

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ZOOTECNIA

**VALIDACIÓN DE PROGRAMAS DE PREDICCIÓN PARA  
ESTIMAR EL CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS EN HARINA DE  
SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS, HARINA DE CARNE Y HUESO Y  
HARINA DE PESCADO**

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR  
**CARLOS ENRIQUE SOTO DÍAZ**

AL CONFERIRSELE EL GRADO ACADEMICO DE

**LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1998

JUNTA DIRECTIVA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO:	LIC. RODOLFO CHANG SHUM
SECRETARIO:	DR. MIGUEL ANGEL AZAÑÓN R.
VOCAL PRIMERO:	LIC. ROMULO GRAMAJO
VOCAL SEGUNDO:	DR. OTTO LIMA
VOCAL TERCERO:	LIC. EDUARDO SPIEGLER
VOCAL CUARTO:	BR. JOSE MORENO
VOCAL QUINTO:	BR. EDUARDO RODAS

ASESORES:

LIC. CARLOS ORTIZ C.  
LIC. LUIS FRANCO  
LIC. MIGUEL A. RODENAS

COLABORADOR:

ING. HANS MANN

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

CUMPLIENDO CON LO ESTABLECIDO POR LOS ESTATUTOS DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA PRESENTO A CONSIDERACION DE USTEDES EL TRABAJO DE TESIS TITULADO:

**VALIDACIÓN DE PROGRAMAS DE PREDICCIÓN PARA ESTIMAR EL CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS EN HARINA DE SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS, HARINA DE CARNE Y HUESO Y HARINA DE PESCADO**

CON REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE

LICENCIADO EN ZOOTECNIA

## TESIS QUE DEDICO

A DIOS NUESTRO SEÑOR	Guía, consuelo y apoyo en mi vida
A MI PADRE	Carlos E. Soto M. Por la ardua lucha que hemos enfrentado juntos
A MI MADRE	Beatriz E. Díaz C.
A MIS HERMANOS	María Fernanda, Ana Sofía, Juan Pablo y Renecito
A	Lucrecia Torselli de Soto
A MIS ABUELOS	Carlos A. Soto G. Odilia P. Meneggazzo de Soto Luis A. Díaz V. (Q.E.P.D.) Estela Cruz de Díaz (Q.E.P.D.)
A MI TIO	Ricardo A. Soto M.
A	Jessica Jiménez G.
A	Juan Pablo Quiñones Por sus sabios consejos
A MIS AMIGOS	Por estar siempre a mi lado

## AGRADECIMIENTOS

A DIOS

A LA TRICENTENARIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

A LA ESCUELA DE ZOOTECNIA

A LA EMPRESA DEGUSSA            Por su apoyo económico para  
realizar esta tesis

A MIS ASESORES                    Lic. Miguel A. Rodenas  
Lic. Carlos H. Ortiz  
Lic. Luis Franco  
Ing. Hans Mann  
Por su valiosa colaboración.

A MIS CATEDRÁTICOS            En especial a Lic. Enrique  
Corzantes, Ing. Miguel A.  
Gutiérrez y Lic. Luis Corado  
Por su apoyo en este trabajo

A MI PADRE                            Por su apoyo y paciencia

A MI ABUELO                        Por su ejemplo en la vida

A LAS EMPRESAS NOVUS Y RHONE-POULENC

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA FORMA  
PARTICIPARON EN LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE TRABAJO

**MUCHISIMAS GRACIAS A TODOS USTEDES**

## INDICE

	PÁGINAS.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. HIPÓTESIS	2
III. OBJETIVOS	
2.1 General	2
2.2 Específicos	2
IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
4.1 Proteínas y Aminoácidos	3
4.2 Variación Proteica de las Materias Primas	4
4.3 Harina de Subproductos Avícolas	4
4.4 Harina de Carne y Hueso	6
4.5 Harina de Pescado	8
4.6 Muestreo de los Ingredientes	10
4.7 Análisis de los Ingredientes	13
4.8 Análisis de Regresión	14
V. METODOLOGÍA	
5.1 Fuentes de Obtención de Muestras	16
5.2 Estándares Mínimos de Proteína Cruda de las Muestras	16
5.3 Número de Muestras	16
5.4 Tratamientos Evaluados	17
5.5 Variables Respuesta	17
5.6 Análisis Estadístico	17

	Páginas.
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
6.1 Análisis Químico-Proximal	19
6.1.1 Harina de Subproductos Avícolas (HSA)	19
6.1.2 Harina de Carne y Hueso (HCH)	19
6.1.3 Harina de Pescado (HP)	20
6.2 Estimación sobre el Perfil Aminoacídico	21
6.2.1 Análisis de H. Subproductos Avícolas	21
6.2.2 Análisis de H. Carne y Hueso	22
6.2.3 Análisis de H. Pescado	24
6.2.3.1 Harina de Anchoqueta	24
6.2.3.2 Harina de Pescado Panameña	25
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
7.1 Conclusiones	27
7.2 Recomendaciones	28
VIII. RESUMEN	30
IX. SUMMARY	31
X. BIBLIOGRAFIA	32

## INDICE DE TABLAS, CUADROS Y GRÁFICAS

	Páginas.
Tabla 1. Porcentaje de materia seca en distintas Harinas de Subproductos Avícolas	6
Tabla 2. Composición aminoacídica como porcentaje (%) de proteína cruda de distintas Harinas de Subproductos Avícolas	6
Tabla 3. Riesgo relativo por contaminación de salmonella en varios ingredientes.	7
Tabla 4. Porcentaje de materia seca en distintas Harinas de Carne y Hueso	8
Tabla 5. Composición aminoacídica como porcentaje (%) de proteína cruda de distintas Harinas de Carne y Hueso	8
Tabla 6. Porcentaje de materia seca en distintas Harinas de Pescado	10
Tabla 7. Composición aminoacídica como porcentaje (%) de proteína cruda de distintas Harinas de Pescado	10
Tabla 8. Muestreo en Sacos	11
Tabla 9. Muestreo a Granel (Silos)	11
Cuadro 1: Estándares mínimos de proteína cruda de las muestras	16
Cuadro 2: Análisis Químico-Proximal-H. Subproductos Avícolas (HSA)	19
Cuadro 3: Análisis Químico-Proximal-H. Carne y Hueso (HCH)	20
Cuadro 4: Análisis Químico-Proximal-H. de Pescado Anchoqueta (HPA)	20



	<b>Páginas.</b>
Cuadro 5: Análisis Químico-Proximal-H. de Pescado Panameña (HPP)	21
Cuadro 6: Resumen- Perfil Aminoacídico HSA	22
Gráfica 1: Harina de Subproductos Avícolas (HSA)	22
Cuadro 7: Resumen- Perfil Aminoacídico HCH	23
Gráfica 2: Harina de Carne y Hueso (HCH)	23
Cuadro 8: Resumen- Perfil Aminoacídico HPA	24
Gráfica 3: Harina de Pescado "Anchoveta" HPA	24
Cuadro 9: Resumen- Perfil Aminoacídico HPP	25
Gráfica 4: Harina de Pescado "Panameña" HPP	26

## 1. INTRODUCCIÓN

La actividad agropecuaria en Guatemala, constituye una fuente generadora de ingresos y trabajo, siguiendo las tendencias actuales hacia la globalización mundial es indispensable que ésta actividad deba volverse más eficiente y tecnificarse constantemente.

La nutrición animal juega un papel determinante en la actividad agropecuaria de Guatemala. El mayor costo en la producción de especies monogástricas es el rubro de la alimentación. Para la elaboración de dietas, es necesario tener un conocimiento de la composición y valor nutritivo de las materias primas utilizadas en la fabricación de alimentos terminados. En Guatemala, el número de materias primas disponibles es limitado, además de esto, la mayoría de éstas presentan una gran variabilidad lo que implica diferentes niveles de nutrimentos en los ingredientes de distinta procedencia.

Por lo anterior, es de suma importancia que al comprar éstas materias primas se determine la calidad nutricional de las mismas y así garantizar que al elaborar una dieta, se obtenga de ésta los mejores resultados a nivel de producción zootécnica. Al existir poca disponibilidad de materias primas, se necesita realizar análisis de contenido nutricional lo más rápido posible para determinar si éstas se deben comprar o no dependiendo de su composición nutricional.

Uno de los nutrientes críticos en la formulación de raciones es la proteína, que es importante más que en su cantidad, en su calidad, la cual está determinada por su composición en aminoácidos.

En este trabajo se evaluaron, cuáles programas computarizados de predicción de aminoácidos brindaron una mejor estimación sobre el nivel aminoacídico de una materia prima dada a partir de una análisis Químico-proximal (bromatológico). Esto será de un gran beneficio a los nutricionistas encargados de formular alimentos para animales, ya que contarán con datos más confiables sobre la composición de aminoácidos de las materias primas disponibles en un corto tiempo y podrán tomar decisiones sobre la compra de ingredientes de acuerdo a su valor nutricional estimado.

## **2. HIPÓTESIS**

Existe relación entre los estimados de los programas de predicción para contenido aminoacídico y los resultados analíticos de Aminogramas en Harina de Carne y Hueso, Harina de Subproductos Avícolas y Harina de Pescado.

## **3. OBJETIVOS**

### **A.) General**

Evaluar el uso de programas de predicción utilizados para estimar el contenido de aminoácidos de las materias primas utilizadas en Guatemala a partir de análisis Químico-proximal.

### **B) Específico**

Validar al menos tres programas de predicción utilizados para determinar el perfil de aminoácidos en Harina de Carne y Hueso, Harina de Subproductos Avícolas y Harina de Pescado en Guatemala.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS

Dado que las proteínas son materia principal de los órganos y las estructuras blandas en el cuerpo del animal, es preciso un suministro libre y continuo de las mismas en la alimentación durante toda la vida, para el crecimiento del animal y la reparación de los tejidos; de ahí que la transformación de las proteínas de los alimentos en proteínas del organismo sea una parte muy importante del proceso de la nutrición. (Mynard, 1969).

Los aminoácidos son las unidades estructurales de las proteínas. Durante la digestión las proteínas, éstas son transformadas en aminoácidos y estos son absorbidos por el tracto gastrointestinal para formar nuevas proteínas, como por ejemplo los músculos (Nebraska Cooperative Extension, 1995). Las proteínas están formadas por diferentes combinaciones de veinte aminoácidos existentes (Kansas State University Cooperative Extension Service, 1996).

Los animales no presentan requerimientos específicos de proteína cruda (PC), sino de aminoácidos. Si la dieta posee niveles inadecuados de algún aminoácido esencial, la síntesis de proteínas no puede ir más allá al límite en que este aminoácido esté disponible, esto es lo que se conoce como aminoácido limitante. La calidad de la fuente proteica se mide a partir de que tan cerca está ésta de llenar los requerimientos de aminoácidos a los animales que se alimentan de ella. Los 10 aminoácidos esenciales en la nutrición son: lisina, treonina, triptofano, metionina (+cistina), isoleucina, histidina, valina, arginina, y fenilalanina (+ tirosina). La mayoría de los granos son limitantes en lisina, triptofano y treonina, por lo que al evaluar ingredientes para la formulación de dietas, se les debe tomar mucho en cuenta a la hora de determinar la calidad de su proteína (Kansas State University Cooperative Extension Service, 1996).

El concepto de "proteína ideal" ó "balance ideal de aminoácidos" provee un perfil perfecto de aminoácidos esenciales y no esenciales en la dieta sin ningún exceso o deficiencia de los mismos. La "proteína ideal" provee exactamente en un 100% los niveles recomendados de aminoácidos. Varias preguntas se han hecho sobre si el exceso de aminoácidos disminuye el rendimiento en cerdos o si la reducción o eliminación de este exceso mejorará el rendimiento de los mismos (Nebraska Cooperative Extension, 1995).

Las recomendaciones de aminoácidos usualmente se basan en la cantidad requerida de los mismos para maximizar el rango de ganancia. Niveles ligeramente altos de aminoácidos van a mejorar aún más la eficiencia alimenticia y los canales más magros. Esto se debe a que niveles altos de aminoácidos permiten al animal que deposite mayores cantidades de tejido magro en vez de grasa. Porque toma menos energía depositar carne que grasa, la eficiencia

alimenticia es mejorada. (Kansas State University Cooperative Extension Service, 1996).

## **VARIACIÓN PROTEICA DE LAS MATERIAS PRIMAS**

La variación natural en el contenido de nutrimentos de un ingrediente se estima es  $\pm 10\%$ . La composición de productos vegetales puede variar dependiendo de la composición del suelo, grado de fertilización y variedad propia de la planta. Los cereales y sus subproductos parecen ser más consistentes en su contenido de nutrimentos que los alimentos proteicos, especialmente los de origen animal (Campabadal, 1991).

Los nutrientes que más varían en la composición de un alimento utilizado en la elaboración de dietas, son proteína, cenizas y fibra. Una variación amplia en el contenido de estos componentes normalmente produce alteraciones en el contenido de aminoácidos, minerales y energía de las dietas y como resultado una disminución en los rendimientos productivos y económicos de las granjas (Campabadal, 1991).

El nutriente que más variación presenta en las materias primas es el contenido de proteína, especialmente por efecto de procesamiento o de adulteración, por lo que es de gran necesidad un control estricto de calidad sobre el contenido de proteína en estas materias primas, especialmente cuando ellas representan un alto porcentaje en la dieta y no se recomienda utilizar valores promedio de las tablas de composición nutricional. El porcentaje de proteína en algunas materias primas, especialmente en subproductos agroindustriales presentan una gran variación de acuerdo al grado de adulteración y procesamientos. Las fuentes proteicas de origen animal varían en su calidad y composición más que las de origen vegetal (Campabadal, 1991).

## **HARINA DE SUB PRODUCTOS AVÍCOLAS**

La harina de subproductos avícolas es producida de los desechos generados durante el proceso de matanza de pollos de engorde o aves de postura. Estos desechos están compuestos de cabezas, canales no aptas para el consumo humano, sangre, plumas y los desechos de incubadoras. Además de estos se utilizan los intestinos si estos son vaciados de su contenido y en países desarrollados se usan las mollejas. Es más consistente en cuanto a su calidad comparada con la harina de carne ya que sólo una especie es utilizada para su elaboración. Además de esto posee niveles de calcio y fósforo menores que la anterior. Se recomienda como nivel máximo en la dieta:

- Pollos de engorda y ponedora: Iniciador 5%, Desarrollo y Finalizador 7-8%, Postura 5%

- Cerdos: Preiniciador 0%, Iniciador 3%, Desarrollo y Engorda 5%, Gestación 7%, Lactación 5%
- Ganado Lechero: Iniciador de Terneros 5%, Desarrollo 5%, Novillas 7%, Producción 5%, Vacas secas y Toros 5%.

La variación en cuanto a la calidad depende de si se adiciona o no plumas en su elaboración, la pluma por poseer queratina debe ser sometida a un proceso de cocción a una temperatura adecuada y tiempo suficiente, para que ésta sea desnaturalizada y a la vez se de la eliminación de microorganismos patógenos. (Campabadal, 1994). La sobrecocción de las harinas de este tipo dan como resultado productos de color más oscuros. La harina de subproductos avícolas contiene más grasa insaturada que la harina de carne por lo que se le debe adicionar más del 0.5% de antioxidante al producto terminado (FAO, 1997).

Recientemente se están ensilando los pollos muertos y los subproductos obtenidos de la matanza en rastro previo al proceso, ya que este permite un mejor control sobre la contaminación microbial previa al procesamiento y facilita el almacenamiento en pequeñas cantidades (Leeson, 1997).

#### Limitaciones nutricionales:

La rancidez que se da en la grasa puede influenciar las características organolépticas de la materia prima como también el color y la textura de la misma. Además de esto puede causar destrucción de otros nutrientes solubles en grasa como es el caso de las vitaminas liposolubles, esto se da tanto en las que están presentes en la dieta como en las que se encuentran como reservas corporales. La oxidación es un proceso esencial en la degradación que ocurre en estructuras de glicerol de doble enlace, esto se debe a que la presencia de dobles enlaces infiere en la insaturación por lo que mientras más grasa insaturada exista mayor será la posibilidad de rancidez. Al ocurrir el proceso de rancidez, se da además de cambios en las características organolépticas en el ingrediente, una disminución en el valor energético de la fuente. Se recomienda usar antioxidante como Ethoxyquin (Leeson, 1997).

Tabla No. 1.

**PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN DISTINTAS HARINAS DE SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS**

	MS	PC	FC	Cen.	EE	ELN	Ca	P
H. subproductos avícolas, EEUU	94.2	59.9	2.1	15.5	17.1	5.4	3.75	1.80
Pie de pollo Crudo	39.7	53.4	0.0	20.3	26.3	0.0	4.00	0.0
Visceras de pollo crudas, Chipre	26.3	52.9	0.0	4.7	42.4	0.0	0.22	0.96
Cabeza de pollo cruda, Chipre	32.8	56.7	0.0	20.0	23.3	0.0	2.80	3.30
Sangre de pollo cruda, Chipre	17.9	91.8	0.0	5.9	2.3	0.0	0.56	0.0

Fuente: FAO (1997)

Tabla No. 2.

**COMPOSICIÓN AMINOACÍDICA COMO (%) DE PROTEÍNA CRUDA DE DISTINTAS HARINAS DE SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS.**

H. SUPRODUCTO AVÍCOLAS	Arg	Cis	Gli	His	Ile	Leu	Lis	Met	Phe	Tre o	Tri	Tii	Val
FAO	5.5	1.4	12.7	1.4	3.2	7.4	5.7	1.4	3.1	4.3	1.2	2.6	5.2
Rhone-Poulenc	3.9	1.53	4.66	0.72	2.48	3.97	2.41	0.87	2.78	2.20	0.42	1.69	3.17
Novus	4.12	0.75	6.36	—	3.9	3.56	3.63	1.15	2.32	2.15	0.54	1.83	2.15
Degussa	3.94	0.65	6.22	1.25	2.01	3.89	3.32	1.11	2.26	2.18	0.48	1.56	2.51

Fuentes: FAO (1997), Degussa (1996), Rhone-Poulenc (1993), Novus (1992).

**HARINA DE CARNE Y HUESO**

Las harinas de carne y hueso son subproductos de la matanza y procesamiento de cerdos y bovinos. Estas son de composiciones variables. En el pasado cuando se hablaba de harina de carne, se refería sólo a productos elaborados de tejidos suaves mientras que la harina de carne y hueso contenía cantidades variables de hueso, hoy en día la harina de carne y hueso se refiere comúnmente a subproductos animales con hueso, donde el nivel de proteína es alrededor del 50%, fósforo 4% (como mínimo) y calcio 8%. Ya que los minerales provienen del hueso, la relación calcio:fósforo debe ser alrededor de 2:1 y las desviaciones de ésta usualmente indican adulteración de la materia prima con otras fuentes de minerales. Además de esto, variaciones en el contenido de calcio y fósforo son problemáticas y presenta una gran probabilidad de sobre pasar los niveles permitidos de fósforo en la ración. (Leeson, 1997). Se recomienda como nivel máximo en la dieta. (Campabadal, 1994):

- Pollos de engorda y ponedora: Iniciador 3%, Desarrollo y Finalizador 5%, Postura 5%
- Cerdos: Preiniciador 0%, Iniciador 5%, Desarrollo y Engorda 5%, Gestación 6%, Lactación 5%
- Ganado Lechero: Iniciador de Terneros 5%, Desarrollo 5%, Novillas 5%, Producción 3%, Vacas secas y Toros 5%.

Las harinas de carne y hueso contienen usualmente pequeños residuos de grasa por lo que se deben estabilizar con antioxidantes. Evidencias recientes sugieren que el contenido de energía metabolizable en harina de carne es más alto que el estimado en el pasado (Leeson, 1997).

#### Limitaciones nutricionales

El principal problema que presenta la harina de carne y hueso es su posible contaminación microbiana, en especial por salmonella. Una forma de disminuir la carga microbiana es tratar la harina de carne y hueso recién procesada con ácidos orgánicos. Estudios indican que la harina de carne y hueso recién cocida es casi estéril por lo que la contaminación se da posteriormente (Leeson, 1997).

Tabla No. 3.

#### RIESGO RELATIVO POR CONTAMINACIÓN DE SALMONELLA EN VARIOS INGREDIENTES

	contaminación por salmonella (%)	en la dieta (%)	factor de riesgo relativo (%)
Maiz o sorgo	1	60	60
Proteína orig. Vegetal	8	30	24
Harina de carne y hueso	15	5	7.5

Fuente: Leeson (1997).



Tabla No. 4.

**PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN DISTINTAS HARINAS DE CARNE Y HUESO**

	MS	PC	FC	Cen.	EE	ELN	Ca	P
II. de carne, Tanzania	96.6	80.5	0.0	5.0	6.8	7.7	0.0	0.0
H. carne y hueso, EEUU	95.6	53.3	0.0	29.7	12.6	10.5	5.20	1.1
Orejas crudas de bovinos	23.7	85.0	0.1	4.0	10.9	0.0	0.10	0.20
Traqueas crudas de bovinos	34.6	59.8	0.0	3.0	37.2	0.0	0.06	0.25
Rumen crudo de bovinos	29.2	68.5	0.0	3.5	28.0	0.0	0.04	0.28
Intestino crudo de bovinos	21.8	65.5	0.0	4.9	29.6	0.0	0.06	0.92

Fuente: FAO (1997)

Tabla No. 5.

**COMPOSICIÓN AMINOACÍDICA COMO (%) DE PROTEÍNA CRUDA DE DISTINTAS HARINAS DE CARNE Y HUESO.**

H. CARNE Y HUESO	Arg	Cis	Gli	His	Ils	Leu	Lis	Met	Phe	Treo	Trip	Tir	Val
Degussa	3.45	0.50	6.77	0.91	1.34	2.98	2.51	0.68	1.62	1.59	0.28	1.07	2.04
Rhone-Poulenc	3.43	0.58	7.02	0.81	1.42	2.94	2.42	0.58	1.66	1.61	0.20	1.06	2.26
Novus	3.5	0.65	6.72	0.0	1.43	3.07	2.45	0.65	1.81	1.62	0.40	1.22	2.28
FAO	5.9	0.70	14.1	1.4	2.6	6.5	5.0	1.4	3.1	3.4	1.1	1.7	4.7

Fuente: FAO (1997), Degussa (1996), Rhone-Poulenc (1993), Novus (1992).

**HARINA DE PESCADO**

Históricamente la harina de pescado era un subproducto proveniente de las industrias que elaboraban aceite de pescado como también de los excesos en la pesca extractiva y los peces pequeños que no eran vendidos al público. Al irse incrementando el valor de esta harina, dejó de ser un subproducto y se convirtió en una industria.

La harina de pescado es usualmente una excelente fuente de aminoácidos esenciales, aunque el nivel de energía va a depender del contenido residual de aceite. Existen dos formas principales para elaborar harina de pescado:

1. Por secado directo: harina blanca
2. Cocido y luego secado: harina oscura.

El tipo de proceso a utilizar se basará en el contenido de aceite de la materia prima que posea. La harina blanca es producida de pescado entero, pescado parcialmente eviscerado y/o residuos de cortes de filetes. El nivel de grasa en la harina es usualmente entre 3% y 6%. La harina de pescado oscura es usualmente hecha de pescado entero, el aceite es separado por cocimiento y prensado, dando como resultado una torta prensada que luego es secada para elaborar el tipo más conocido de harinas de pescado (FAO, 1997).

La harina de pescado debe ser almacenada bien seca, y los sacos no deben ponerse unos sobre otros. Deben de ser almacenadas en lugares con buena ventilación para facilitar la oxidación inicial del aceite residual. Además deben ser estabilizadas con antioxidantes como el Ethoxyquin, especialmente para las que posean altos contenidos de aceite.

Por su alto costo, la harina de pescado raramente es dada a rumiantes ya que es una medida antieconómica, además de esto confiere un sabor desagradable a la leche. Sin embargo, su utilización en alimentos para cerdos y aves de corral es más común, ya que provee a la ración aminoácidos esenciales que se encuentran a niveles deficientes. En avicultura los niveles promedio en la ración son 7% para iniciador, 3-5% para finalizador y 5% para ponedoras. Para cerdos un nivel normal es de un 10% de preiniciador, 7% de iniciador y 5% para desarrollo, engorda y reproducción (Campabadal, 1994). El único factor que debe tomarse muy en cuenta cuando los niveles de harina de pescado son altos en la dieta es el contenido de aceite, que puede provocar sabores a pescado en la carne y huevos. El límite máximo permitido para cerdos y aves en crecimiento es de más o menos un 10% de harina de pescado en la ración, ya que valores mayores a este afectan la palatabilidad de la dieta causando una disminución en el consumo de alimento (FAO, 1997).

#### Limitaciones nutricionales

Problemas potenciales en el uso de harina de pescado es el de la aparición de tinciones en huevos y carne además de erosiones en la molleja en aves pequeñas. El uso de harinas de pescado con tratamientos térmicos inadecuados presenta problemas por el exceso de actividad de la Tiaminasa. Tinciones en el huevo y carne han sido detectadas cuando las aves son alimentadas con un porcentaje mayor de harina de pescado del 4-5%. Aves jóvenes, en especial pollos de engorda alimentados con harina de pescado pueden presentar erosiones en la molleja, las cuales pueden ir en pequeñas grietas en sus paredes hasta hemorragias, las que producen destrucción total del tejido interno de revestimiento. Este tejido es requerido para el procesamiento físico del alimento ya que por su textura "muele" el mismo mejorando sus áreas de exposición, además de esto protege al tejido mucoso que se encuentra abajo de éste de los ácidos producidos por el proventrículo. Al destruirse este tejido los animales afectados presentan una tasa muy lenta de crecimiento. La harina de pescado posee mollerossina, que es formada por el

calentamiento de la histidina en su procesamiento, la cual provoca un incremento en la producción de ácidos, provocando erosiones en la molleja (Leeson, 1997).

Tabla No. 6:

**PORCENTAJE DE MATERIA SECA EN DISTINTAS HARINAS DE PESCADO.**

	MS	PC	FC	Cen.	EE	ELN	Ca	P
H. de Atún	90.0	68.9	1.1	22.2	7.8	0.0	4.44	2.78
H. de P. Blanco	91.0	72.5	1.1	22.0	4.4	0.0	7.89	3.89
Sardina, torta prensada	88.0	72.7	1.1	18.2	8.0	0.0	4.89	3.41
Arenque, H. entera	90.0	78.9	1.1	11.1	8.9	0.0	3.00	2.20
H. pescado, Chile	92.3	72.6	1.1	15.7	2.7	7.9	3.66	2.41
H. pescado, Perú	91.8	70.5	1.1	16.8	5.2	6.4	4.30	2.83
H. pescado, tilapia	93.7	66.5	0.0	29.8	3.7	0.0	0.0	0.0
H. pescado, visceras	90.0	76.7	9.1	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: FAO. (1997).

Tabla No. 7.

**COMPOSICIÓN AMINOACÍDICA COMO (%) DE PROTEÍNA CRUDA DE DISTINTAS HARINAS DE PESCADO.**

HARINA DE PESCADO:	Arg	Cis	Gli	His	Ils	Leu	Lis	Met	Phe	Tre o	Trip	Tir	Val
FAO (arenque)	7.8	1.2	6.8	2.3	5.1	7.0	8.2	2.3	3.5	4.0	0.8	2.8	6.6
FAO (Chile)	5.9	0.9	5.6	2.6	4.8	7.6	8.0	3.1	4.3	4.3	1.2	3.4	5.5
FAO (Perú)	5.7	0.9	6.1	2.3	4.6	7.5	7.5	3.0	4.2	4.1	1.1	3.6	5.2
Rhone-Poulenc	3.82	0.58	4.26	1.68	3.04	4.82	5.05	1.82	2.67	2.71	0.69	2.11	3.43
Novus	3.68	0.63	4.07	—	2.27	4.44	4.36	1.60	2.51	2.4	0.64	1.96	3.14
Degussa	3.66	0.57	4.27	1.78	2.57	4.54	4.81	1.77	2.51	2.64	0.66	2.04	3.03

Fuentes: FAO (1997), Degussa (1996), Rhone-Poulenc (1993), Novus (1992).

**MUESTREO DE LOS INGREDIENTES**

El objetivo del muestreo de cualquier ingrediente o ración es el obtener muestras que son representativas del lote en cuestión. Un resultado incorrecto que de un dato, el cuál puede ser producto del mal muestreo, manejo incorrecto de las muestras, errores analíticos, etc. es peor que no tener dato alguno. Por lo tanto, es responsabilidad de los técnicos conocer los procedimientos y técnicas adecuadas para el muestreo para asegurar la mejor formulación de las raciones (Reed, 1997).

### Pasos en el muestreo:

- Tomar muestras de 0.5 a 1.0 lbs. cada una.
- Para lotes de 1 a 10 sacos se deben muestrear todos.
- Para lotes de 11 o más sacos se deben muestrear lotes de 10 sacos.
- Se deben analizar un mínimo de 3 muestras y promediarlos.

Existen otras norinas a seguir según el número de muestras a tomar dependiendo del tamaño del lote, tal es el ejemplo siguiente:

Tabla No. 8.

### MUESTREO EN SACOS

TAMAÑO DEL LOTE (SACOS)	% MUESTREADO	MUESTRA (SACOS)
2-20	20	1-4
20-60	10	2-14
60-200	7	4-14
200-500	5	10-25
500- <sup>3</sup>	4	20-40
MÁS DE 1000	3	40

Fuente: Guerra (1992).

Debe muestrearse usando una chuza o abriendo el saco y obteniendo una pequeña porción de varios niveles. Los muestreos de productos menores a los 100 Kg deben obtener muestras de al menos 0.75 Kg

Los materiales a granel deben ser muestreados con muestreadores de compartimentos, pero la inspección visual y manual son procedimientos vigentes. En este caso el muestreo se realiza de acuerdo al tonelaje:

Tabla No. 9.

### MUESTREO A GRANEL (SÍLOS)

TAMAÑO DEL LOTE (TON. MÉTRICA)	NÚMERO DE MUESTRAS
Menos de 1	4
1-2	6
2-5	10
5-10	15
10-25	25
25-50	40
50-100	60
Por cada 10 Tm. En exceso de 100	2

Fuente: Guerra (1992).

Si la muestra es cuantiosa debe reducirse su tamaño por medio de algún método conocido como el cuarteo. Este proceso debe hacerse cuidadosamente para no alterar la composición real de la muestra.

- Debe estar protegida contra cambios en la composición, especialmente la humedad.
- Debe guardarse en recipiente de boca ancha con tapadera o en bolsa plástica gruesa, de tal manera que la aisle de cambios provocados por el ambiente.
- Debe tener identificación detallada con número de registro, número de lote, proveedor, en fin todo aquel dato que permita reconocerla con facilidad.
- Es recomendable conservar muestras en duplicado, para el caso de resultados dudosos o como respaldo en caso de reclamos.

Las características de una buena muestra molida para análisis son:

#### **Homogeneidad:**

La molienda de la muestra debe ser exageradamente homogénea ya que se utilizan a veces muestras de 0.2 g. para análisis, por lo que requerimos que esa minúscula porción sea representativa.

#### **Contaminación:**

Entre moliendas especialmente si son de distintos ingredientes, el molino se debe limpiar cuidadosamente. Debe poseer mallas de acero inoxidable para evitar agregar contaminación (Guerra, 1992).

Posterior al muestreo, se debe proceder a analizar cualitativamente las muestras para garantizar su calidad en los siguientes aspectos:

- **Humedad:** producto suelto, sin grumos ni manchas. Determinación rápida pero confiable.
- **Color:** típico, uniforme.
- **Olor:** limpio, característico, no rancio o fétido.
- **Presencia de materiales extraños:** ya sea adulteración del producto o por contaminación por aves, roedores o insectos.
- **Textura:** regularidad en el tamaño de las partículas y distribución regular de líquidos.
- **Evidencia de calentamiento:** usar termómetro o buscar grano oscuro.
- **Deterioros por biotoxinas**

Análisis más específicos se deben realizar para cada ingrediente con el propósito de garantizar una formulación adecuada. Para las fuentes proteicas se sugiere obtener su contenido de:

- Humedad
- Proteína cruda

- Cenizas
- Nitrógeno no proteico

## ANÁLISIS DE LOS INGREDIENTES

Normalmente se ejecuta un análisis proximal o de Weende, para estimar la calidad del ingrediente en cuestión. El análisis proximal completo consiste en determinar proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas, materia seca y humedad. Este se efectúa con un mínimo de tres submuestras. A la primera se le somete a calentamiento (100 - 110 °C) en un horno de secamiento con objeto de determinar su humedad (su complemento que es la materia seca, se calcula por diferencia); posteriormente se calcina (500 - 600 °C) para determinar la materia mineral o cenizas (la parte que desaparece se considera como materia orgánica). A la segunda submuestra se le somete a una extracción con un solvente orgánico que arrastra el llamado extracto etéreo (comprende aceites, grasas, pigmentos y otros materiales liposolubles) utilizando un aparato de extracción de Goldfisch. Al material sobrante, por el método de Van Soest se le aplica una digestión ácida seguida de una alcalina, quedando como remanente la llamada fibra cruda. A la última submuestra se le somete al análisis de proteína cruda, usando el método Kjeldahl, que no es más que una determinación del nitrógeno total liberado en una digestión química (Shimada, 1983).

Los laboratorios miden el contenido de nitrógeno (N) de las materias primas y calculan la proteína cruda usando la fórmula:  $PC = \% N \times 6.25$ . La proteína cruda incluirá la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico. Los valores de proteína cruda no dan indicaciones si esta proteína fue dañada por efectos del calor, que posteriormente van a alterar la disponibilidad de proteínas. El análisis de un ingrediente no siempre va a dar el valor de la proteína insoluble; sólo si se sospeche de un daño en la proteína por efecto del calor y este análisis sea solicitado. Este valor nos dará una indicación si existió calor excesivo, reduciendo la digestibilidad de las proteínas. Todos los ingredientes poseen un poco de proteína insoluble. Este valor también es reportado como ADF-N proteína, ADF PC o proteína no disponible. En algunos reportes, el valor de la proteína soluble será la diferencia entre la proteína cruda y la proteína insoluble (Schroeder, 1994).

Para determinar la composición en aminoácidos de un ingrediente, en primer lugar los aminoácidos tienen que ser liberados de la proteína del ingrediente, utilizando ácido clorhídrico semiconcentrado (hidrólisis). Sin embargo, la metionina y la cistina, que juegan un papel principal en nutrición animal, son parcialmente destruidas durante la hidrólisis. Para determinar estos aminoácidos, primero se somete la muestra a un proceso de oxidación utilizando ácido per fórmico. De esta forma, la metionina y la cistina se transforman cuantitativamente en metionina sulfona y ácido cistéico respectivamente, que

son estables bajo condiciones de la hidrólisis ácida. Se separa el hidrolizado de proteína en una resina de intercambio catiónico en el analizador de aminoácidos, y a continuación por reacción con ninhidrina, se desarrollan derivados coloreados para la determinación cuantitativa de aminoácidos individuales en la célula de flujo de un fotómetro. El aminoácido aromático tirosina, que es destruido por reacción con ácido perbórico, sólo puede ser determinado en el hidrolizado sin la oxidación precedente. El contenido en triptofano, que es un aminoácido lábil, es determinado por una cromatografía líquida de alta performance (HPLC) en fase reversa, después de una hidrólisis alcalina con hidróxido de litio en ausencia de oxígeno (Degussa, 1996).

El proceso cromatográfico se puede definir como una técnica de separación que envuelve transferencias de masas entre la fase móvil y la fase estacionaria. La cromatografía por HPLC utiliza una fase líquida móvil para separar los componentes de la mezcla. Estos componentes (analizados) son primero disueltos en un solvente, y luego forzados a fluir dentro de una columna cromatográfica que es sometida a grandes presiones. En la columna es donde se determinan los componentes de la mezcla. La cantidad de resolución es importante, y es dependiente del grado de interacción entre los componentes disueltos y la fase estacionaria. La fase estacionaria se define como el material inmóvil de la columna. La interacción entre los componentes disueltos con las fases móvil y estacionaria puede ser manipulada por medio de diferentes opciones de componentes disueltos y fases estacionarias (Kazakevich, 1995).

## ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Se puede definir a la regresión como la cantidad de cambio de una variable dependiente asociada a un cambio unitario de la variable independiente Hills (1981). El análisis de regresión es una técnica estadística para investigar la relación entre una variable respuesta (variable dependiente) y una o más explanarais o variable independiente. Es usado para predecir el comportamiento de la variable dependiente de valores dados de las variables independientes. Si la variable dependiente Y tiene que ser relacionada a una variable independiente X, el modelo para asociar Y y X puede ser dado por  $Y = AX + B$ , donde A y B son coeficientes no especificados. Esto es conocido como análisis de regresión lineal (Ezekiel, 1988).

Para la mayor parte de ingredientes, se han establecido ecuaciones de regresión tomando el valor de proteína como variable independiente. Si el valor de proteína bruta de un ingrediente es conocido, los contenidos de los aminoácidos más importantes (metionina, lisina, treonina, etc.) pueden ser calculados.

Los resultados se expresan en porcentaje del aminoácido respecto a la materia seca estandarizada. Cuando sólo hay un número limitado de muestras,

o cuando sólo hay una pequeña correlación entre la proteína bruta y el contenido en aminoácidos ( $r < 0.50$ ), no se han dado ecuaciones. Además no se han calculado ecuaciones de regresión, si el rango de proteína era muy pequeño. (Degussa, 1996).

#### Ecuaciones de Regresión para Harina de Pescado

##### DEGUSSA:

% Metionina	= % PB * 0,0391 - 0,690	r=0,82
% Met + Cis	= % PB * 0,0463 - 0,571	r=0,78
% Lisina	= % PB * 0,1081 - 1,998	r=0,86
% Treonina	= % PB * 0,0537 - 0,742	r=0,85
% Triptofano	= % PB * 0,0158 - 0,338	r=0,76
% Arginina	= % PB * 0,0496 + 0,536	r=0,63
% Isoleucina	= % PB * 0,0566 - 0,992	r=0,83
% Leucina	= % PB * 0,0961 - 1,507	r=0,85
% Valina	= % PB * 0,0682 - 1,260	r=0,84

#### Ecuaciones de Regresión para Subproductos Avícolas

##### DEGUSSA:

% Metionina	= % PB * 0,0278 - 0,494	r = 0,75
% Met + Cis	= % PB * 0,0404 - 0,566	r = 0,65
% Lisia	= % PB * 0,0620 - 0,260	r = 0,72
% Treonina	= % PB * 0,0504 - 0,727	r = 0,79
% Triptofano	= % PB * 0,0135 - 0,283	r = 0,71
% Arginina	= % PB * 0,0576 + 0,615	r = 0,73
% Isoleucina	= % PB * 0,0372 - 0,135	r = 0,68
% Leucina	= % PB * 0,0754 - 0,460	r = 0,72
% Valina	= % PB * 0,0440 - 0,023	r = 0,64

#### Ecuaciones de Regresión para Harina de Carne y Hueso

##### DEGUSSA:

% Metionina	= % PB * 0,0228 - 0,439	r = 0,74
% Met + Cis	= % PB * 0,0387 - 0,724	r = 0,70
% Lisina	= % PB * 0,0729 - 1,056	r = 0,82
% Treonina	= % PB * 0,0488 - 0,806	r = 0,86
% Triptofano	= % PB * 0,0139 - 0,403	r = 0,76
% Arginina	= % PB * 0,0434 + 1,318	r = 0,54
% Isoleucina	= % PB * 0,0466 - 0,952	r = 0,78
% Leucina	= % PB * 0,0978 - 1,826	r = 0,82
% Valina	= % PB * 0,0636 - 1,078	r = 0,76

NOTA: Las ecuaciones de regresión de Novus y Rhone-Poulenc no son reportadas, ya que dichas empresas por políticas de las mismas, únicamente facilitan programas de computación para la estimación los aminoácidos.



## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 FUENTES DE OBTENCIÓN DE MUESTRAS/MANEJO DEL ESTUDIO

Las distintas muestras de los ingredientes en cuestión se obtuvieron de diferentes Compañías comerciales dedicadas a la elaboración de alimentos balanceados para animales. El muestreo de las materias primas se realizó según la metodología sugerida por Guerra (1992) para las empresas que lo permitieron, ya que las que poseían sus propios laboratorios de control de calidad proporcionaron un número aleatorio de muestras de 454 g. El análisis de las muestras se llevó a cabo en dos etapas, se dividió cada muestra obtenida en dos submuestras, de las cuales la primera fue enviada al Laboratorio Analítico de Degussa en Alemania y se le realizó un Aminograma; a la otra submuestra se le realizó un análisis Químico-Proximal en base a la metodología de Weende (Shimada, 1983) en dos laboratorios locales.

### 5.2 ESTÁNDARES MÍNIMOS DE PROTEÍNA CRUDA DE LAS MUESTRAS

Cada muestra obtenida cumplió con un estándar mínimo de calidad en cuanto a proteína cruda para ser utilizada en esta investigación. Este estándar mínimo fue específico para cada ingrediente. Estos estándares mínimos fueron:

#### **CUADRO 1: ESTANDARES MÍNIMOS DE PROTEÍNA CRUDA DE LAS MUESTRAS**

INGREDIENTE	MEDIA %	MINIMO %	MAXIMO %
H. de Pescado	62.94	50.30	73.60
H. de Subproductos Avícolas	56.73	43.46	70.64
H. de Carne y Hueso	49.10	38.68	60.56

Fuente: Degussa (1996).

### 5.3 NÚMERO DE MUESTRAS

Se obtuvieron un número de 10 muestras como mínimo por materia prima. Cada muestra fue tomada como una repetición. Debido al alto costo del análisis de un Aminograma (\$300.00 cada uno) se realizó un muestreo aleatorio por conveniencia.

### 5.4 TRATAMIENTOS EVALUADOS

- A) Aminograma de cada una de las repeticiones de cada ingrediente como tratamiento testigo.
- B) Estimación de aminoácidos por medio de los programas de predicción de base de datos de Degussa a cada análisis Químico-proximal elaborado.
- C) Estimación de aminoácidos por medio de los programas de predicción de base de datos de Rhone-Poulenc a cada análisis Químico-proximal elaborado.
- D) Estimación de aminoácidos por medio de los programas de predicción de base de datos de Novus a cada análisis Químico-proximal elaborado.

## 5.5 VARIABLES RESPUESTA

Las variables respuesta fueron las siguientes:

- a.- Metionina
- b.- Cistina
- c.- Metionina + Cistina
- d.- Lisina
- e.- Treonina
- f.- Triptofano
- g.- Arginina
- h.- Valina

Utilizando para ellos los resultados de los análisis Químico-proximales tal como lo requieren los programas a evaluar.

## 5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La unidad experimental fue constituida por una muestra que fue dividida en dos; a la primera porción de la misma se le realizó un Aminograma y a la segunda porción se le realizó dos análisis Químico-proximales en distintos laboratorios locales, de los cuáles se obtuvo los porcentajes aminoacídicos estimados por medio de cada uno de los programas de predicción de base de datos (Degussa, Rhone-Poulenc y Novus). Los datos obtenidos fueron analizados por medio del modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : Variable respuesta.

$\mu$ : Efecto de la media general.

$T_i$ : Efecto del  $i$ -ésimo método de cálculo del aminoácido.

$E_{ij}$ : Efecto del Error Experimental.

Se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey cuando existieron diferencias estadísticas. Además de esto se realizó un análisis de Regresión entre el aminoácido estimado por el Aminograma y la Proteína Cruda para obtener ecuaciones de regresión para materias primas utilizadas en Guatemala.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 ANÁLISIS QUÍMICO-PROXIMAL

Los resultados de los análisis Químico-proximales de los distintos ingredientes: Harina de Subproductos Avícolas (HSA), Harina de Pescado (HP) y Harina de Carne y Hueso (HCH) realizados por dos laboratorios locales se presentan en los cuadros 2,3,4 y 5.

En los siguientes cuadros se puede observar que las desviaciones estandard y los coeficientes de variación fueron mínimos (todos menores de 5%) entre los valores observados entre los dos laboratorios nacionales en los distintos nutrimentos de los ingredientes analizados. Se realizó una comparación entre estos laboratorios por medio de un ANDEVA y no se encontraron diferencia significativa entre los mismos.

#### Harina de Subproductos Avícolas (HSA):

Acorde a los valores obtenidos para HSA utilizadas en Guatemala, éste insumo cumple con las normas establecidas por "Association of American Feed Control Officials Incorporated" (AAFCO) en sus valores de Análisis Químico-proximales (Cuadro No. 2). Esto indica que este ingrediente posee una calidad adecuada para su utilización en alimentos para animales.

**CUADRO 2. H. SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS (HAS)**

	M.S. (%)	P.C. (%)	E.E. (%)	F.C. (%)	Cenizas (%)
Lab. 1	90.71	62.03 a	13.75	2.23	15.54
Lab. 2	90.71	61.93 a	13.90	2.22	15.54
DS	0.01	0.07	0.11	0.01	0.00
CV (%)	0.01	0.12	0.78	0.26	0.02
AAFCO	90-94	55-65	8-12	2-4	12-18

NOTA: a, b, c, d, medias con significancia estadística ( $P < 0.01$ ).

#### Harina de Carne y Hueso (HCH):

Para HCH utilizadas en Guatemala no se cumplen con estas normas a diferencia de las HSA ya que los valores para proteína cruda (PC) fueron 8.6 unidades menos que el estándar, lo que representa un 17% más bajo que el recomendado por AAFCO en sus valores de análisis Químico-proximales (Cuadro No. 3). Además de esto los valores para cenizas fueron 4.7 unidades menos que el estandard lo que representa un 15.2% más altos que los establecidos por esta organización, lo que indica que existe una variación entre el contenido de carne y hueso del ingrediente lo que influye en el contenido de calcio y fósforo que debe mantenerse una relación de 2:1 y cenizas de un 8%

para el primero y un 4% para el segundo. (Leeson, 1997). Esto conlleva a un bajo contenido proteico de esta materia prima. Zumbado (1996), reportó HCH de bajo contenido proteico y alto contenido de cenizas similares a los encontrados en éste estudio.

**CUADRO 3. H. DE CARNE Y HUESO (HCH)**

	M.S. (%)	P.C. (%)	E.E. (%)	F.C. (%)	Cenizas (%)
Lab. 1	91.57	41.78 a	7.97	2.52	36.28
Lab. 2	91.53	41.80 a	7.89	2.52	38.20
DS	0.03	0.01	0.06	0.00	0.06
CV (%)	0.03	0.03	0.73	0.09	0.15
AAFCO	93	50.4	10.4	2.4	31.5

NOTA: a, b, c, d, medias con significancia estadística ( $P < 0.01$ ).

**Harina de Pescado (HP):**

Se encontraron dos fuentes distintas de HP utilizadas en Guatemala, la primera de ellas es la Harina de Anchoveta (HPA), que es elaborada principalmente en Chile y Perú; la otra es Harina de Pescado Panameña (HPP) que utiliza más de una especie de pescado para su elaboración. La HPA utilizada en Guatemala cumple y en algunos casos sobrepasa las normas establecidas por AAFCO (Cuadro No. 4). Esto indica que estos ingredientes poseen una calidad adecuada para su utilización como insumo. La HPP presentó niveles inferiores en cuanto a materia seca (MS) y proteína cruda (PC) como también niveles mayores en cuanto cenizas (Cuadro No. 5). Calabotta (1986), Barlow *et al* (1984) y Zumbado *et al* (1996), encontraron porcentajes similares de cenizas como los encontrados en Guatemala en distintas harinas de pescado.

**CUADRO 4. H. DE PESCADO ANCHOVETA (HPA)**

	M.S. (%)	P.C. (%)	E.E. (%)	F.C. (%)	Cenizas (%)
Lab. 1	87.54	68.28 a	10.73	0.50	14.97
Lab. 2	87.52	68.37 a	11.00	0.51	15.45
DS	0.01	0.06	0.19	0.01	0.34
CV (%)	0.01	0.09	1.73	1.40	2.24
AAFCO	89 - 93	60 - 66	6.5 - 11	0 - 1	14 - 16

NOTA: a, b, c, d, medias con significancia estadística ( $P < 0.01$ ).

**CUADRO 5. HARINA DE PESCADO PANAMEÑA (HPP)**

	M.S. (%)	P.C. (%)	E.E. (%)	F.C. (%)	Cenizas (%)
Lab. 1	87.39	58.44 a	6.72	0.51	23.43
Lab. 2	87.29	58.31 a	6.79	0.49	23.79
DS	0.07	0.09	0.05	0.01	0.25
CV (%)	0.08	0.16	0.73	2.83	1.08
AAFCO	89 - 93	60 - 66	6.5 - 11	0 - 1	14 - 16

NOTA: a, b, c, d, medias con significancia estadística ( $P < 0.01$ ).

## 6.2 ESTIMACIONES SOBRE EL PERFIL AMINOACÍDICO

Los resultados del perfil aminoacídico obtenido con los programas de estimación (Degussa, Rhone-Poulenc y Novus) para cada laboratorio se presentan a continuación:

### 6.2.1 ANALISIS EN HARINAS DE SUBPRODUCTOS AVÍCOLAS

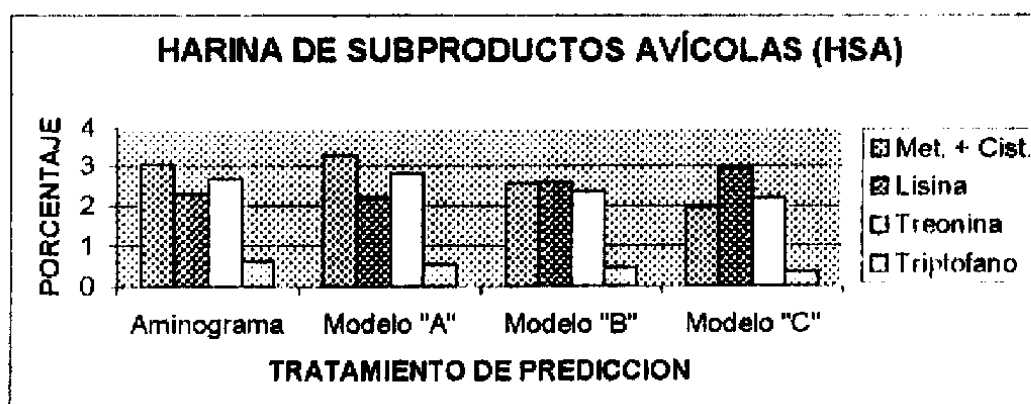
Como puede observarse en el cuadro No. 6 el Modelo "A" predijo dos de los ocho aminoácidos esenciales: Metionina y Triptofano. Ninguno de los tres modelos pudo predecir satisfactoriamente los siguientes aminoácidos: Cistina, Met.+ Cist., Lisina, Treonina, Arginina y Valina. Zumbado *et al* (1996) reportó que las HSA son procesadas de todos los desechos de las aves, y presenta diferencias importantes en relación con los valores en las tablas, lo cual indica que la naturaleza entre HSA es muy diferente entre los países desarrollados y los no desarrollados. Estos resultados y los encontrados en este estudio son similares a los reportados por Barbour *et al* (1995) además reportando valores de NRC (1994), dijo que las HSA elaboradas en Estados Unidos son compuestas por vísceras, patas y cabezas de pollos de engorda lo que teóricamente mejora el nivel general de PC y aminoácidos comparados con HSA elaboradas con vísceras, patas, cabezas, animales completos y plumas. Leeson (1996), reportó que la variabilidad en composición de HSA está relacionada si se agregan o no plumas durante su elaboración. Esto indica que las HSA de Guatemala y países menos desarrollados varían en cuanto a su contenido de plumas y otros componentes con las HSA de países más industrializados. Esto hace menos exacta la predicción de dicho ingrediente ya que estos Modelos de predicción son elaborados para HSA de composiciones más estables.

## CUADRO 6: RESUMEN – PERFIL AMINOACIDICO HSA

	Aminograma	DS	Modelo "A"	DS	Modelo "B"	DS	Modelo "C"	DS
Metionina	0.69 a	0.04	0.69 a	0.02	0.93 b	0.02	0.90 b	0.08
Cistina	2.35 a	0.13	2.51 b	0.06	1.63 c	0.04	1.11 d	0.18
Met.+Cist.	3.04 a	0.17	3.29 b	0.11	2.57 c	0.07	1.95 d	0.11
Lisina	2.30 a	0.08	2.22 b	0.04	2.58 c	0.07	2.94 d	0.08
Treonina	2.66 a	0.17	2.80 b	0.08	2.35 c	0.06	2.19 d	0.04
Triptofano	0.59 a	0.03	0.52 a	0.01	0.45 b	0.01	0.33 c	0.04
Arginina	3.82 a	0.18	4.16 b	0.11	4.17 b	0.1	4.19 b	0.05
Valina	3.86 a	0.24	4.06 b	0.11	3.39 c	0.08	2.12 d	0.06

NOTA: a, b, c, d, medias con significancia estadística ( $P < 0.01$ ).

GRAFICA 1:



### 6.2.2 ANALISIS EN HARINA DE CARNE Y HUESO:

Como puede observarse en el Cuadro No. 7, el tratamiento Modelo "C" no pudo predecir de manera satisfactoria los perfiles aminoacídicos estimados por medio del aminograma de los distintos aminoácidos de HCH. Los tratamientos de los Modelo "A" y Modelo "B" si pudieron predecir de manera parcial los mismos. El Modelo "A" predijo satisfactoriamente los siguientes aminoácidos: Metionina, Lisina, Treonina, Triptofano y Arginina. El Modelo "B" predijo satisfactoriamente los siguientes aminoácidos: Metionina, Met. + Cist., Lisina, Treonina, Triptofano y Arginina. El Modelo "C" predijo satisfactoriamente los siguientes aminoácidos: Lisina, Treonina y Arginina. Desde el punto de vista nutricional, el Modelo "B" fue el que mejor pudo predecir los aminoácidos más limitantes en HCH, ya que Wang *et al* (1997), reportó que los aminoácidos de más importancia aportados por HCH eran: Triptófano, Met. + Cist., Lisina y Treonina. Ninguno de los tres Modelos fue capaz de predecir satisfactoriamente la Cistina. Parsons *et al* (1997), indica que la Met.+Cist. (especialmente la Cistina) y el Triptofano son los primeros aminoácidos limitantes en HCH. Zumbado *et al* (1996), reporta HCH compuestas principalmente por vísceras y

huesos, mientras Leeson (1996), reporta que además de vísceras y huesos, están conformada por carne no consumible para el ser humano, lo que implica una diferencia en el contenido proteico y/o aminoacídico entre mismos ingredientes, pero de fuentes distintas lo que dificulta su estimación. Además de esto Parsons *et al* (1997), reportó que las concentraciones de aminoácidos en distintas muestras de HCH variaron substancialmente entre ellas y que la calidad proteica de las mismas dependía del nivel de cenizas, ya que las muestras con menor porcentaje de ceniza también contenían más proteína cruda, también reportó que la calidad proteica de HCH elaboradas a bajas temperaturas era mejor que el de las elaboradas a altas temperaturas.

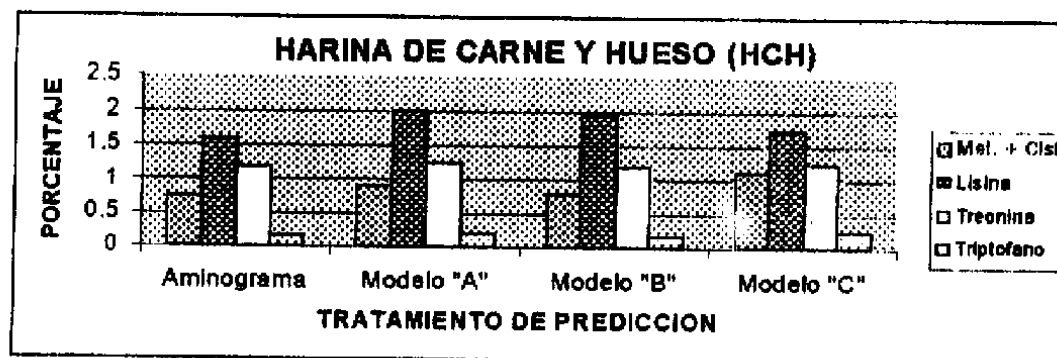
Batterham *et al* (1986) citado por Parsons *et al* (1997), reportó que la razón exacta de la variabilidad en la calidad proteica de la HCH era desconocida pero probablemente se debía a la variación en la composición de la materia cruda y sus condiciones de procesamiento. Kirby *et al* (1993), concluyó que el contenido proteico en HCH no esta distribuido normalmente. Esto nos indica que a pesar de la variabilidad que contiene la HCH debido a su procesamiento, origen y componentes no influyo tanto como en HSA para estimación de su perfil aminoacídico.

**CUADRO 7: RESUMEN – PERFIL AMINOACIDICO HCH**

	Aminograma	DS	Modelo "A"	DS	Modelo "B"	DS	Modelo "C"	DS
Metionina	0.48 a	0.04	0.52 a	0.03	0.46 a	0.01	0.30 b	0.06
Cistina	0.26 a	0.02	0.43 c	0.02	0.33 b	0.01	0.73 d	0.08
Met.+Cist.	0.74 a	0.05	0.89 b	0.06	0.79 a	0.03	1.10 c	0.06
Lisina	1.59 a	0.2	2.00 a	0.11	1.94 a	0.07	1.75 a	0.14
Treonina	1.17 a	0.28	1.25 a	0.09	1.19 a	0.04	1.25 a	0.06
Triptofano	0.16 a	0.02	0.19 a	0.07	0.17 a	0.01	0.24 b	0.03
Arginina	3.09 a	0.08	3.15 a	0.07	3.00 a	0.1	3.35 a	0.09
Valina	1.45 a	0.05	1.59 b	0.09	1.72 c	0.06	1.87 d	0.08

NOTA: a, b, c, d, medias con significancia estadística ( $P < 0.01$ ).

**GRAFICA 2:**





## 6.2.3 ANÁLISIS DE HARINA DE PESCADO:

### Harina de Anchoveta:

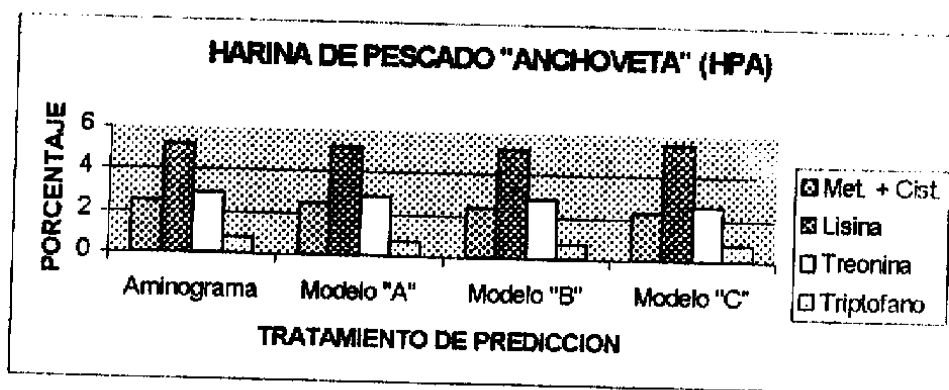
Al analizar el cuadro No. 8 se observa que el Modelo "B" predijo satisfactoriamente los siguientes aminoácidos: Cistina, Lisina y Valina. El Modelo "A" predijo satisfactoriamente los siguientes aminoácidos: Met.+Cist., Lisina, Treonina, Arginina y Valina. Calabotta (1989) reportó que los aminoácidos de mayor importancia en la HP son: Lisina, Triptofano, Metionina y Cistina, de los cuales el Modelo "A" predijo satisfactoriamente Lisina y Metionina mientras el Modelo "B" predijo satisfactoriamente Lisina y Cistina. El Modelo "C" fue el que mejor predijo el Triptofano, ya que ni el Modelo "A" ni el Modelo "B" lo pudieron hacer satisfactoriamente. Barlow *et al* (1984), reportó perfiles aminoacídicos muy parecidos para HPA a los aminogramas obtenidos lo que nos indica que éste ingrediente es muy constante en su composición de aminoácidos lo que facilita su predicción con respecto a otras fuentes proteicas de origen animal. Tanto Barlow *et al* (1984), Calabotta (1989), Campabadal (1991), y Leeson (1996) reportaron cambios en los perfiles aminoacídicos de HP por efectos de procesamiento, principalmente el sobrecalentamiento.

**CUADRO 8: RESUMEN – PERFIL AMINOACIDICO HPA**

	Aminograma DS		Modelo "A" DS		Modelo "B" DS		Modelo "C" DS	
Metionina	1.83 a	0.03	1.89 b	0.04	1.75 c	0.01	2.07 d	0.03
Cistina	0.65 a	0.01	0.59 b	0.01	0.62 ab	0.01	0.47 c	0.05
Met.+Cist.	2.48 a	0.01	2.49 a	0.02	2.37 b	0.01	2.28 c	0.08
Lisina	5.19 a	0.04	5.18 a	0.04	5.20 a	0.03	5.57 b	0.06
Treonina	2.89 a	0.03	2.82 ab	0.02	2.80 b	0.02	2.60 c	0.07
Triptofano	0.79 a	0.01	0.71 b	0.01	0.72 b	0.01	0.78 a	0.02
Arginina	3.81 a	0.13	3.77 a	0.02	4.02 b	0.02	4.11 c	0.05
Valina	3.39 a	0.01	3.27 a	0.03	3.34 a	0.02	2.60 b	0.02

NOTA: a, b, c, d, medias con significancia estadística ( $P < 0.01$ ).

**GRAFICA 3:**



### Harina de Pescado Panameña:

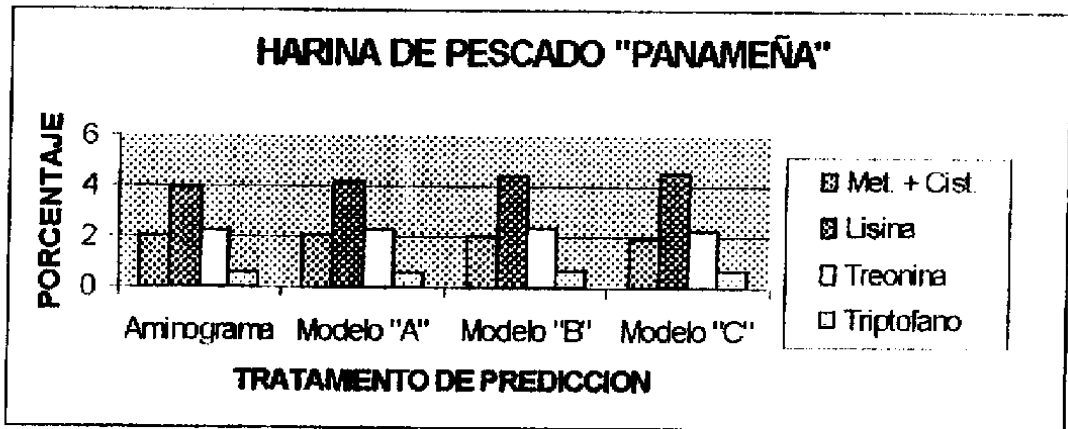
Como puede observarse en el Cuadro No. 9, el análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas significativas entre los resultados obtenidos entre los tratamientos: Aminograma, Modelo "A" y Modelo "B", en cuanto al Modelo "C" pudo predecir de manera satisfactoria los perfiles aminoacídicos estimados por medio del aminograma de los distintos aminoácidos de HPP con excepción de Lisina y Triptofano. Calabotta (1989), reportó que los aminoácidos de mayor importancia en la HP son: Lisina, Triptofano, Metionina y Cistina, por lo que desde el punto de vista nutricional cualquiera de los Modelos "A" o "B" puede ser utilizado. En el caso del Modelo "C", debe de tomarse en cuenta que éste sobre estima los valores de Lisina y Triptofano y se debe realizar un ajuste de un 5-10% menos en su contenido. Ward (1989) citado por Rousch (1997), indicó que los niveles de aminoácidos cambian al variar los niveles de PC pero estos cambios no son proporcionales. Ward (1988), reporta que la variación de los aminoácidos en Harinas de origen animal se debe a la materia prima utilizada para su elaboración y que la Metionina, Cistina, Lisina, Triptofano, Arginina y Treonina disminuan en su valor como porcentajes en relación a la PC. Esto explica que la predicción para la HPP por parte de los Modelos de predicción sea mejor que la de HPA, esto se debe a que los niveles de PC de HPP son menores que los de HPA lo que facilita la predicción de los aminoácidos.

**CUADRO 9: RESUMEN - PERFIL AMINOACÍDICO HPP**

	Aminograma	DS	Modelo "A"	DS	Modelo "B"	DS	Modelo "C"	DS
Metionina	1.54 a	0.21	1.53 a	0.14	1.49 a	0.11	1.59 a	0.15
Cistina	0.49 a	0.14	0.51 a	0.03	0.53 a	0.04	0.41 a	0.13
Met.+Cist.	2.03 a	0.35	2.05 a	0.16	2.03 a	0.15	1.96 a	0.17
Lisina	3.93 a	0.62	4.12 a	0.42	4.41 a	0.34	4.53 b	0.35
Treonina	2.20 a	0.28	2.30 a	0.19	2.39 a	0.17	2.25 a	0.11
Triptofano	0.56 a	0.08	0.56 a	0.06	0.61 a	0.04	0.64 b	0.03
Arginina	3.28 a	0.40	3.29 a	0.17	3.41 a	0.29	3.44 a	0.13
Valina	2.61 a	0.26	2.61 a	0.25	2.78 a	0.27	2.76 a	0.40

NOTA: a, b, c, d, medias con significancia estadística ( $P < 0.01$ ).

GRAFICA 4:



## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

Las harinas de Subproductos Avícolas (HSA), Carne y Hueso (HCH) y Pescado (HP) presentan una gran variabilidad en cuanto a su contenido nutricional lo que dificulta la predicción exacta de los perfiles aminoacídicos por medio de los Programas de Predicción de Aminoácidos.

#### Harina de Subproductos Avícolas:

El Modelo "A" pudo predecir con exactitud los aminoácidos: Metionina y Triptofano .

Los aminoácidos: Cistina, Met.+Cist., Lisina, Treonina, Arginina y Valina no pudieron ser predichos con exactitud por ninguno de los Modelos de Predicción (Modelo "A", Modelo "B" y Modelo "C").

#### Harina de Carne y Hueso:

El Modelo "B" pudo predecir con exactitud los aminoácidos: Metionina, Met.+Cist., Lisina, Treonina, Triptofano y Arginina siendo éste el más completo para este ingrediente.

Los aminoácidos: Cistina y Valina no pudieron ser predichos con exactitud por ninguno de los Modelos de Predicción (Modelo "A", Modelo "B" y Modelo "C").

#### Harina de Pescado:

##### - Harina de Anchoveta:

El Modelo "A" pudo predecir con exactitud los aminoácidos: Cistina, Met.+Cist., Lisina, Treonina, Arginina y Valina siendo éste el más completo para este ingrediente.

El Modelo "C" predice con exactitud el Triptofano.

La Metionina no pudo ser predicha con exactitud por ninguno de los Modelos de Predicción (Modelo "A", Modelo "B" y Modelo "C").

##### - Harina de Pescado Panameña:

Tanto el Modelo "A" como el Modelo "B" pudieron predecir con exactitud los aminoácidos: Metionina, Cistina, Met.+Cist., Lisina, Treonina, Triptofano, Arginina y Valina .

El Modelo "C" no pudo predecir con exactitud los aminoácidos: Lisina y Triptofano.

## 7.2 RECOMENDACIONES

Realizar mayor cantidad de estudios encaminados a incrementar las bases de datos de fuentes proteicas de origen animal y de otras materias primas utilizadas en Guatemala, para mejorar los Programas de Predicción de Aminoácidos.

Realizar una caracterización adecuada para el ingrediente a evaluar antes de utilizar los Programas de Predicción de Aminoácidos, y así conocer exactamente su composición nutricional obtenida por medio de los análisis Químico-proximales, ya que dichos programas cuentan con varios tipos de opciones de predicción para cada ingrediente.

### Harina de Subproductos Avícolas:

Utilizar el Modelo "A" para predecir con mayor precisión los aminoácidos: Metionina y Triptofano.

### Harina de Carne y Hueso:

Utilizar indiferentemente los Modelos "A", "B" y "C" para predecir con mayor precisión los aminoácidos: Lisina, Treonina y Arginina.

Para Metionina y Triptofano se puede utilizar tanto el Modelo "A" como el Modelo "B" para predecir éstos aminoácidos.

Para predecir Met.+Cist., utilizar el Modelo "B".

### Harina de Pescado:

- Harina de Anchoveta:

Para Lisina y Valina se puede utilizar tanto el Modelo "A" como el Modelo "B".

Para predecir Met.+Cist., Treonina y Arginina, utilizar el Modelo "A".

Utilizar el Modelo "B" para predecir la Cistina.

Utilizar el Modelo "C" para predecir el Triptofano

**- Harina de Pescado Panameña:**

Utilizar indiferentemente los Modelos "A", "B" y "C" para predecir con mayor precisión los aminoácidos: Metionina, Cistina, Met.+Cist., Treonina, Arginina y Valina.

Utilizar los Modelos "A" y "B" para predecir Lisina y Triptofano.

## 8. RESUMEN

Carlos E. Soto Díaz. 1998. Validación de Programas de Predicción para estimar el contenido de aminoácidos de Harina de Carne y Hueso, Harina de Subproductos Avícolas y Harina de Pescado. Tesis Lic. Zoot. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. p. 35.

El presente trabajo se efectuó con el propósito de validar los Programas de Predicción para estimar el contenido de Aminoácidos para Harina de Carne y Hueso, Harina de Subproductos Avícolas y Harina de Pescado, utilizadas para la formulación de alimentos para animales en Guatemala, para el cuál se utilizaron 12 muestras de Harina de Subproductos Avícolas, 16 muestras de Harina de Carne y Hueso y 14 muestras de Harina de Pescado de las cuales 5 eran de Harina de Anchoveta y 9 de Harina de Pescado Panameña. A cada una de las muestras se le realizó dos análisis Químico-proximales en distintos laboratorios nacionales y un Aminograma en el Laboratorio Analítico de Degussa en Alemania. Cada una de las muestras fue analizada por los Programas de Predicción de Degussa, Rhone-Poulenc y Novus. Como tratamiento testigo se utilizó los datos obtenidos por medio de Aminogramas. Los aminoácidos analizados fueron: Metionina, Cistina, Metionina + Cistina, Lisina, Treonina, Triptofano, Arginina y Valina. Para este estudio se utilizó el diseño Completo al azar; la unidad experimental fue constituida por una muestra de cada ingrediente. Encontrándose que en Harina de Subproductos Avícolas, el Programa de Predicción de Degussa pudo predecir Lisina y Triptofano; ninguno de los Programas (Degussa, Rhone-Poulenc y Novus) pudo predecir con precisión el resto de aminoácidos evaluados, ya que estas harinas presentaban una gran variabilidad en cuanto al contenido de sus ingredientes. Para Harina de Carne y Hueso el Programa de Predicción de Rhone-Poulenc pudo predecir Metionina, Met.+Cist., Lisina, Treonina, Triptofano y Arginina, el de Degussa: Metionina, Lisina, Treonina, Triptofano y Arginina, el de Novus: Cistina, Treonina y Arginina; ninguno de los Programas pudo predecir con precisión Cistina y Valina. Para Harina de Pescado Anchoveta, el Programa de Predicción de Degussa pudo predecir Met.+Cist., Lisina, Treonina, Arginina y Valina, el de Rhone-Poulenc: Cistina, Lisina y Valina, el de Novus: Triptofano; ninguno de los Programas pudo predecir con precisión Metionina. Para Harina de Pescado Panameña, los Programas de Predicción de Degussa y Rhone-Poulenc pudieron predecir de la misma manera todos los aminoácidos evaluados, el de Novus no pudo predecir correctamente la Lisina y el Triptofano pero si los demás aminoácidos.

## 9. SUMMARY

Carlos E. Soto Díaz. 1998. Validación de Programas de Predicción para estimar el contenido de aminoácidos de Harina de Carne y Hueso, Harina de Subproductos Avícolas y Harina de Pescado. Tesis Lic. Zoot. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. p. 35.

To validate the Aminoacid Prediction Programs for estimation of Aminoacid contents for Meat and Bone Meal (HCH), Poultry By-products Meal (HSA) and Fish Meal (HP) used for formulating animal feeds in Guatemala. A total of: 12 samples of HSA, 16 samples of HCH and 14 samples of HP (5 samples of Anchovy Meal and 9 samples of Panameñan Meal) were used. Each sample was submitted to two Proximate Analysis from different local laboratories and a Aminogram analysis made by Degussa Analytical Laboratory in Germany. Each of the samples was analyzed with the Aminoacid Prediction Programs from Degussa, Rhone-Poulenc and Novus. The data used for the control treatment were obtained from the Aminogram analysis. The Aminoacids studied were: Methionine, Cystine, Met.+Cyst., Lysine, Threonine, Tryptophan, Arginine and Valine. A completed randomized design was used, the experimental unit was a sample for each ingredient. In HSA, the Degussa Prediction Program could predict Lysine and Thryptophan; no others aminoacids could be predicted accurately by the Prediction Programs (Degussa, Rhone-Poulenc and Novus) because these meals have a great variability in their ingredient contents due to processing or composition. For HCH, the Rhone-Poulenc Prediction Program could predict Methionine, Met.+Cyst., Lysine, Threonine, Thryptophan and Arginine; Degussa's: Methionine, Lysine, Threonine, Thryptophan and Arginine; and Novus's: Cystine, Threonine and Arginine. Neither of the Prediction Programs could predict with accuracy Cystine and Valine. For Anchovy Fish Meal, Degussa Prediction Program could predict: Met.+Cyst, Lysine, Threonine, Arginine and Valine; Rhone-Poulenc's: Cystine, Lysine and Valine; and Novus's: Thryptophan. Neither of the Prediction Programs could predict with accuracy Methionine. For Panameñan Fish Meal, the Prediction Programs from Degussa and Rhone-Poulenc could predict all the aminoacids evaluated. Novus Prediction Program could predict most of the aminoacids with the exception of Lysine and Thryptophan.



## 11. BIBLIOGRAFIA

AMINOACID estimation and raw material compilation. 1992. St. Luis, Mo., U.S.A. Novus. s.p. (diskett).

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIAL INCORPORATED. 1990. Official publication 1990. Atlanta, GA. USA. AAFCO. Georgia Department of Agriculture. p. irr.

BARBOUR, G.W. et al. 1995. The effect of enzyme predigestion on the quality of poultry by-product meal from whole turkey mortality. Poultry Science. (USA). 74: 1180-1190.

BARLOW, S.M.; WINDSO, M.I. 1984. Fishery by-products. USA. International Association of Fishmeal Manufacturers. no. 19:23.

CALABOTTA, D.F. 1986. Nutrient bioavailability of fish meal and factors affecting it's use in non-ruminants. Monsanto Nutrition Update. (USA). 4(6):6.

CAMPABADAL, C. M. 1991. Importancia económica del control de calidad de los alimentos para la avicultura. México D.F., Asociación Americana de la Soya. p. 8. (ASA/México AN No. 99).

-----; NAVARRO GONZALES, H.A. 1994. El papel de los ingredientes en la formulación de alimentos balanceados por computadora. México D.F., Asociación Americana de la Soya. p.29. (ASA/México A.N. No. 133).

DEGUSSA FEED aditives. 1996. Composición en aminoácidos de los ingredientes 4 ed. Alemania, s.n. s.p.

EZEKIEL, M. 1988. Methods of correlation and regression analysis, 4 ed. U.S.A. s.n. Alemania, p.1

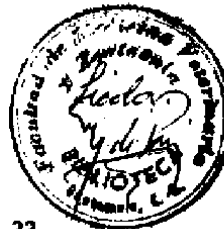
FEED RESOURCES animal products. 1997. U.S.A, FAO. Agricultural Department. Animal production and healthy, Agricultural Department. [www.FAO.com](http://www.FAO.com)

GUERRA G., M.E. 1992. Aseguramiento de calidad en la industria animal de alimentos balanceados. In I Congreso Centroamericano y II Latino Americano de Fabricantes de Alimentos Balanceados. 1992. (1.,GUATEMALA.1992). [Memoria]. Guatemala, ANAVI/ALAFAB. s.p.

KAZAKEVICH, Y. 1995. Basic liquid chromatography, [www.yuchrom@vt.edu](http://www.yuchrom@vt.edu).



- KIRBY, E.R. et al. 1993. An investigation of the distribution of the protein content of samples of corn, meat and bone meal and soybean meal. Poultry Science. (USA). 72:2294-2298.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. 1997. Commercial poultry nutrition. 2 ed. Guelph, Ontario, Canada, University Books. p. 355.
- LITTLE, T.M.; HILLS, J.F. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trad. por Anatolio de Paula Crespo. México, Trillas. p. 270.
- MAYNARD, L. et al. 1981. Nutrición animal. Trad. por Alfonso Ortega Said. 7 ed. México, McGraw-Hill. p. 640.
- PARSONS, C.M. et al. 1997. Protein and aminoacid quality of meat and bone meal. Poultry Science. (USA). 76:361-368.
- REED, C. 1997. Quality control in feed production. Texas, Texas Tech University. p. 7.
- RHODIMET FEED formulation guide. 1993. 6 ed. Francia, Rhone-Poulenc. p.39.
- ROUSCH, W.D.; CRAVENER, T.C. 1997. Artificial neural network prediction of aminoacid level in feed ingredients. Poultry Science. (USA). 76:721-727.
- SCHROEDER, J.W. 1997. Interpreting forage analysis, North Dakota, North Dakota State University. p. 6. [www.NDSU.com](http://www.NDSU.com)
- SHIMADA, A. 1983. Fundamentos de nutrición animal comparativa. México, D.F., Copi-Grap. p. 275.
- SWINE NUTRITION GUIDE. 1995. Nebraska and South Dakota. Cooperative extension service. U.S.A., South Dakota State University and University of Nebraska. U.S. Departmentent of Agriculture. p. 44.
- Protein and aminoacids. 1996. Manhattan, Kansas 66506. Cooperative Extension Service. Kansas State University. p. 6.  
Tpowell@Oz.OzNet.ksu.edu.
- WANG, X. et al. 1997. Evaluation of protein quality of meat and bone meal and poultry by-products meal. Poultry Science Association Annual Meeting Abstract. (USA). 76(363 Supl. 1).



WARD, N.E. 1988. Factors associated with changes in the crude protein and aminoacid content of grains. Degussa Technical Symposium. Atlanta, GA. U.S.A., s.n. p. 61-76.

ZUMBADO A., M.E.; SOLIS., J.R.; SOSA Q., R. 1996. Composición nutricional y contenido de energía metabolizable de las harinas de carne, pescado y tortave utilizadas en alimentación avícola: Nutrición animal tropical. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 3(1):77.



Br. Carlos E. Soto Díaz

Lic. Carlos H. Ortiz C.  
ASESOR

Lic. Luis Franco  
ASESOR

Lic. Miguel A. Rodenas  
ASESOR

IMPRIMASE:

Lic. Rodolfo Chang Shum  
DECANO

