12	2921,02	2981,08	2939,33	15,44
Bovinos	22	TND = Total de Nutrientes Digeribles (%)	13	77,06	82,60	81,22	1,44
	23	ED = Energía Digerible (kcal/kg MS)	13	3397,65	3641,83	3581,02	63,50
	24	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	13	2981,63	3228,25	3166,83	64,13
Porcinos	2	TND = Total de Nutrientes Digeribles (%)	13	80,94	89,02	86,62	2,09
	3	ED = Energía Digerible (kcal/kg MS)	13	3568,69	3924,83	3819,20	92,01
	4	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	13	3345,13	3705,60	3591,66	90,90
	13	ED = Energía Digerible (kcal/kg MS)	12	4295,57	4417,15	4349,08	36,08
Aves, Bovinos y porcinos	11	EB = Energía Bruta (kcal/kg de MS)	13	4047,11	4486,23	4388,94	114,46

1 = Valores de energía estimados en base seca.

Para aves, se aplicó la ecuación 26, la cual es específica para la puntilla de arroz, de donde se obtuvo un promedio de 4033.49kcal/kg de MS con una desviación de 73.76kcal/kg de MS. Este valor fue muy superior a los reportados en la literatura para la EM de aves en general y la EM para ponedoras, ya que éstas presentan valores de 3089.50 y de 3492.00kcal/kg de MS.

Los valores de energía obtenidos para bovinos fueron los encontrados en las ecuaciones 22, 23 y 24, y al igual que el grano de maíz amarillo estiman el TND, la ED y la EM.

El TND obtenido con la ecuación 22 muestra un promedio de 81.22%, mientras que la literatura en el Cuadro 16.b. muestra un promedio de 78.50% para dos laboratorios que muestran TND en bovinos para la puntilla de arroz. Sin embargo, la ecuación de Weiss presenta el valor más elevado con 90.25%

Para porcinos se utilizaron las mismas ecuaciones (2,3, 4 y 13) que se utilizaron para el acemite de trigo y para el grano de maíz amarillo.

La ecuación 3 generó un valor de 3819.20kcal/kg de MS, mientras que la ecuación 13 generó un resultado superior de 4349.08 kcal/kg de MS.

A pesar de que la ecuación 3, comparada con la ecuación 13, posee un valor más bajo, mantiene similitudes con el valor promedio obtenido en la literatura (ver Cuadro 16.b.) que reporta para 3 laboratorios internacionales, un promedio de 3826.00kcal/kg de MS.

Salvadillo de trigo

El Salvadillo de trigo fue una de las materias primas que se le aplicó gran cantidad de ecuaciones (12), debido a que la base de datos de la composición nutricional se lo permitía. Los valores generados para la energía en las diferentes especies animales se encuentra en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Ecuaciones de energía aplicadas a la composición proximal del salvadillo de trigo¹.

Especie	Ecuación	Energía	Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Aves	1	EM _A = Energía metabolizable corregida por nitrógeno (Kcal/Kg MS)	48	1057,94	2500,80	2194,42	325,97
	2	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	26	71,37	82,66	77,19	2,34
	3	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	26	3146,63	3644,47	3403,30	102,96
Porcinos	5	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	103	1955,59	3169,16	2821,18	259,49
	6	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	103	44,35	71,88	63,99	5,89
	7	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	98	1806,07	2930,73	2597,22	242,51
	13	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	39	2811,20	3847,57	3468,05	234,78
Bovinos	8	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	26	71,91	76,68	74,58	1,05
	9	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	26	3170,73	3380,90	3288,25	46,48
	10	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	26	2752,44	2964,71	2871,13	46,94
	12	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	39	2211,51	2740,87	2529,35	134,77
Aves, Bovinos y porcinos	11	EB = Energía Bruta (kcal/kg de MS)	26	4430,92	4784,79	4554,03	80,50

1 = Valores de energía estimados en base seca.

El Cuadro 26 muestra que para la determinación del valor de EM_A en aves utilizada también para determinar el valor de EM_A en el acemite de trigo. Al igual que el acemite, el salvadillo presenta gran variabilidad de datos de EM_A, sin embargo, el promedio de dicha energía estuvo más bajo que el del acemite.

En rumiantes, el valor de TND obtenido con la ecuación 8 fue de 74.58%, mientras que la literatura presenta un valor inferior de 65.67% para 7 laboratorios internacionales (ver Cuadro 18.b.).

Weiss presenta un valor también inferior al valor obtenido con la ecuación 8, pero superior al obtenido en la literatura, con un promedio de 69.04%.

Para porcinos, se obtuvieron valores de ED de 3403.30kcal/kg de MS, 2821.18kcal/kg de MS y 3468.05kcal/kg de MS con las ecuaciones 3, 5 y 13. Las ecuaciones 3 y 13 presentan los valores más parecidos entre sí; no obstante, el valor que más se acerca al promedio que se presenta en la literatura es la ecuación 5, ya que el promedio de 5 valores obtenidos por laboratorios internacionales fue de 2412.2kcal/kg de MS (ver Cuadro 18.b.)

Semolina de arroz

La semolina de arroz, es la materia prima a la que menos ecuaciones de energía se le aplicó, debido a que carece de investigaciones científicas a nivel internacional que presenten modelos matemáticos de estimación de energía para esta materia prima en particular. Sin embargo, se aplicó un total de 6 ecuaciones. Los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 27.

A pesar de que solamente se le aplicó 6 ecuaciones de energía, la semolina de arroz mantiene el número de muestras más elevadas que se obtuvieron para la determinación de energías.

En la determinación de EM_A para aves, presentó el tercer valor más elevado (por debajo del maíz amarillo y de la puntilla de arroz), sin embargo, también presentó la desviación estándar más elevada entre estas tres materias primas.

En comparación con el Cuadro 20b, los valores de la literatura de la semolina de arroz, se encuentran por debajo de los valores de energía estimados para todas las especies y en todas las formas de energía, a excepción del la EM en rumiantes, en donde el valor de la literatura fue mayor que el valor obtenido en las ecuaciones.

Cuadro 27. Ecuaciones de energía aplicadas a la composición proximal de la semolina de arroz¹.

Especie	Ecuación	Energía	Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Aves	26	EM _A = Energía metabolizable corregida por nitrógeno (Kcal/Kg MS)	130	2758,47	3716,12	3394,89	202,37
Porcinos	2	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	99	75,89	98,81	90,40	5,26
	13	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	130	2718,59	3948,91	3558,62	255,35
Bovinos	8	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	106	78,32	88,47	84,43	2,33
	12	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	130	346,83	2487,81	1732,39	424,61
Aves, Bovinos y porcinos	11	EB = Energía Bruta (kcal/kg de MS)	106	4478,56	5352,55	5001,26	169,28

1 = Valores de energía estimados en base seca.

La ecuación 11 genera el valor de EB para todas las especies y para todos los alimentos en estudio, el caso de semolina fue la materia prima que generó más valores (106) entre las 6 materias primas, además fue donde se obtuvo el valor energético en bruto más elevado (5001.26 kcal/kg de MS).

Para bovinos, el TND generado con la ecuación 8, muestra un promedio de 84.43% para 106 valores obtenidos, sin embargo, a pesar de su número elevado de valores, muestra un TND superior en comparación con el promedio elaborado para 9 laboratorios internacionales (71.56%). No obstante, la ecuación de Weiss (1992) muestra un TND (84.52%) muy similar al encontrado en la ecuación 8 (ver Cuadro 20.b.).

En porcinos, la ecuación 13 muestra la ED con un promedio de 3558.62kcal/kg de MS, el cual es inferior al promedio encontrado para 7 laboratorios internacionales (3080.57kcal/kg de MS) (ver Cuadro 20.b.).

IV. D. Análisis que determinan la calidad en las materias primas

Tamaño de partícula

El tamaño de partícula es un análisis difícil de encontrar publicado en las tablas de composición de alimentos a nivel internacional, no obstante, su importancia no se desmerita, puesto que interviene directamente en la calidad del producto, en aspectos como la digestibilidad de un alimento y, por lo tanto, influye en la cantidad de energía que se puede cuantificar en las ecuaciones de estimaciones de energía.

A nivel nacional, el tamaño de partícula no es un análisis incluido en los laboratorios, puesto que es un análisis físico del ingrediente, de los tres laboratorios estudiados, solamente el CINA lo tiene incorporado como un servicio para evaluar la calidad de las muestras. El laboratorio de análisis de concentrados de la Dos Pinos ni tampoco el laboratorio de alimentos de PIPASA, manejan este tipo de análisis; labor que queda en manos de las bodegas de almacenamiento, que evalúan el material en forma de densidad, de donde se obtiene una relación entre peso y volumen.

El análisis de tamaño de partícula realizado por el CINA se realiza mediante el tamizaje de la muestra, para determinar mediante la retención de alimentos en las mallas, cuál es el tamaño de partícula promedio del alimento.

A pesar de ser un análisis ofrecido por el CINA, éste no es muy solicitado por el cliente, por lo que los valores generados son muy pocos a través de los años. Estos valores se presentan en el Cuadro 29.

Cuadro 29. Análisis Descriptivo Estadístico del tamaño de partícula en las materias primas.

	Nº	Unidades	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Maíz amarillo	8	µm	251	513	343	92
Puntilla de Arroz	0	µm	0	0	0,00	00
Semolina de Arroz	8	µm	302	398	348	38
Acemite de Trigo	8	µm	251	513	344	92
Harina de Soya	4	µm	465	613	538	61
Salvadillo de Trigo	10	µm	262	832	659	164

En el Cuadro anterior, queda demostrado que no es un análisis que se le brinda la importancia que merece, puesto que el material que obtuvo la mayor cantidad de datos registrados fue el salvadillo de trigo con 10, en tanto que el material que nunca se le ha realizado un análisis es la puntilla de arroz.

El maíz amarillo, la semolina de arroz y el acemite de trigo presentan 8 valores generados a través de los años en el CINA.

De las cinco materias primas expuestas que presentan valores promedios, el valor más elevado lo obtuvo el salvadillo de trigo con 659µm, en tanto que los valores más bajos han sido determinados para el maíz amarillo y el acemite de trigo con 344µm, seguido de la semolina de arroz con 348µm.

A pesar de mantener el número más elevado de muestras entre las cinco materias primas, el salvadillo de trigo también mantiene el número más elevado de desviación estándar con 164µm, además que obtiene los valores extremos más alejados con 262µm para el valor mínimo y 832µm para el valor máximo (a excepción del valor mínimo del maíz y del acemite con 251µm).

Aflatoxinas en los alimentos

Como planteó Gimeno A. (2005), Salvador F. et al. (sin año), Caballero J. et al. (2001), Perusia O. et al (2001) y Mazzani C. et al. (2000) en la revisión de literatura, el contenido de aflatoxinas de un alimento variará dependiendo de muchos factores relacionados con el ambiente en donde se

almacenan los ingredientes; si no se mantienen las medidas de precaución respectivas para el manejo de las materias primas dentro de las condiciones de almacenaje, podrá traer consecuencias negativas para la economía de muchas empresas.

Contrario a lo que plantea Gimeno A (2005) en la caracterización del sustrato de preferencia para las contaminaciones fúngicas y la presencia de aflatoxinas, la semolina de arroz también registró presencia fúngica, seguido de la harina de soya. Esta información puede observarse en el Cuadro 30.

Cuadro 30. Análisis Descriptivo Estadístico de Aflatoxinas en las materias primas.

	Unidades	Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Maíz amarillo	ppm	652	0	110	1,99	7,48
Puntilla de Arroz	ppm	3	2	7	4,67	2,52
Semolina de Arroz	ppm	38	0	40	4,79	8,09
Acemite de Trigo	ppm	3	1	3	1,67	1,15
Harina de Soya	ppm	21	0	5	1,71	1,59
Salvadillo de Trigo	ppm	5	0	8	3,20	4,38

Como la presencia de aflatoxinas no depende directamente de la composición nutricional, ni es estable para una materia prima, lo importante de destacar en el análisis descriptivo estadístico son los valores máximos y mínimos determinados para cada ingrediente, a manera de reseña de la presencia de aflatoxinas en las materias primas a nivel nacional.

Para el caso de maíz amarillo se ha documentado en los análisis para la presencia de aflatoxinas, desde ausencia de las mismas hasta 110ppm; no obstante, si se observa el promedio y la desviación estándar, se denota que la mayor cantidad de análisis realizados dieron 0ppm o valores bajos en cuanto a la presencia de aflatoxinas, debido a que el promedio es muy bajo (1,99ppm). A pesar de esto, el grano de maíz amarillo fue la materia prima que más se ha evaluado en aspectos de aflatoxinas, debido a su gran incidencia en otros países y a la extensa documentación a nivel

internacional, Gimeno (2005), Salvador et al. (sin año), Caballero et al. (2001), Perusia et al (2001) y Mazzani et al. (2000).

Las demás materias primas también han sido evaluadas por el laboratorio microbiológico del CINA, encontrando en 38 muestras analizadas de semolina, valores que oscilan entre 0ppm y 40ppm. El promedio (4,79ppm), junto con la desviación estándar (8,09ppm), indican que al igual que en el caso de maíz amarillo, la mayoría de resultados obtenidos han sido de 0ppm o de valores muy bajos.

La puntilla de arroz, como el acemite de trigo, son materias primas que no se han sometido al análisis de presencia de aflatoxinas, puesto que solo registran a través de los años un total de 3 muestras analizadas con valores máximos y mínimos bajos.

Aunque todas las materias primas, por más pocos análisis realizados, muestren presencias de aflatoxinas, su efecto perjudicial en la composición de los alimentos y en la salud de los animales dependerá de la concentración de las mismas, y de los valores tolerables de cada una de las especies de producción en donde no se han encontrado efectos dañinos significativos.

Solubilidad en KOH para la determinación de la calidad de la proteína de la harina de Soya

El CINA y el laboratorio de alimentos de PIPASA, mantienen análisis de la solubilidad en KOH para la determinación de la calidad de la proteína presente en la harina de soya. Esta información se aprecia en el Cuadro 31.

Cuadro 31. Análisis Estadístico Descriptivo de la solubilidad en KOH para la harina de Soya.

	Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Harina de Soya	231	63	97	86	5

La harina de soya descascarillada, extraída por solvente, ha sido sometida a una cantidad de procesos de industrialización que afecta la calidad de la misma.

Aunque se piense que la extracción del aceite al frijol de soya es la actividad comercial más importante, la realidad es otra, pues es la obtención de la harina de soya para consumo animal el producto más importante de este proceso por sus altos volúmenes de producción y comercialización.

Por lo que el proceso de elaboración requiere adecuados controles en las temperaturas del procesamiento del frijol de soya con el fin de obtener harinas de adecuado valor proteico para consumo animal.

Campabadal et al. (1997), Campabadal (sin año) y Dudley-Cash W. (2002), destacan la importancia de determinar la calidad de la proteína mediante la prueba de control de la solubilidad en KOH, y recomiendan valores que se encuentren dentro del rango de 75-85%.

Si se compara este parámetro brindado por los autores, con la información obtenida a nivel nacional, se pone de manifiesto que la solubilidad de la proteína de la harina en KOH tiene como promedio 86%, lo que demuestra que se han ofrecido harinas de soya con excelentes valores de proteína, y lo que es mejor, de buena calidad para el consumo animal.

Sin embargo, con 231 muestras en la base de datos, también se han registrado proteínas con niveles bajos (62.8%), lo que manifiesta que el procesamiento para la obtención de dicha harina no ha sido el más adecuado para mantener la calidad de la proteína, ya sea por un sobrecalentamiento de la materia prima u otro mecanismo mal empleado en las fábricas de procesamiento.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Información descriptiva de las muestras

El CINA ha implementado un sistema de identificación de muestras basado en un conjunto de descriptores que se almacenan de forma numérica, con el fin de facilitar el manejo de la información y dar trazabilidad a un alimento en particular.

No obstante, este conjunto de descriptores mostrados en la Figura 3, no han sido implementados por otros laboratorios a nivel nacional, lo que perjudica el traspaso de información entre bases de datos, ya que éstos incluyen, dentro de la información descriptiva de la muestra, únicamente la fecha en que se registró la muestra y el proveedor que la suministró.

Por lo tanto, para homogenizar la información de diferentes laboratorios, se tiene que recurrir a la deducción de la información, o a la comunicación personal con el proveedor, para completar la información descriptiva. Esto crea la necesidad de implementar un sistema de clasificación de la información descriptiva estándar, que sea aplicable para todos los laboratorios de alimentos a nivel nacional y que esté a disposición en forma digital.

Utilización de programas de cómputo para el manejo de las bases de datos

Si bien es cierto la base de datos del CINA está en forma digital, bajo el formato del Software Visual Fox Pro Versión 5.0, el manejo de la información es difícil de realizar, puesto que dicho Software es un manejador de datos que requiere del desarrollo de programación para realizar funciones de inclusión, actualización o depuración de datos, es un programa poco versátil para mostrar datos y poder generar análisis estadísticos, por lo que se tiene que recurrir a otro Software llamado SPSS Versión 8.0.

Este Software es destinado a realizar funciones estadísticas, sin embargo, como la base de datos del CINA se encuentra en otro formato, se necesita estar transformando la información para ser utilizada en uno u otro programa, lo que resulta un proceso complicado y tedioso para el manejo de los datos.

Aparte de lo anterior, la base de datos está fragmentada en cinco tablas ubicadas en documentos diferentes: análisis proximal, análisis microbiológico, análisis de minerales, análisis de energía y análisis de ácidos grasos libres (ver figura 4). Lo que dificulta aún más el proceso de integración y manipulación de la información.

Por lo tanto, se necesita la compra de un Software específico para bases de datos, que permita englobar en una sola base todos los análisis realizados por el CINA, que a su vez permita los procesos de inclusión, depuración, mantenimiento, etc., y que además pueda generar análisis estadísticos con formas de representación gráfica adecuada para la comprensión de la información almacenada.

Análisis realizados a las materias primas

Como se discutió en el capítulo anterior de resultados y discusión, a nivel internacional, los laboratorios se rigen por nutrientes cada vez más específicos, que si bien es cierto fueron generados del análisis proximal, son mucho más precisos que éste.

Para actualizar los laboratorios nacionales, se deben implementar nuevos conceptos de fracciones analizadas en la composición nutricional de los alimentos, sin dejar de lado la evaluación proximal, pero basándose en nutrientes más específicos como: las determinaciones de fibra detergente neutra y ácida, y lignina; no sólo para forrajes, sino que implementarlos en las materias primas para la elaboración de concentrados. Además del análisis de otros nutrientes como celulosa bruta,

hemicelulosa, azúcares, almidón, perfil de ácidos grasos, proteína digestible, perfil de aminoácidos, entre otros.

Si se logra la implementación de estos nuevos métodos analíticos para la cuantificación de nutrientes, también se podrá hacer uso de ecuaciones de energía publicadas más recientemente, y más precisas en sus diferentes fraccionamientos. La energía se concluirá más adelante.

Comportamiento estadístico de los nutrientes

Los resultados y la discusión generada a partir del número de muestras en cada nutriente y el comportamiento de los valores llevaron a la conclusión de que, conforme se aumenta la cantidad de muestras analizadas por cada nutriente, la distribución de los valores tienden a formar una curva de Gauss. Sin embargo, la variabilidad de los datos no permite asegurar con certeza que todos los nutrientes mantienen ese comportamiento. Esto debido a que desconoce la población total para cada nutriente.

Si el número de datos de una variable dada es sólo una muestra pequeña de una población grande, la distribución de frecuencias no representa correctamente la población entera, y más bien lo que genera en un gráfico es un polígono de frecuencias, en donde se muestra una completa asimetría como una mala representación de la distribución completa de los datos de la población, lo que resta confiabilidad a los valores ofrecidos sobre la composición nutricional de las materias primas.

La estadística descriptiva utilizada (promedio, desviación estándar, valores máximo y mínimo, y número de datos) es lo suficientemente explicativa para considerar confiables los valores nutricionales ofrecidos para un ingrediente dado.

Análisis Proximal y Mineral de las materias primas

Los análisis realizados para cada materia prima dependen principalmente de la demanda del cliente, el cual busca intereses personales con el conocimiento de ciertos nutrientes, esto representa lo opuesto a lo que buscan los intereses investigativos, que son generar la mayor homogeneidad entre nutrientes analizados para tener muestras que han sido analizadas completamente con el fin de generar información valiosa para el sector. Por lo que es difícil mantener un número constante entre los análisis realizados a cada nutriente para las materias primas en estudio, y de ahí la variación del número de muestras. Sin embargo, se puede hacer uso de las bases de datos, para obtener información que ayuden a mejorar los sistemas de análisis que se han realizado hasta ahora.

La información obtenida para todas las materias primas en general, cuando se compara con información publicada en tablas internacionales, no se encuentran diferencias ni en la composición del análisis proximal, ni en la composición del análisis mineral, lo que demuestra que las composiciones nutricionales son estables a grandes rasgos entre materias primas provenientes de diferentes zonas, no obstante la semolina de arroz fue el ingrediente que presentó algunas diferencias principalmente en la composición mineral respecto a la literatura.

Para todos los alimentos estudiados, el número de muestras almacenadas de la composición mineral, en relación con la composición proximal, fue demasiado baja como para generar análisis estadísticos confiables. Por lo que se debe tratar de incrementar el número de muestras analizadas para los minerales de todas las materias primas en general.

Para el grano de maíz amarillo, el número de valores para la humedad es elevado, sin embargo, la cantidad de muestras para los otros nutrientes son muy bajas, por ejemplo, para la PC que es el segundo nutriente más analizado, representa menos de la mitad de los análisis que se han

contabilizado para la H; lo que demuestra que la mayor preocupación de los nutricionistas en relación al maíz amarillo no es su composición nutricional, sino es la cantidad de aflatoxinas que éste presenta, pues se han analizado conjuntamente un total de 652 análisis.

Los subproductos de arroz son los más variables en comparación con las composiciones nutricionales expuestas en la literatura, y es que, al igual que cualquier otro subproducto, su variabilidad se debe a diferencias en la variedad de arroz utilizada, diferencias en las metodologías de análisis de laboratorio presentadas entre los nacionales y los internacionales, diferentes números de muestras por nutriente para cada tabla publicada (en la mayoría de los casos se desconoce), factores ambientales y de manipulación en el momento de la siembra, recolección, procesamiento y almacenamiento, contaminación con diferentes partículas como las adulterantes, entre muchos otros factores que intervienen directamente en la composición de un subproducto.

Además de que se debe de hacer un mejor uso de la clasificación internacional de alimentos, pues la variación en los conceptos para definir la misma materia prima es muy alta, aunque se trate de palabras provenientes del mismo idioma, como por ejemplo en España es común llamar a la semolina de arroz como cilindro de arroz, esto dificulta la búsqueda de la información de composiciones nutricionales a nivel internacional; aún más, la situación se agrava cuando se comparan conceptos que provienen de diferentes idiomas.

La semolina de arroz presentó la mayor variabilidad en general, y en relación con todos los ingredientes y a las composiciones de semolina presentadas en las tablas internacionales fue el menos estable. Este efecto se presentó aunque mantuvo una gran cantidad de muestras analizadas en sus nutrientes, y los valores de los mismos se distribuían uniformemente alrededor del promedio.

El acemite de trigo fue el que presentó un cantidad de muestras más homogéneas entre nutrientes sobre las otras materias primas, sin embargo, su comportamiento nutricional fue similar a las presentadas en la literatura, a pesar de que la FC fue el nutriente que presentó la mayor variación entre todos los nutrientes de todas las materias primas.

El Salvadillo se mantuvo dentro de los parámetros establecidos por la literatura, tanto a nivel proximal como a nivel mineral.

La harina de soya fue la materia prima más analizada en humedad y en proteína, con 2849 y 2740 respectivamente. También su comportamiento nutricional estuvo dentro de los valores esperados ofrecidos por la literatura. A excepción del hierro, que fue el nutriente menos estable en su composición nutricional, el cual fue subvalorado en el promedio obtenido de las base de datos del CINA en comparación con las tablas internacionales. Sin embargo, este efecto de la variabilidad también fue documentado en la literatura.

Análisis de la energía en las materias primas

Las ecuaciones de energía que se utilizan actualmente a nivel internacional presentan variables muy específicas de las cuales ninguno de los tres laboratorios ha implementado dentro de su rutina de análisis, por lo que no se pudo hacer uso de las mismas, obligando a recurrir a ecuaciones de energía menos actualizadas para generar los valores.

Sin embargo, existe una ecuación que estima valores de TND, presentada por Weiss (1992), que eventualmente podría ser utilizada en los laboratorios nacionales si se implementan análisis para la determinación de FDN, FDA y lignina. Este valor del TND corrigió deficiencias de modelos de TND

anteriores y se presenta como una herramienta versátil para ser utilizada en diferentes alimentos consumo animal.

Se recolectaron en la literatura, modelos matemáticos para predecir los contenidos de energía, que mantiene una dependencia con los valores del análisis proximal, y con otros modelos matemáticos. Por ejemplo, la ecuación 8 genera TND en bovinos y a partir de ésta se estima la ecuación 9 y 10, de donde se obtiene la ED y la EM respectivamente.

La ecuación que generó los valores de energía que presentaron la mayor variación, entre todas la ecuaciones de energía, fue la ecuación que presentó un único nutriente como variable (ecuación 5) y las ecuaciones que se generaron a partir de ésta (ecuación 6 y 7). En cambio, las que presentaron menos variación fueron las que calculaban la energía con más de una variable.

En general, las ecuaciones que presentan menor variación entre sus datos, también presentan menor cantidad de valores de energía estimados; debido a que, conforme las ecuaciones que presentan menor variación van tomando composiciones nutricionales completas por cada una de las muestras, la probabilidad de encontrar muestras de éste tipo va disminuyendo, lo que provoca que solo unos pocos valores de energía puedan ser estimados a partir de ecuaciones que mantiene diversos nutrientes como variables. De ahí la importancia de incrementar los análisis realizados para cada muestra que se registra en el CINA.

Las ecuaciones utilizadas para estimar los contenidos de energía metabolizable aparente en aves tomados de WPSA (1983), son específicas para cada materia prima. En general, para todos los ingredientes evaluados, estas ecuaciones presentaron valores mucho mas elevados en la estimación de las composiciones energéticas con relación a la literatura.

Para porcinos, las estimaciones de energía a partir de la ecuación 13 fueron mayores con respecto a otras ecuaciones de ED en cerdos y a la información de la literatura. Específicamente, para el acemite de trigo se estimaron ED a partir de tres ecuaciones diferentes: ec. 13. con 3665.22kcal/kg de MS, ec. 3. con 3553.21Kcal/Kg de MS, y la ec. 5. con 2850.29kcal/kg de MS, en donde se demuestra que la energía proveniente de la ecuación 5 es la más baja; no obstante, fue la ecuación que generó resultados más parecidos a la literatura (2698.40kcal/kg de MS).

Otra materia prima que se aplicó la ecuación 13 fue la harina de soya, en donde nuevamente esta ecuación fue superior a su similar (ec. 16.), ya que se obtuvieron resultados de 4536.09 y 3565.77kcal/kg de MS respectivamente. La ecuación que más tuvo similitud con la literatura fue la ecuación 16. En maíz, tanto la ecuación 13 como la ecuación 3 fueron superiores a la literatura.

En el caso de la puntilla, se utilizó tanto la ecuación 3 como 13; la primera fue la que acercó más al valor reportado por la literatura. De la misma forma, la ecuación 13 (3558.62kcal/kg de MS) fue superior a lo reportado en la literatura de la semolina (3080.57kcal/kg de MS).

Para el Salvadillo se aplicaron tres ecuaciones: 3, 13 y 5. En donde las más similares entre sí fueron las ecuaciones 3 y 13 con valores de 3403.30 y 3468.05 kcal/kg de MS respectivamente, y ambas superaron al valor de la ecuación 5 (2821.18kcal/kg de MS). Sin embargo, la ecuación 5 fue la que se mostró más próxima al promedio reportado en la literatura (2412.2kcal/kg de MS).

En bovinos, la ecuación 8 se utilizó para la estimación de TND de tres materias primas diferentes. El acemite de trigo, para el cual el valor obtenido (76.04%), fue similar al valor reportado en la literatura (76.33%) y fue similar también al valor obtenido con la ecuación 27 (75.87%), de Weiss (1992). Para el salvadillo el valor obtenido con la ecuación 8 (74.58%) fue superior al valor de la literatura (65.67%) y al valor de la ec. 27; sin embargo, este último fue el que más se acercó al valor

obtenido (69.04%). En la semolina, el valor obtenido con la ec. 8 fue de 84.43%, el cual fue mayor al que presenta la literatura (71.56%), y fue también muy similar al valor que se obtuvo con la ec. de Weiss (1992) (84.82%).

La ecuación 18, se utilizó para estimar el valor de TND en bovinos de la harina de soya (85.73%), el cual dio un valor muy similar al obtenido con la ec. 27 (81.34%), y ambos son mayores al valor obtenido de la literatura (79.90%).

Para maíz se utilizó la ec. 22 en donde se obtuvo un valor de 81.83%, el cual fue similar al valor de la literatura (80.93), pero inferior al valor obtenido de la ec. 27, de Weiss (1992) que fue de 88.68%.

Este comportamiento con el maíz fue similar con la puntilla, en donde el valor obtenido fue de 81.22%, el de la literatura fue de 78.50% y el obtenido en la ec.27 fue de 90.25%.

Análisis de los parámetros de calidad para las materias primas

En relación con el tamaño de partícula de los alimentos, no fueron encontrados valores en la literatura. En el CINA, no es un análisis muy solicitado por los clientes; sin embargo, Weiss W. (1992) destaca su importancia en la digestibilidad de los nutrientes y en la estimación de energía.

Por lo que es de importancia implementar este análisis como parámetro de calidad en forma más frecuente, con el fin de contar con un conjunto de valores más representativos, de los cuales se puedan desarrollar análisis estadísticos descriptivos con número de muestras elevadas.

El salvadillo de trigo fue el material que más se sometió a análisis del tamaño de partícula con 10 análisis registrados y fue el que presentó la mayor dispersión de los datos, en tanto que la puntilla, es una materia prima que nunca ha sido sometida a este tipo de prueba.

El maíz amarillo y el acemite de trigo presentan el mismo análisis estadístico para 8 muestras analizadas cada uno, por lo que la característica física como el volumen es similar.

Para la determinación de aflatoxinas, lo importante de destacar cuáles son los rangos de valores, a manera de ilustración, de cuál ha sido la oscilación de las concentraciones de aflatoxinas en los alimentos utilizados en Costa Rica.

El grano de maíz amarillo es el que más se ha sometido a este análisis para un total de 652 datos generados y presenta el rango más amplio de valores.

Aunque todas las materias primas presenten alguna incidencia de aflatoxinas, su efecto perjudicial en la composición de alimentos y en la salud de los animales dependerá de la concentración de las mismas, y de los valores tolerables por las especies de producción en donde no se han identificado efectos dañinos. Por lo que se hace indispensable, contar con esta metodología de análisis, en forma rutinaria, aplicada al grano de maíz amarillo y otros ingredientes que se han establecido como sustratos apetecibles para la proliferación de hongos y la presencia de aflatoxinas.

En lo que respecta a la solubilidad en KOH, se han encontrado un total de 231 datos entre el CINA y PIPASA, todos obtenidos para la proteína de soya. Los análisis de la PC realizados a la harina de soya son 2740, lo que indica que la solubilidad en KOH no es muy común realizarla en los laboratorios. Por lo tanto, si se quiere tener un conocimiento de calidad y no de cantidad de proteína de soya, se deben implementar análisis continuamente para determinar posibles valores bajos, como el valor mínimo obtenido para los 231 análisis que fue de 62.8%, que muestra malos procesamientos para la obtención de la harina. Sin embargo, el promedio obtenido fue de 86%, colocándose 1% por encima de los recomendado en la literatura (75-85%). En forma general, se deberá considerar como obligatorio acompañar el análisis de KOH con la PC en la harina de soya.

LITERATURA CITADA

- Achio C. 1979. *Tesis: Efecto de la combinación de diferentes niveles de harina de soya, harina de pescado y frijol gandul sobre el rendimiento de animales de laboratorio.* Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Zootecnia.
- Aldeman G. 1985. *Prediction of the Energy Value of Compound Feeds.* Bulletin Frontiers in Nutrition. Nº2. Ministry of Agriculture, Fishers and Food (MAFF), Agricultural Development and Advisory Services (ADAS), United Kingdom.
- Araya A. 1978. *Tesis: Efecto de la sustitución progresiva de la harina de soya (Glicine max) por harina de frijol gandul (cajanus cajan) sobre el rendimiento en animales de laboratorio.* Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Zootecnia.
- Araya M. 2002. *Tesis: Valor nutritivo de los Subproductos de la Industrialización del Trigo, Arroz y Pan de Devolución Utilizados en la Alimentación del Ganado Lechero en Costa Rica.* Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Zootecnia.
- AAFCO. 2003. *Official Publication Association of American Feed Control Officials Incorporated.* Association of American Feed Control Officials. United States of America.
- Britzman D. 2000. *Soybean meal an excellent protein source for poultry feeds.* Asociación Americana de Soya. A.S.A. Bélgica.
- Berger L. 1995. *Why do we need a new NRC data base?.* Animal Feed Science and Technology. Vol. 53. Pág.: 99-107.
- Bressani R. 1992. *Efecto del procesamiento sobre el valor nutritivo de alimentos para nutrición animal.* Memorias del I Congreso Centroamericano y Latinoamericano de Fabricantes de alimentos balanceados. Asociación Americana de Soya. Guatemala.
- Bressani R., Fuentes A. 1992. *El potencial del maíz de alto valor nutritivo en producción animal.* Memorias del I Congreso Centroamericano y Latinoamericano de Fabricantes de alimentos balanceados. Asociación Americana de Soya. Guatemala.
- Caballero J., Arbaiza T. y Lucas O. 2001. *Niveles críticos de aflatoxinas en muestras de maíz para consumo animal en lima metropolitana.* Revista Investigaciones Veterinarias de Perú. Volumen 12. Núm. 1
- Caballero W. 1975. *Introducción a la estadística.* Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. 287p.
- Campabadal C. Sin año. *Alimentación de caballos en condiciones tropicales.* Asociación Americana de Soya. A.S.A. México.
- Campabadal C. 1993. *El valor nutritivo y utilización de subproductos agroindustriales para la alimentación aviar.* Asociación Americana de Soya. A.S.A. México A.N. Nº 150.
- Campabadal C., Murillo M. 1995. *Efectos de la adulteración de la semolina de arroz con carbonato de calcio en la alimentación de pollos de engorde.* Agronomía Costarricense. Volumen 9. Nº 1. Pág.: 21-27.

- Campabadal C., Navarro H. 1996. *Clasificación de los ingredientes utilizados en la elaboración de alimentos balanceados para animales*. Asociación Americana de Soya. A.S.A. México A.N. N° 150.
- Campabadal C., Navarro H. 1997. *Sistemas de alimentación para pollos de engorde*. Asociación Americana de Soya. A.S.A. México.
- Campabadal C., Navarro H. 2001. *Alimentación de los cerdos en condiciones tropicales*. 2 Edición. Asociación Americana de Soya. A.S.A. México.
- Chandler P. 1999. *Effects of Manufacturing on Chemical Composition of Plant By-Products*. Tri-State Dairy Nutrition Conference. Ohio State, USA.
- Cheeke P. 1999. *Applied Animal Nutrition. Feed and Feeding*. 2^{da} Edition. Editorial Prentice – Hall. United States of America.
- Dairy One. 1996. *New Energy Equation*. Bulletin N°22. Forage Laboratory.
- Dale N., Batal A. 2006. *Feedstuffs ingredient analysis table: 2006 edition*. University of Georgia, Athens, USA.
- Doorenbos J., Rijnen M., Van Laar H., Flores A. 2004. *Valoración Nutritiva de Materias Primas en los Países Bajos*. FEEDNA. Barcelona.
- Dudley-Cash W. 2002. *Soybean meal quality*. Asociación Americana de Soya. ASA. Bélgica.
- FEEDNA. 2003. *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos*. 2^a edición. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España.
- Flachowsky G. y Kirchgessner M. 1998. *The energetic feed evaluation in Germany*. Archives of Animal Nutrition. Vol. 51. 111-125p.
- Fonnesbeck P., Wardeh M. y Harris L. 1984. *Mathematical models for estimating energy and protein utilization of feedstuffs*. Utah. Bulletin 508. State University Logan, USA.
- Gaggiotti O., Bruno O., Comerun Z., Quaino O. 1996. *Tablas de Composición Química de Alimentos*. INTA. Producción Bovina de Carne. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba. Argentina.
- Gimeno A. 2005. *Los Hongos y las Micotoxinas en la Alimentación Animal; Conceptos, Problemas, Control y Recomendaciones*. Miami Florida, USA. In: <http://www.engormix.com/>
- Gizzi G., Givens D. Sin año. *Variability in feed composition and its impact on animal production*. Consultado el 15 de marzo del 2006. IN:<http://www.fao.org/agrippa/publications/ToC4.htmTopOfPage>.
- Gómez M. 1985. *Elementos de estadística descriptiva*. Universidad Estatal a Distancia. Editorial UNED. San José, Costa Rica. 442p

- Harris L.; Jager F.; Leche T.; Mayr H.; Neese y kearl L. 1980. *International feed descriptions, international feed names, and country feed names*. 1^{er} Edición. International Network of Feed Information Center Publication. INFIC.
- Lalman D., Richards C. 2006. *Oklahoma State University Feed Commodity Bulletin. Nutrients Composition Table*. Oklahoma Board of Regents for A&M Colleges. Oklahoma, USA.
- Loy D. 1998. *Alimentos Alternativos y su valor*. Convenio Ohio State – U.N.R.C. Córdoba, Argentina.
- Madrigal L. 1982. *Tesis: Efecto de la adulteración de la semolina con cascarilla de arroz en dietas para iniciación de aves de postura*. Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía. Escuela de Zootecnia.
- Marshall J. 1978. *Animal Feeding and Nutrition*. 4ta edición. Editorial Kendall/Hunt Publishing Company. EUA.
- Martin M. 2002. *Tendencias futuras en la producción de piensos compuestos en Europa*. XVIII Curso de especialización FEDNA. Barcelona, España.
- Mata L. 1997. *Un sistema basado en conocimiento para la clasificación de las materias primas utilizadas en la elaboración de alimentos para animales en Costa Rica*. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Mateos G., Lázaro R. 2002. *Soya integral en la alimentación porcina*. Asociación Americana de Soya. ASA. Madrid, España. In: <http://www.asa-europe.org>
- Mazzani C., Borges O., Luzón O., Barrietos V. y Quijada P. 2000. *Fusarium moniliforme, fumonisinas y Aspergillus flavus en granos de híbridos de maíz en el Estado Guárico, Venezuela*. Revista Facultad de Agronomía (LUZ). Vol 17. Venezuela.
- Mishek P. 2002. *Acquiring Quality Soybean meal*. Asociación Americana de Soya. A.S.A. Estados Unidos.
- Mora I. 1992. *Nutrición animal*. 1 era edición. Universidad Estatal a Distancia. Editorial UNED. San José, Costa Rica.
- Moya L. 2002. *Introducción a la estadística de la salud*. Universidad de Costa Rica. Editorial UCR. San José, Costa Rica. 330p.
- Navarro H., Forat M., Casarín A., López C. y Miles R. 1995. *Utilización de niveles máximos de inclusión de soya integral en dietas para pollos de engorde*. Asociación Americana de Soya. A.S.A. México.
- Navas R. 1987. *Tesis: Utilización de la semolina de arroz en la alimentación de cerdas gestantes*. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Zootecnia.
- Noblet J. y Henry Y. 1993. *Energy Evaluation Systems for pigs diets: a review*. Livestock Production Science. Vol. 36. N° 2. 121-141p.
- North M. 1986. *Manual de producción avícola*. 3ra edición. Editorial El Manual Moderno. México.

- Novus. 1994. *Raw Material Compendium. A compilation of worldwide data sources*. 2 da edición.
- Novus. 2001. *Raw Material Compendium. A compilation of worldwide data sources*.
- NRC. 1982. National Research Council. *United States-Canadian Tables of Feed Composition: Nutritional data for United States and Canadian Feeds*. 3ª Edición. National Academy Press. Washington, E.U.A.
- NRC. 1994. National Research Council. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th Edition, National Academy of Sciences. Washington, E.U.A.
- NRC. 1996. National Research Council. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th Edition, National Academy of Sciences. Washington, E.U.A.
- NRC. 1998. National Research Council. *Nutrient Requirements of Swine*. 10th Edition, National Academy of Sciences. Washington, E.U.A.
- NRC. 2001. National Research Council. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th Edición, National Academy of Sciences. Washington, E.U.A.
- Orskov E., Ryle M. 1990. *Energy Nutrition in Ruminants*. 1^{er} Edition. Editorial Elsevier Science Publishers. New York. USA.
- Paliwal R., Granados G., Lafitte H., Violic A. 2001. *El maíz en los Trópicos: Mejoramiento y Producción*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Italia. IN: Depósito de documentos de la FAO.
- Perry T., Cullison A., Lowrey R. 1999. *Feeds and Feeding*. 5th Edition. Editorial Prentice – Hall. United States of America.
- Perusia O., Rodríguez R. 2001. *Micotoxicosis*. Revista de Investigaciones Veterinarias de Perú. Vol.12. No 2.
- Pirgozliev V. y Rose S. 1999. *Net Energy Systems for poultry feeds*. World's Poultry Science Association (W.P.S.A.). Vol. 55. N°1.
- Preston L. 2005. *Feed Composition Tables*. Land'O Lakes Purina Mills. IN: http://beef-mag.com/beef_feed_composition_tables/index.html.
- Quintana C. 1993. *Elementos de Inferencia Estadística*. Universidad de Costa Rica. Editorial UCR. San José, Costa Rica. 220p.
- Salvador F, Díaz L. Sin año. *Micotoxinas en la alimentación animal*. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. México
- Sauvant D., Perez J., Tran G. 2002. *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. Association Française de Zootechnie. INRA editions. Paris, Francia.

- Schenkel H. 1998. *Methods for determination of energetic feed value-scientific base and practical experience*. Archives of Animal Nutrition. Vol. 51. 155-163p.
- Shimada A. 1983. *Fundamentos de nutrición comparativa*. 1era edición. Editorial Copi-Graf. Mexico.
- Solano J. 1987. *Tesis: Evaluación del efecto biológico y económico de dos subproductos de trigo (acemite y salvadillo) en la alimentación de cerdos en la etapa de desarrollo*. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica.
- Stauffer C. 2002. *La proteína de Soya en el Horneado*. Asociación Americana de Soya. ASA. Ohio, EUA.
- Stanton T., Le Valley S. 2006. *Feed Composition for Cattle and sheep*. Management: Livestocks Series. Cooperative Extension. Colorado State University. Colorado, USA.
- Swick, R. 1999. *Inter-laboratory Comparison of Soybean Meal Assays*. American Soybean Association. ASA. Singapore.
- Swick, R. 2001. *An update on soybean meal quality considerations*. American Soybean Association. ASA. Singapore.
- Swick, R. 2003. *Assessing the Value and Quality of Soybean Meal*. American Soybean Association. ASA. Singapore.
- Tran G., Lapierre O. 1997. *The French Feed Database: A National Network for Collecting and Disseminating data about Feedstuff composition and nutritive value*. First European Conference for Information Technology in Agriculture, Copenhagen . IN: <http://www.inapg.inra.fr/dsa/iobdaa/iobdaa.htm>.
- Vargas E., Murillo M. 1978. *Composición química de subproductos de trigo y arroz y de granos de maíz y sorgo utilizados en Costa Rica*. Agronomía Costarricense. Volumen 2. Nº1. Pág.: 9-15.
- Vargas E. 1984. *Tabla de Composición de Alimentos para animales de Costa Rica*. 1ª Edición. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Vargas E. 1992. *Variabilidad en la composición de ingredientes y alimentos balanceados. Su efecto sobre el rendimiento y control*. Memorias del I Congreso Centroamericano y Latinoamericano de Fabricantes de alimentos balanceados. Asociación Americana de Soya. Guatemala.
- Vargas E. 1995. *El valor nutritivo de los subproductos del arroz en Costa Rica. Composición Química, disponibilidad y uso*. Serie Técnica: Nutrición Animal Tropical. Centro de Investigación en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica.
- Vermorel M. y Coulon J. 1998. *Comparison of the Nacional Research Council Energy System for Lactating Cows with Tour European Systems*. Journal of Dairy Science. Vol. 81. 846-855p.
- Wattiaux M. 2002. *Composición y Análisis de Alimentos*. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. EUA. En: <http://www.babcock.wisc.edu/downloads/de/02.es.pdf>.

- Weiss W., Conrad H. y Pierre N. 1992. *A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates*. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 39. 95-110p.
- Weiss W. 1998. *Estimating the Available Energy Content of Feeds for Dairy Cattle*. *Journal of Dairy Science*. Vol 81. 830-839p.
- Wiseman J. y Cole D. 1979. *Energy evaluation of cereals for pigs diets*. *Recent Advance in Animal Nutrition*. 51-57. University of Nottingham School of Argiculture. 51-57p.
- WPSA. 1983. *European Table of energy values for poultry feedstuffs*. World`s Poultry Science Association.
- WPSA. 1989. *European Table of energy values for poultry feedstuffs*. World`s Poultry Science Association.

ANEXOS

Figura 1. Disposición de la energía en el animal desde la Energía Bruta hasta la Energía Neta.

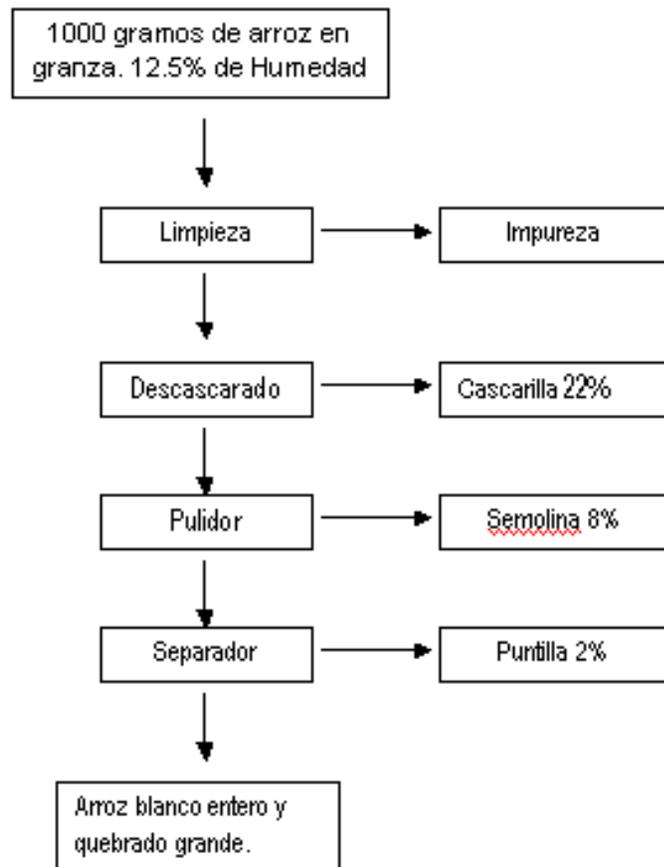


Figura 2. Rendimiento promedio de la molienda del arroz en Costa Rica, Vargas (1995).

Proxmi - Microsoft Visual FoxPro

Archivo Edición Ver Herramientas Programa Tabla Ventana Ayuda

Cifra_10	Cifra_11	Nombre	Fecha	Hum	Mat_seca	Cenizas	Fi_cruda	Ext_etereo	E_I_n	Pro
20	-1	pollinaza cama cascarilla arroz	04/22/04	22.60	77.40	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	79.80	20.20	0.00	0.0000	0.790	0.00	0.60
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	75.70	24.30	0.00	0.0000	0.970	0.00	0.90
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	77.80	22.20	0.00	0.0000	0.910	0.00	0.90
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	76.40	23.60	0.00	0.0000	0.970	0.00	0.90
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	80.10	19.90	0.00	0.0000	0.800	0.00	0.70
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	74.70	25.30	0.00	0.0000	2.600	0.00	0.40
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	77.50	22.50	0.00	0.0000	2.400	0.00	0.70
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	76.30	23.70	0.00	0.0000	2.600	0.00	0.60
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	76.30	23.70	0.00	0.0000	2.500	0.00	0.50
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	80.40	19.60	0.00	0.0000	1.700	0.00	0.30
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	74.90	25.10	0.00	0.0000	1.900	0.00	0.40
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	77.90	22.10	0.00	0.0000	2.900	0.00	0.80
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	76.20	23.80	0.00	0.0000	3.200	0.00	0.80
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	75.80	24.20	0.00	0.0000	3.300	0.00	0.70
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	81.20	18.80	0.00	0.0000	2.400	0.00	0.30
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	77.90	22.10	0.00	0.0000	2.700	0.00	0.40
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	79.90	20.10	0.00	0.0000	2.200	0.00	0.80
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	79.50	20.50	0.00	0.0000	1.600	0.00	0.50
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	81.40	18.60	0.00	0.0000	1.800	0.00	0.50
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	76.20	23.80	0.00	0.0000	1.700	0.00	0.60
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	79.70	20.30	0.00	0.0000	0.180	0.00	0.70
11	0	pollinaza sin cama	01/02/95	80.60	19.40	0.00	0.0000	2.000	0.00	0.30
11	0	aceite hidrolizado de soya	01/04/95	1.30	98.70	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00
11	0	tortave	01/04/95	13.80	86.20	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.00
11	0	semola de trigo	01/06/95	13.60	86.40	0.85	0.1000	1.000	71.10	0.40
11	0	pollinaza sin cama	01/09/95	75.60	24.40	0.00	0.0000	3.100	0.00	0.60
11	0	pollinaza sin cama	01/09/95	81.50	18.50	0.00	0.0000	1.800	0.00	0.50
11	0	pollinaza sin cama	01/09/95	80.20	19.80	0.00	0.0000	1.600	0.00	0.30

Proxmi (c:\dbase21-01-2005\trabajo\9 Registro: 1/3354 Exclusivo NUM

Figura 4. Tabla del Análisis Proximal en el programa Microsoft Fox Pro Versión 5.0., utilizado para el almacenamiento de datos de las muestras.

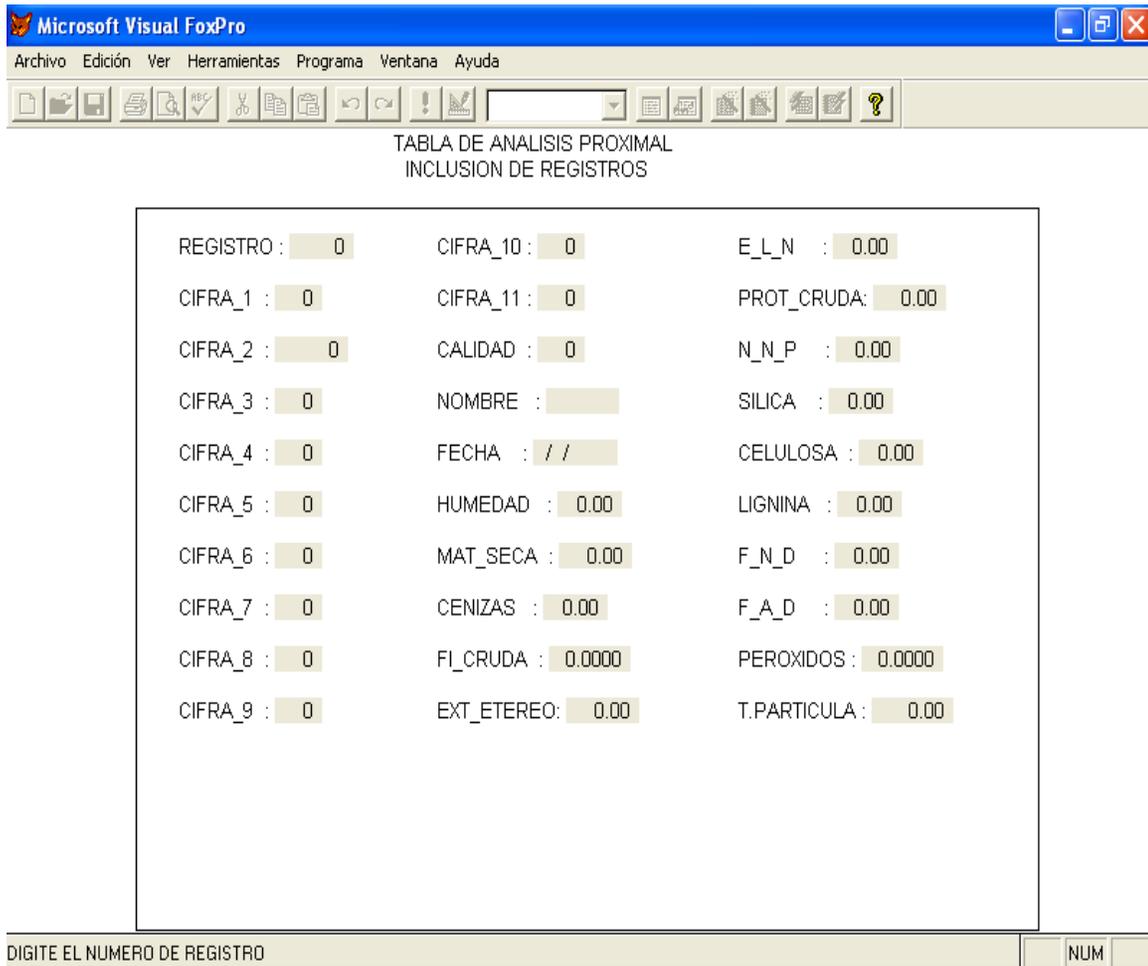


FIGURA 5. Programa de inclusión de Datos del Análisis Proximal junto a los dígitos para la descripción de las muestras, utilizando el software Microsoft Fox Pro Versión 5.0.

Cuadro 9. Composición nutricional del grano de maíz amarillo obtenido a nivel nacional en base seca.

Proximal		N°	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Cenizas	(%)	62	0,94	3,34	1,64	0,47
Fibra Cruda	(%)	193	0,99	5,42	1,94	0,74
FND	(%)	4	11,12	14,34	12,74	1,33
FAD	(%)	4	3,56	4,87	4,18	0,66
Extracto Etéreo	(%)	233	1,48	9,43	4,12	0,95
Proteína Cruda	(%)	437	6,93	12,17	8,69	0,80
Minerales						
Calcio	(mg/Kg)	14	0,01	0,38	0,07	0,10
Fósforo	(mg/Kg)	22	0,04	0,78	0,37	0,16
Magnesio	(mg/Kg)	9	0,06	0,16	0,12	0,03
Potasio	(mg/Kg)	2	56,39	111,60	83,99	39,04
Hierro	(ppm)	11	25,00	54,00	36,18	10,71
Cobre	(ppm)	7	1,00	5,00	2,29	1,50
Manganeso	(ppm)	7	5,00	12,00	7,71	2,21
Zinc	(ppm)	10	16,00	43,00	28,70	10,04

Cuadro 10. Composición nutricional de la puntilla de arroz obtenido a nivel nacional en base seca.

Proximal		N°	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Cenizas	(%)	21	0,37	1,54	0,79	0,33
Fibra Cruda	(%)	21	0,22	0,92	0,43	0,20
FND	(%)	8	5,86	8,48	7,07	1,07
FAD	(%)	7	0,80	1,94	1,18	0,39
Extracto Etéreo	(%)	25	0,46	3,75	1,84	1,04
Proteína Cruda	(%)	57	7,79	12,54	9,76	1,09
Minerales						
Calcio	(mg/Kg)	8	0,01	0,11	0,04	0,03
Fósforo	(mg/Kg)	7	0,18	0,37	0,28	0,06
Magnesio	(mg/Kg)	5	0,06	0,11	0,09	0,02
Hierro	(ppm)	5	18,00	29,00	22,40	4,93
Cobre	(ppm)	5	3,00	9,00	6,00	2,55
Manganeso	(ppm)	5	16,00	24,00	18,60	3,13
Zinc	(ppm)	5	16,00	22,00	19,20	2,68

Cuadro 11. Composición nutricional del acemite de trigo obtenido a nivel nacional en base seca.

Proximal		Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Genizas	(%)	91	2,35	6,99	4,92	0,88
Fibra Cruda	(%)	194	3,43	21,32	9,84	3,46
FND	(%)	15	28,68	46,15	38,08	5,04
FAD	(%)	14	7,78	15,61	11,40	2,11
Extracto Etéreo	(%)	177	3,39	7,09	4,46	0,65
Proteína Cruda	(%)	321	16,00	21,31	18,80	1,00
Minerales						
Calcio	(mg/kg)	12	0,06	1,35	0,09	0,02
Fósforo	(mg/kg)	11	0,51	1,25	0,97	0,20
Magnesio	(mg/kg)	2	0,39	0,50	0,45	0,07
Hierro	(ppm)	2	132,00	145,00	138,50	9,19
Cobre	(ppm)	3	10,00	15,00	12,00	2,65
Manganeso	(ppm)	3	109,00	141,00	122,67	16,50
Zinc	(ppm)	3	76,00	133,00	109,33	29,70
Sodio		1	57,00	57,00	57,00	0,00

Cuadro 12. Composición nutricional del salvadillo de trigo obtenido a nivel nacional en base seca.

Proximal		Nº	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Genizas	(%)	63	4,33	7,72	5,77	0,85
Fibra Cruda	(%)	103	7,56	16,23	10,05	1,85
FND	(%)	12	43,14	53,85	46,87	3,25
FAD	(%)	11	13,36	15,78	14,46	0,76
Extracto Etéreo	(%)	77	2,40	7,82	4,22	0,92
Proteína Cruda	(%)	131	16,00	22,05	18,71	1,28
Minerales						
Calcio	(mg/kg)	29	0,07	1,04	0,16	0,19
Fósforo	(mg/kg)	32	0,85	1,68	1,22	0,17
Magnesio	(mg/kg)	12	0,22	1,61	0,59	0,35
Potasio	(mg/kg)	1	4,54	4,54	4,54	0,00
Hierro	(ppm)	12	91,00	514,00	229,50	129,44
Cobre	(ppm)	12	9,00	15,00	12,25	1,60
Manganeso	(ppm)	12	102,00	192,00	154,17	29,55
Zinc	(ppm)	13	70,00	114,00	94,08	15,38

Cuadro 13. Composición nutricional de la harina de soya obtenido a nivel nacional en base seca.

Proximal		N°	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Cenizas	(%)	200	5,78	9,67	7,33	0,58
Fibra Cruda	(%)	203	1,13	8,88	4,11	1,45
FND	(%)	4	11,53	13,08	12,23	0,81
FAD	(%)	4	7,69	9,71	8,42	0,93
Extracto Etéreo	(%)	150	0,34	6,45	1,50	1,04
Proteína Cruda	(%)	2740	50,00	56,87	54,15	0,93
Minerales						
Calcio	(mg/kg)	146	0,08	0,92	0,35	0,13
Fósforo	(mg/kg)	138	0,11	1,25	0,72	0,12
Magnesio	(mg/kg)	100	0,17	1,13	0,30	0,13
Potasio	(mg/kg)	11	2,24	3,39	2,68	0,30
Hierro	(ppm)	101	26,00	295,00	120,18	53,88
Cobre	(ppm)	105	14,00	50,00	18,08	3,88
Manganeso	(ppm)	99	27,00	90,00	35,45	8,97
Zinc	(ppm)	102	26,00	107,00	56,83	12,58
Sodio	(ppm)	29	78,00	419,00	188,00	86,02

Cuadro 14. Composición nutricional de la semolina de arroz obtenido a nivel nacional en base seca.

Proximal		N°	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Stan.
Cenizas	(%)	196	5,64	12,94	8,67	1,43
Fibra Cruda	(%)	357	4,42	13,94	8,31	2,20
FND	(%)	17	16,79	39,23	27,69	5,81
FAD	(%)	12	8,01	19,53	14,80	4,37
Extracto Etéreo	(%)	339	10,00	25,43	17,44	2,96
Proteína Cruda	(%)	522	10,12	17,80	13,71	1,34
Minerales						
Calcio	(mg/kg)	94	0,01	0,43	0,09	0,09
Fósforo	(mg/kg)	48	0,80	2,46	1,62	0,36
Magnesio	(mg/kg)	8	0,37	0,96	0,78	0,19
Potasio	(mg/kg)	1	1,01	1,01	1,01	0,00
Hierro	(ppm)	6	159,00	383,00	270,17	90,21
Cobre	(ppm)	10	7,00	21,00	13,80	5,01
Manganeso	(ppm)	8	121,00	202,00	175,50	30,12
Zinc	(ppm)	11	55,00	88,00	67,27	10,26

Tabla 1. Diferentes nombres en varios idiomas que se utilizan para definir el mismo alimento.

Tabla 2. Lista de los diferentes institutos de investigación que presentaron información nutricional de las materias primas.

Nº	Fuente bibliográfica
1	Novus linternacional. 2001.
1A	Novus Internacional. 2001. Maíz Amarillo
1B	Novus Internacional. 2001. Maíz Amarillo con %PC mayor a 8%
1C	Novus Internacional. 2001. Maíz Amarillo con %PC menor a 8%
2	INTA, Argentina. 1996.
3	Land´O Lakes Purina Mills. 2005.
4	NRC. Nutrient Reuqeriments of Dairy Cattle. EUA. 2001.
5	FEDNA. España. 2003
5A	Maíz Francés
5B	Maíz Español
5C	Maíz USA.
6	NRC. Nutritional data for United States on Canadian Feeds. EUA. 1982.
6A	Maíz (4-02-853)
6B	Máíz (4-20-698)
6C	Maíz (4-02-935)
7	Oklahoma State University. 2006
8	Colorado State University. 2006.
9	Feedstuff. University of Georgia. 2006.
10	INRA. Francia. 2002.
11	WPSA. European Table. 1989
12	CVB. Veevoedertabel. 2002.
13	Novus. Raw Material Compendium. 1994.
13A	SOUCI, FACHMANN & KRAUT. 1990. Germany.
13B	MIDEAST. Utah, USA. 1979.
13C	PROTECTOR. Bruxelles, Belgium. 1980.
13D	ADAS. Aberdeen (UK). 1990
13E	ATAM. Tablas para América Latina. University of Florida, USA.
13F	SETNA, España. 1991
13G	ASIA. Taiwan. 1987.
13H	ACV. Grondstoffenlijst (Netherlands) 1992.
13I	Veevoedertabel. Uitgave juni 1991 + Aaanuvlligen 1992. CVB. Holanda.

Cuadro 15.a. Composiciones nutricionales presentadas para el grano de maíz amarillo por diferentes institutos de investigación citados en la tabla 2.

Cuadro 15.b. Análisis Estadístico Descriptivo de la revisión de literatura de la composición nutricional del grano de maíz amarillo.

Proximal¹	Unidades	N*	Promedio	Desv.	Máx	Mín.
Humedad	%	21	12,08	2,44	14,50	3,00
Cenizas	%	19	1,43	0,44	2,26	0,50
Fibra Cruda	%	15	2,01	0,83	3,73	0,50
Extracto Etéreo	%	20	4,03	1,35	7,40	0,70
Proteína Cruda	%	21	8,73	0,99	10,60	7,20
Minerales¹						
Calcio	%	13	0,03	0,04	0,16	0,01
Fósforo	%	13	0,28	0,09	0,46	0,07
Magnesio	%	9	0,11	0,04	0,18	0,05
Sodio	%	9	0,02	0,01	0,04	0,01
Potasio	%	13	0,35	0,13	0,60	0,12
Cobre	mg/kg	9	3,03	0,71	4,00	2,00
Hierro	mg/kg	8	28,55	11,73	39,00	2,40
Zinc	mg/kg	8	19,16	10,26	37,27	4,00
Manganeso	mg/kg	6	8,20	2,95	13,00	5,00
RUMIANTES²						
TND	%	9,00	80,93	6,76	89,00	71,00
ED	kcal/Kg	5,00	3054,00	741,13	3690,00	1780,00
EM	kcal/Kg	10,00	2753,90	630,05	3110,00	980,00
CERDOS²						
TND	%	2,00	80,00	0,00	0,00	0,00
ED	kcal/Kg	7,00	3392,00	111,37	3533,00	3166,00
EM	kcal/Kg	6,00	3336,00	25,02	3365,00	3300,00
AVES²						
ED	kcal/Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EM	kcal/Kg	2,00	3386,50	4,95	3390,00	3383,00
EM broilers	kcal/Kg	4,00	3189,25	121,77	3260,00	3007,00
EM layer	kcal/Kg	5,00	3254,20	105,40	3409,00	3112,00
EM poultry	kcal/Kg	4,00	2960,50	372,45	3160,00	2402,00

1 = En base fresca.

2 = En base seca.

* = Número de laboratorios que presentan este análisis.

Cuadro 16.a. Composiciones nutricionales presentadas para la puntilla de arroz por diferentes institutos de investigación citados en la tabla 2 a nivel internacional.

Cuadro 16.b. Resumen de la revisión de literatura de la composición nutricional de la puntilla de arroz.

Proximal¹	Unidades	N	Promedio	Desv.	Máx	Mín.
Humedad	%	4	11,85	0,98	12,80	11,00
Cenizas	%	4	0,73	0,17	0,90	0,50
Fibra Cruda	%	4	0,68	0,30	1,10	0,40
Extracto Etéreo	%	4	0,85	0,37	1,20	0,40
Proteína Cruda	%	4	7,63	0,33	8,00	7,20
Minerales¹						
Calcio	%	4	0,03	0,01	0,05	0,02
Fósforo	%	4	0,18	0,08	0,27	0,11
Magnesio	%	4	0,08	0,07	0,15	0,02
Sodio	%	3	0,03	0,04	0,07	0,00
Potasio	%	4	0,17	0,09	0,31	0,11
Cobre	mg/kg	2	2,20	1,13	3,00	1,40
Hierro	mg/kg	2	29,00	21,21	44,00	14,00
Zinc	mg/kg	3	11,67	8,39	17,00	2,00
Manganeso	mg/kg	3	14,33	3,51	18,00	11,00
RUMIANTES²						
TND	%	2	78,50	0,71	79,00	78,00
ED	kcal/Kg	2	3455,00	21,21	3470,00	3440,00
EM	kcal/Kg	3	2993,33	168,62	3110,00	2800,00
CERDOS²						
TND	%	2	82,50	4,95	86,00	79,00
ED	kcal/Kg	3	3826,00	314,00	4162,00	3540,00
EM	kcal/Kg	2	3473,50	122,33	3560,00	3387,00
AVES²						
ED	kcal/Kg	0	0,00	0,00	0,00	0,00
EM	kcal/Kg	2	3089,50	3,54	3092,00	3087,00
EM broilers	kcal/Kg	0	0,00	0,00	0,00	0,00
EM layer	kcal/Kg	1	3492,00	0,00	3492,00	3492,00
EM poultry	kcal/Kg	0	0,00	0,00	0,00	0,00

1 = En base fresca.

2 = En base seca.

* = Número de laboratorios que presentan este análisis.

Cuadro 17.a. Composiciones nutricionales presentadas para el acemite de trigo por diferentes institutos de investigación citados en la tabla 2 a nivel internacional.

Cuadro 17.b. Resumen de la revisión de literatura de la composición nutricional del Acemite de trigo.

Proximal¹	Unidades	n	Promedio	Desv.	Máx	Mín.
Humedad	%	18	10,93	3,03	14,00	0,00
Cenizas	%	13	4,94	0,62	6,20	4,00
Fibra Cruda	%	11	7,94	0,93	9,20	6,26
Extracto Etéreo	%	13	4,03	0,55	5,00	3,40
Proteína Cruda	%	18	17,01	2,10	22,80	14,90
Minerales¹						
Calcio	%	11	0,13	0,02	0,17	0,10
Fósforo	%	11	0,96	0,10	1,15	0,81
Magnesio	%	6	0,35	0,03	0,38	0,29
Sodio	%	8	0,03	0,02	0,06	0,01
Potasio	%	10	1,19	0,31	1,80	0,60
Cobre	mg/kg	6	10,33	2,42	13,00	7,00
Hierro	mg/kg	4	115,50	46,69	158,00	60,00
Zinc	mg/kg	4	93,00	6,48	100,00	85,00
Manganeso	mg/kg	3	105,00	8,66	115,00	100,00
RUMIANTES²						
TND	%	4	76,33	6,24	82,00	69,00
ED	kcal/Kg	1	3330,00	0,00	3330,00	3330,00
EM	kcal/Kg	4	2505,00	99,50	2640,00	2400,00
CERDOS²						
TND	%	1	63,00	0,00	63,00	63,00
ED	kcal/Kg	5	2698,40	101,50	2832,00	2600,00
EM	kcal/Kg	6	2448,33	139,63	2600,00	2200,00
AVES²						
ED	kcal/Kg	0	0,00	0,00	0,00	0,00
EM	kcal/Kg	0	0,00	0,00	0,00	0,00
EM broilers	kcal/Kg	3	1434,00	362,37	1850,00	1187,00
EM layer	kcal/Kg	3	1840,00	85,44	1920,00	1750,00
EM poultry	kcal/Kg	4	1790,75	248,28	2090,00	1500,00

1 = En base fresca.

2 = En base seca.

* = Número de laboratorios que presentan este análisis.

Cuadro 18.a. Composiciones nutricionales presentadas para el salvadillo de trigo por diferentes institutos de investigación citados en la tabla 2 a nivel internacional.

Cuadro 18.b. Resumen de la revisión de literatura de la composición nutricional del Salvadillo de trigo.

Proximal¹	Unidades	N	Promedio	Desv.	Máx	Mín.
Humedad	%	14	10,72	3,23	13,40	0,00
Cenizas	%	14	5,70	0,93	7,00	3,40
Fibra Cruda	%	13	10,11	1,43	11,50	6,00
Extracto Etéreo	%	14	4,15	0,52	5,00	3,40
Proteína Cruda	%	14	15,79	1,12	18,00	14,50
Minerales¹						
Calcio	%	12	0,15	0,04	0,24	0,10
Fósforo	%	12	1,12	0,16	1,30	0,77
Magnesio	%	8	0,40	0,13	0,55	0,27
Sodio	%	9	0,03	0,02	0,06	0,01
Potasio	%	11	1,26	0,15	1,40	1,00
Cobre	mg/kg	8	14,86	6,89	31,00	10,00
Hierro	mg/kg	5	155,80	47,96	232,00	114,00
Zinc	mg/kg	7	93,23	16,03	114,00	69,59
Manganeso	mg/kg	6	106,86833	21,276	135	70,21
RUMIANTES²						
TND	%	7	65,671429	4,6607	71,5	60
ED	kcal/Kg	5	2564	687,34	3230	1400
EM	kcal/Kg	8	2216,5	631,84	2730	720
CERDOS²						
TND	%	2	57,05	0,0707	57,1	57
ED	kcal/Kg	5	2412,2	236,03	2720	2080
EM	kcal/Kg	4	2310,5	211,19	2600	2110
AVES²						
ED	kcal/Kg	0	0	0	0	0
EM	kcal/Kg	1	1237	0	1237	1237
EM broilers	kcal/Kg	2	1586	868,33	2200	972
EM layer	kcal/Kg	2	1857	485,08	2200	1514
EM poultry	kcal/Kg	3	1518	236,84	1770	1300

1 = En base fresca.

2 = En base seca.

* = Número de laboratorios que presentan este análisis.

Cuadro 19.a. Composiciones nutricionales presentadas para la harina de soya por diferentes institutos de investigación citados en la tabla 2 a nivel internacional.

Cuadro 19.b. Resumen de la revisión de literatura de la composición nutricional de la harina de soya.

Proximal¹	Unidades	N	Promedio	Desv.	Máx	Mín.
Humedad	%	14	11,31	1,18	12,80	9,00
Cenizas	%	14	6,26	0,36	7,00	5,80
Fibra Cruda	%	11	4,13	1,29	6,40	2,67
Extracto Etéreo	%	14	1,44	0,48	2,60	0,90
Proteína Cruda	%	14	49,27	3,40	55,00	45,30
Minerales¹						
Calcio	%	12	0,29	0,05	0,39	0,20
Fósforo	%	12	0,69	0,10	0,98	0,62
Magnesio	%	8	0,29	0,02	0,32	0,27
Sodio	%	7	0,02	0,01	0,04	0,01
Potasio	%	12	2,11	0,25	2,61	1,61
Cobre	mg/kg	9	18,68	4,46	28,00	13,00
Hierro	mg/kg	6	212,50	82,95	319,00	120,00
Zinc	mg/kg	8	55,44	6,15	61,00	47,00
Manganeso	mg/kg	6	37,42	5,92	46,00	27,50
RUMIANTES¹						
TND	%	9	79,90	6,12	87,00	70,90
ED	kcal/Kg	5	3242,20	921,99	4160,00	1740,00
EM	kcal/Kg	6	2664,67	869,53	3410,00	950,00
CERDOS¹						
TND	%	2	76,00	0,00	76,00	76,00
ED	kcal/Kg	5	3534,40	240,80	3942,00	3350,00
EM	kcal/Kg	3	3165,00	31,22	3200,00	3140,00
AVES¹						
ED	kcal/Kg	0	0,00	0,00	0,00	0,00
EM	kcal/Kg	1	2455,00	0,00	2455,00	2455,00
EM broilers	kcal/Kg	4	2144,00	262,62	2440,00	1911,00
EM layer	kcal/Kg	4	2306,00	92,22	2440,00	2234,00
EM poultry	kcal/Kg	5	2226,60	185,30	2458,00	1940,00

1 = En base fresca.

2 = En base seca.

* = Número de laboratorios que presentan este análisis.

Cuadro 20.a. Composiciones nutricionales presentadas para la semolina de arroz por diferentes institutos de investigación citados en la tabla 2 a nivel internacional.

Cuadro 20.b. Resumen de la revisión de literatura de la composición nutricional de la semolina de arroz.

Proximal¹	Unidades	N	Promedio	Desv.	Máx	Mín.
Humedad	%	15	9,55	0,94	12,00	8,00
Cenizas	%	13	10,00	1,70	11,60	6,30
Fibra Cruda	%	11	9,90	2,59	13,00	5,60
Extracto Etéreo	%	14	13,98	4,48	19,00	3,10
Proteína Cruda	%	15	14,07	1,02	16,40	12,60
Minerales¹						
Calcio	%	12	0,69	1,19	3,90	0,06
Fósforo	%	12	5,19	6,46	17,70	1,35
Magnesio	%	8	3,18	3,20	8,10	0,82
Sodio	%	9	0,10	0,13	0,40	0,01
Potasio	%	12	4,00	4,50	13,50	1,30
Cobre	mg/kg	9	8,48	4,85	14,00	1,30
Hierro	mg/kg	7	160,71	60,21	268,00	92,00
Zinc	mg/kg	9	46,33	16,15	73,00	29,00
Manganeso	mg/kg	7	229,23	100,76	376,00	95,00
RUMIANTES²						
TND	%	9	71,56	7,58	84,80	60,00
ED	kcal/Kg	4	3295,00	408,62	3760,00	2800,00
EM	kcal/Kg	6	2620,00	385,64	3090,00	1980,00
CERDOS²						
TND	%	3	72,70	1,21	74,10	72,00
ED	kcal/Kg	7	3080,57	421,36	3486,00	2210,00
EM	kcal/Kg	3	2743,33	473,74	3070,00	2200,00
AVES²						
ED	kcal/Kg	0	0,00	0,00	0,00	0,00
EM	kcal/Kg	1	2106,00	0,00	2106,00	2106,00
EM broilers	kcal/Kg	2	2695,00	148,49	2800,00	2590,00
EM layer	kcal/Kg	2	2777,50	31,82	2800,00	2755,00
EM poultry	kcal/Kg	4	2525,25	331,30	2786,00	2040,00

1 = En base fresca.

2 = En base seca.

* = Número de laboratorios que presentan este análisis.

Cuadro 21. Ecuaciones de estimación de energía para materias primas utilizadas en la alimentación animal provenientes de la literatura.

Nº	Especie	Referencia	Energía	Ecuación:
1	AVES	WPSA, 1983.	EM _A = Energía metabolizable corregida por nitrógeno (Kcal/Kg MS)	EM _A = (16,78-16,78C+69,20FC)*10/4,184.
21		WPSA, 1983.	EM _A = Energía metabolizable corregida por nitrógeno (Kcal/Kg MS)	EM _A = 15,15PC+35,72EE+15,59ELN*10/4,184
25		WPSA, 1983.	EM _A = Energía metabolizable corregida por nitrógeno (Kcal/Kg MS)	EM _A = (17,13PC+36,89EE+13,86ELN)*10/4,184
26		WPSA, 1983.	EM _A = Energía metabolizable corregida por nitrógeno (Kcal/Kg MS)	EM _A = (1954-19,54C-29,10PC+17,97EE-34,29*FC)*10/4,184
14		WPSA, 1983.	EM _A = Energía metabolizable corregida por nitrógeno (Kcal/Kg MS)	EM _A = (PC15,69+19,41EE+6,236*ELN)*10/4,184
22	BOVINOS	Harris et al. 1980. en Vargas E. 1984.	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	TND = -202,686 -0,357FC+2,638EE +3,003ELN+2,347PC+0,046FC ² +0,647EE ² +0,041FCELN-0,081EEELN +0,553EEPC-0,046EE ² PC
23		Moir et al. 1980. En Vargas E. 1984.	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	ED = ec.22.*44,09.
24		Moir et al. 1980. En Vargas E. 1984.	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	EM =-450+1,01*ec.23.
8		Fonnesbeck et al., 1984.	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	TND = 40,26+0,1969PC+0,4228ELN +1,190EE-0,1379FC
9		Fonnesbeck et al., 1984.	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	ED = ec.8.*44,09.
10		Fonnesbeck et al., 1984.	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	EM =-450+1,01*ec.9.
18		Harris et al. 1980. en Vargas E. 1984.	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	TND = -133,726-0,254FC+19,593EE +2,784ELN+2,315PC+0,028FC ² -0,341EE ² -0,008FCELN-0,215EEELN-0,193EEPC+0,004EE ² PC
19		Moir et al. 1980. En Vargas E. 1984.	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	ED = ec.18.*44,09.

20		Fonnesbeck et al., 1984.	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	$EM = -450 + 1,01 * ec.19.$
12		Aldeman G., 1985.	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	$EM = 11.78 + 0.065PC + (0.0665EE)^2 - 0.0414EEFC - 0.118C * 0.239 * 1000.$
2	PORCINOS	Harris et al. 1980. en Vargas E. 1984.	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	$TND = 8,792 - 4,464FC + 4,243EE + 0,866ELN + 0,388PC + 0,0005FC^2 + 0,122EE + 0,063FCELN - 0,073EEELN + 0,182EEPC - 0,011EE^2 PC.$
3		Moir et al. 1980. En Vargas E. 1984.	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	$ED = ec.2 * 44,09.$
4		Moir et al. 1980. En Vargas E. 1984.	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	$EM = 0,96 - 0,00202PC * ec.3.$
15		Fonnesbeck et al., 1984.	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	$TND = -256,3 + 3,698PC + ELN 0,3652 + 4,565EE + 2,103FC$
16		Fonnesbeck et al., 1984.	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	$ED = (-0,2664 + 0,0480ec.15.) * 1000$
17		Fonnesbeck et al., 1984.	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	$EM = -0,1906 + 0,9241ec.16.$
5		Moir et al. 1980. En Vargas E. 1984.	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	$ED = (17,69 - 0,586FC) * 1000 / 4,184.$
6		Moir et al. 1980. En Vargas E. 1984.	TND = Total de Nutrientes Digestibles (%)	$TND = ec.5 / 44,09.$
7		Moir et al. 1980. En Vargas E. 1984.	EM = Energía metabolizable (kcal/kg MS)	$EM = 0,96 - 0,00202PC * ec.5.$
13		Aldeman G., 1985.	ED = Energía Digestible (kcal/kg MS)	$ED = ((17.38 + 0.114EE + 0.105PC - 0.402C - 0.317FC) * 0.239) * 1000.$
11		Aves, Bovinos y porcinos	Flachowsky G. y Kirchgessner M. 1998.	EB = Energía Bruta (kcal/kg de MS)

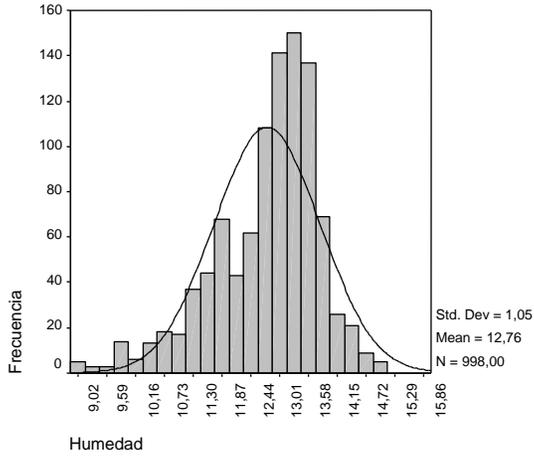


Gráfico 1. Histograma de la humedad del grano de maíz amarillo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.

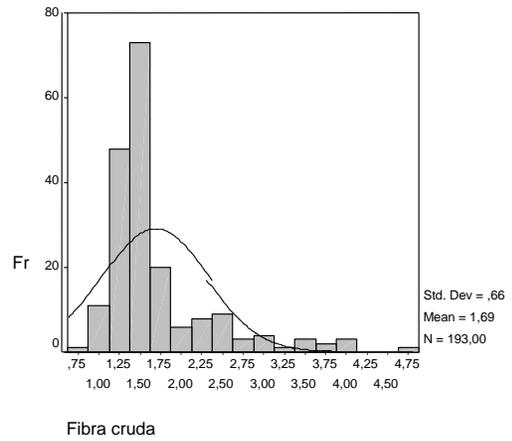


Gráfico 3. Histograma de la fibra cruda del grano de maíz amarillo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.

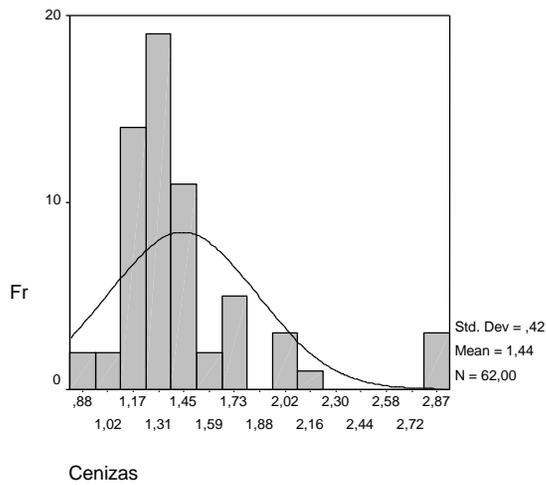


Gráfico 2. Histograma de la ceniza del grano de maíz amarillo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.

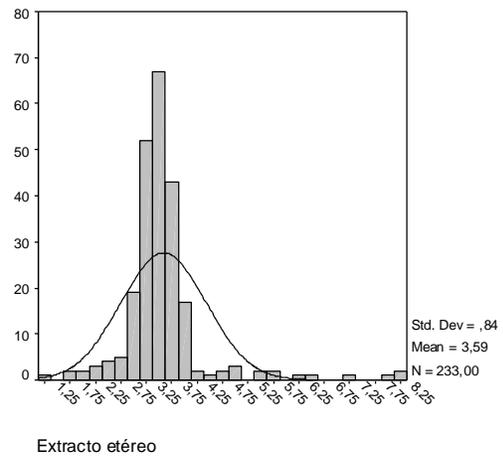


Gráfico 4. Histograma del extracto etéreo del grano de maíz amarillo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.

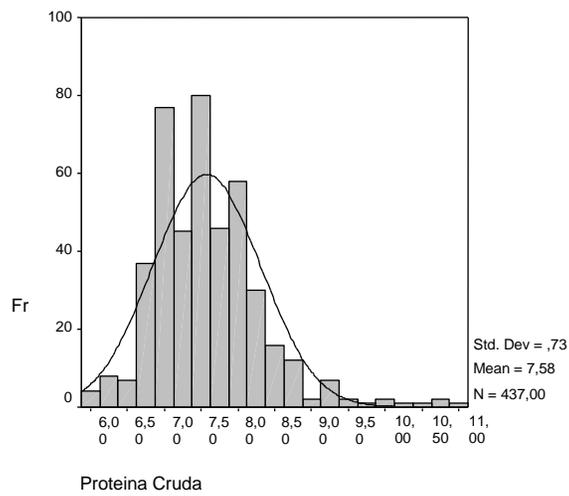


Gráfico 5. Histograma de la proteína cruda del grano de maíz amarillo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.

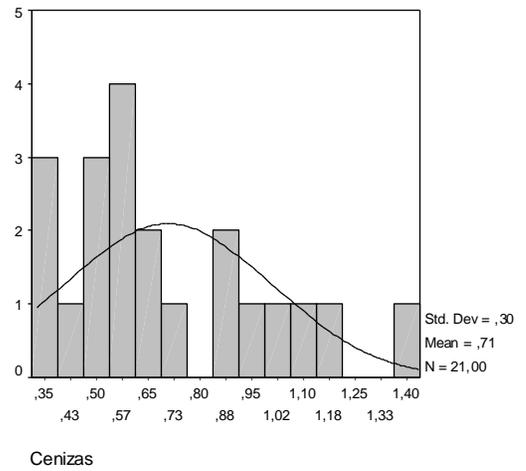


Gráfico 7. Histograma de la ceniza de la puntilla de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.

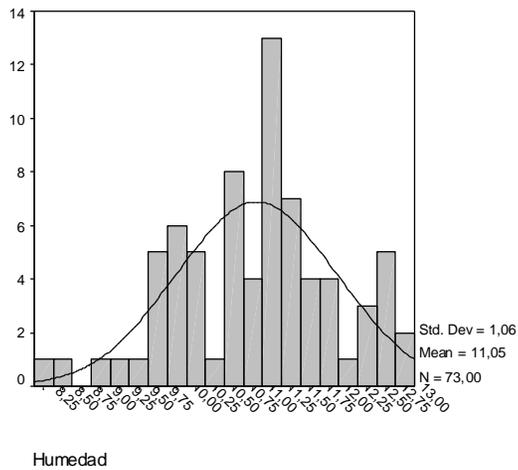


Gráfico 6. Histograma de la humedad de la puntilla de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.

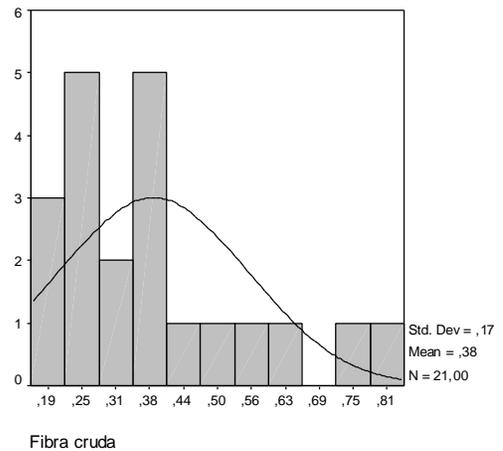


Gráfico 8. Histograma de la fibra cruda de la puntilla de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.

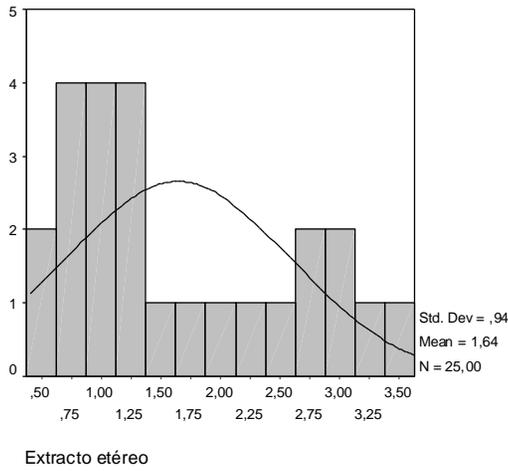


Gráfico 9. Histograma del extracto etéreo de la puntilla de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.

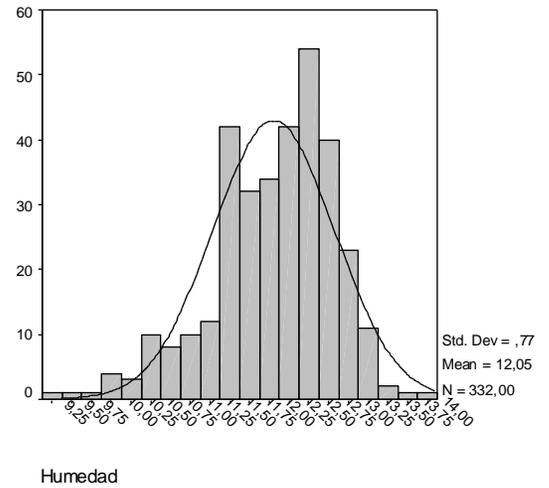


Gráfico 11. Histograma de la humedad del acemite de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.

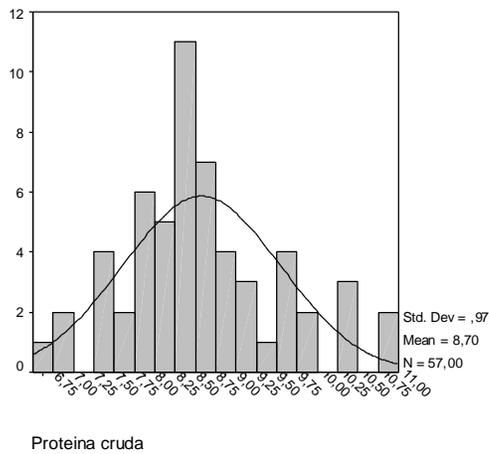


Gráfico 10. Histograma de la proteína cruda de la puntilla de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.

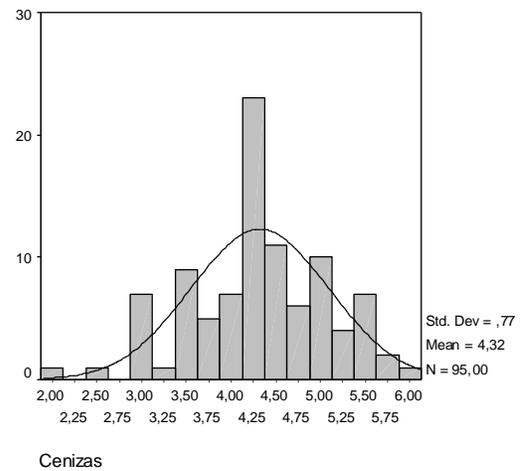
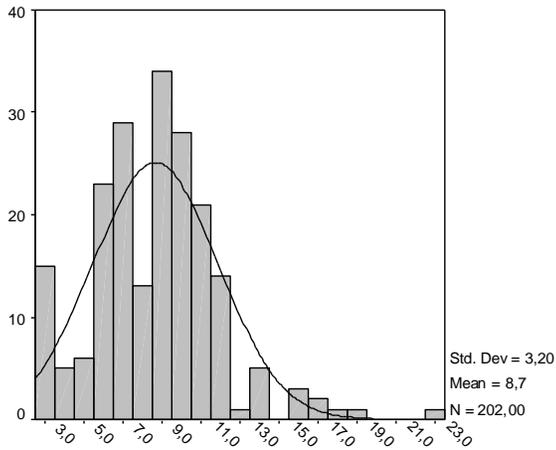
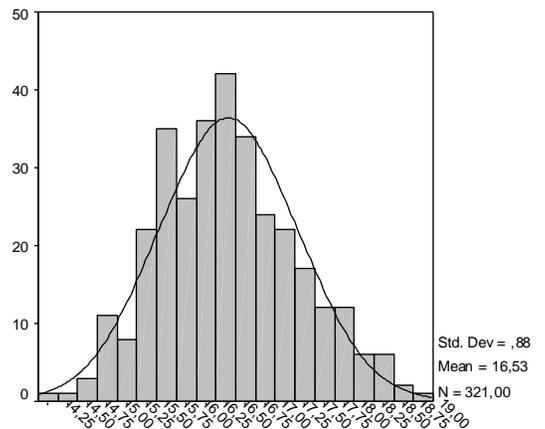


Gráfico 12. Histograma de la ceniza del acemite de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.



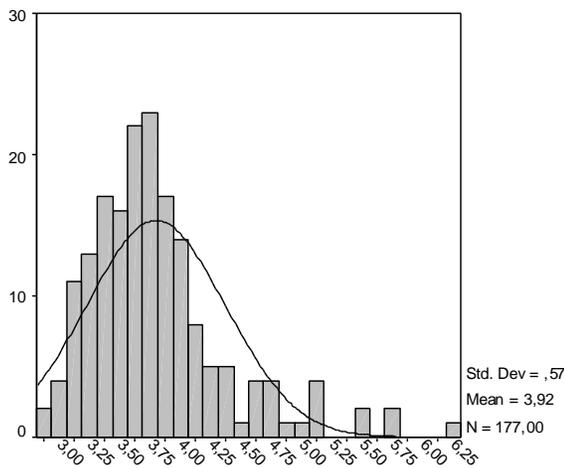
Fibra cruda

Gráfico 13. Histograma de la fibra cruda del acemite de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.



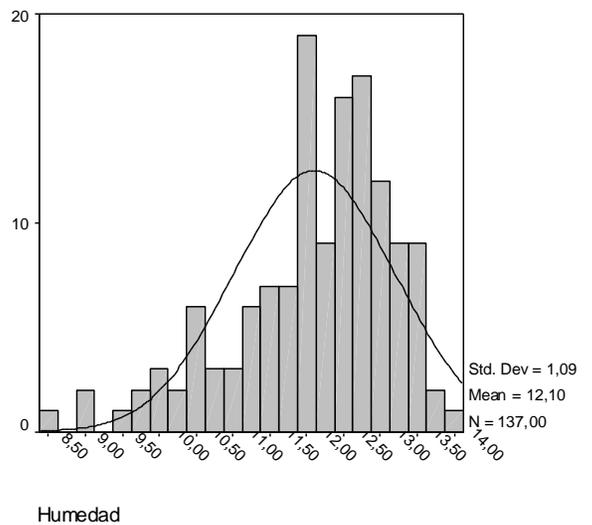
Proteína cruda

Gráfico 15. Histograma de la proteína cruda tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.



Extracto etéreo

Gráfico 14. Histograma del extracto etéreo del acemite de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.



Humedad

Gráfico 16. Histograma de la humedad del salvadillo de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.

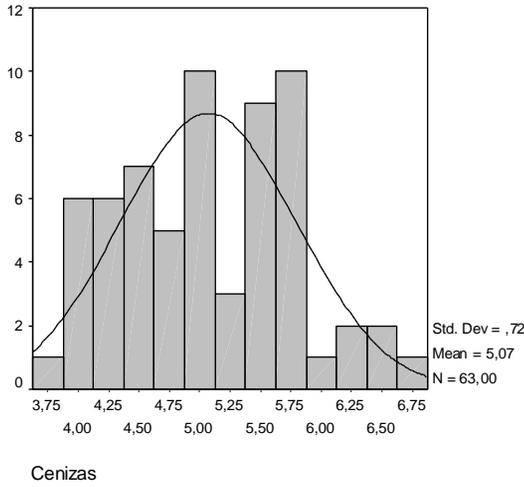


Gráfico 17. Histograma de la ceniza del salvadillo de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.

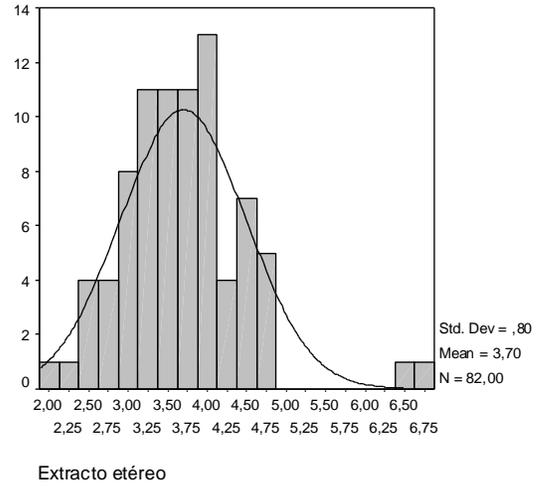


Gráfico 19. Histograma del extracto etéreo del salvadillo de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.

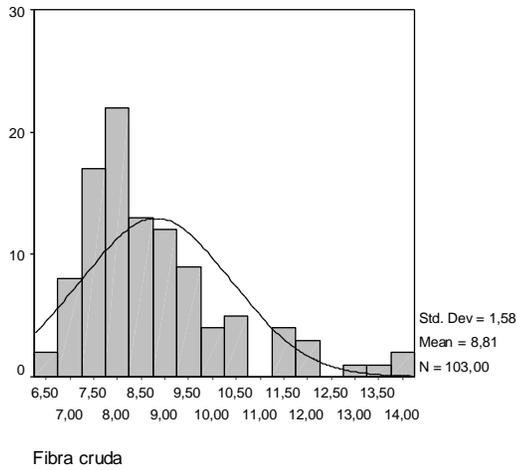


Gráfico 18. Histograma de la fibra cruda del salvadillo de trigo tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.

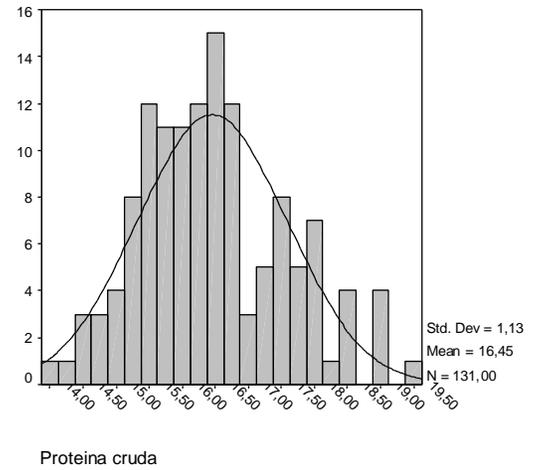


Gráfico 20. Histograma de la proteína cruda del salvadillo de arroz tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.

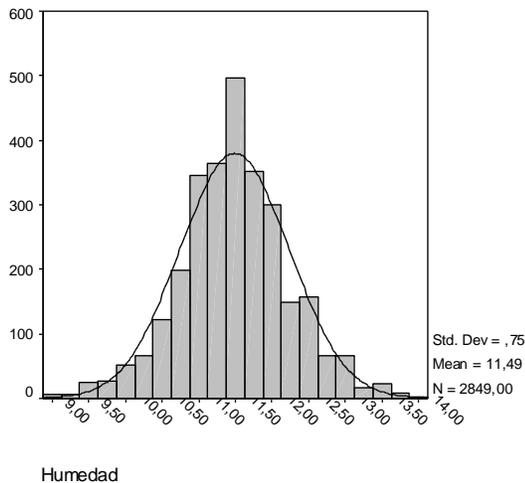


Gráfico 21. Histograma de la humedad de la harina de soya tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.

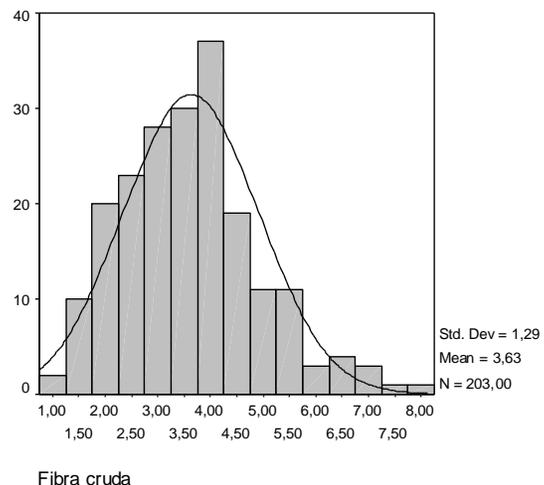


Gráfico 23. Histograma de la fibra cruda de la harina de soya tal como ofrecido con la representación de la curva de tendencia normal.

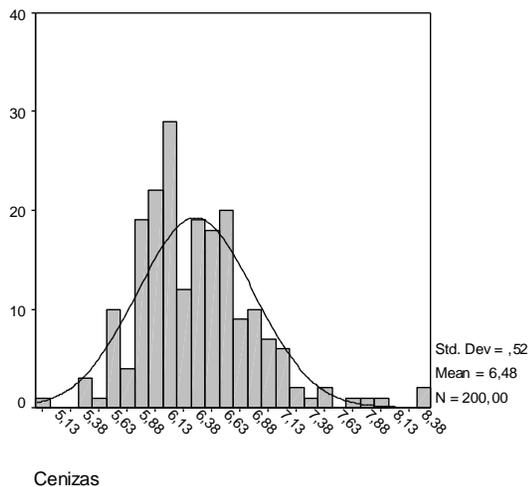


Gráfico 22. Histograma de cenizas de la harina de soya tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.

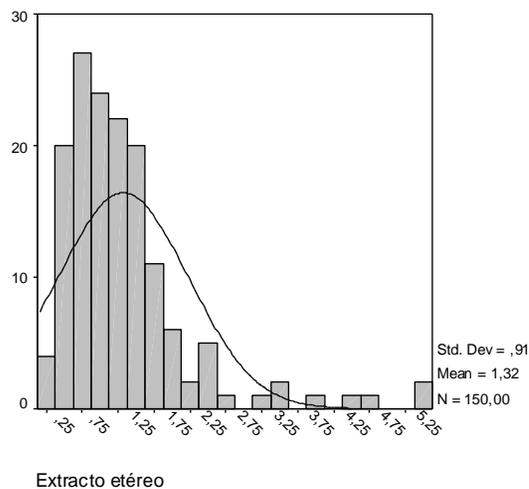


Gráfico 24. Histograma del extracto etéreo de la harina de soya tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.

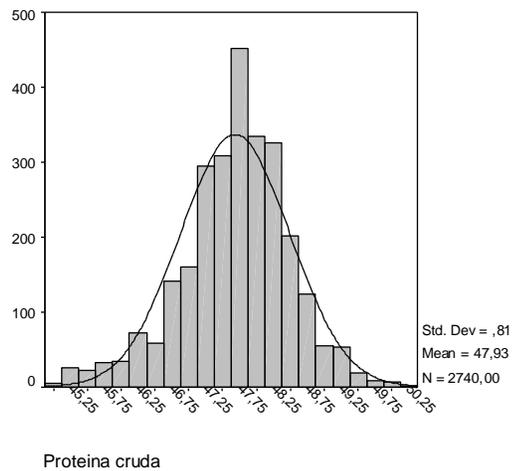


Gráfico 25. Histograma de la proteína cruda de la harina de soya tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.

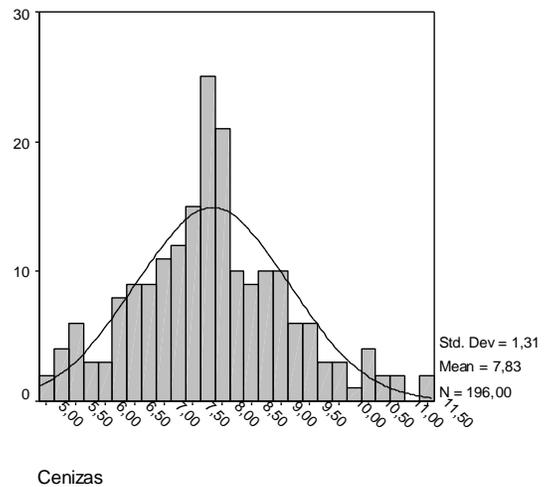


Gráfico 27. Histograma de la ceniza de la semolina de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.

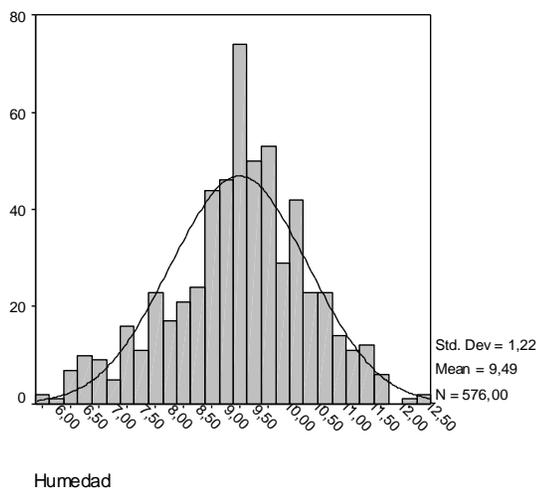


Gráfico 26. Histograma de la humedad de la semolina de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.

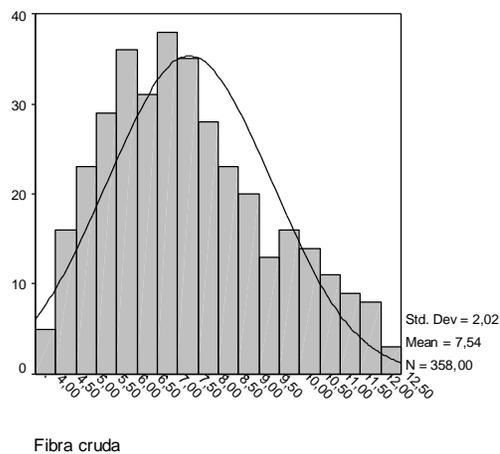


Gráfico 28. Histograma de la fibra cruda de la semolina de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.

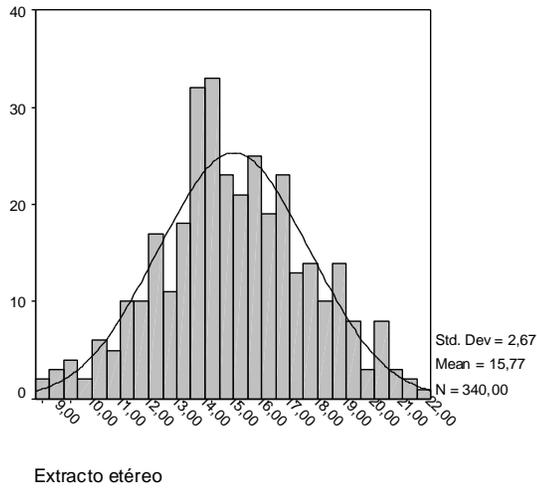


Gráfico 29. Histograma del extracto etéreo de la semolina de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.

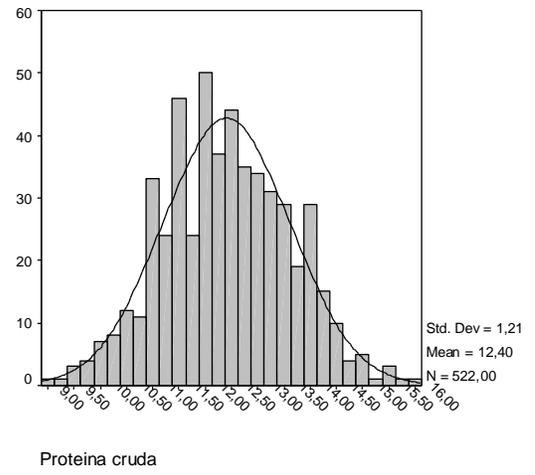


Gráfico 30. Histograma de la proteína cruda de la semolina de arroz tal como ofrecida con la representación de la curva de tendencia normal.