

**ESTUDIO DEL APORTE PROTEICO EN LA COMBINACIÓN DE SOYA Y CLARA DE
HUEVO EN ALIMENTACIÓN DE POLLOS**

LUIS EDUARDO GUTIERREZ PORTILLA

C.C. 91.231.138

**Trabajo presentado como requisito para optar el título de
Ingeniero de Alimentos**

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA "UNAD"

FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA

PROGRAMA INGENIERIA DE ALIMENTOS

BUCARAMANGA

2003

**ESTUDIO DEL APORTE PROTEICO EN LA COMBINACIÓN DE SOYA Y CLARA DE
HUEVO EN ALIMENTACION DE POLLOS**

LUIS EDUARDO GUTIERREZ PORTILLA

C.C. 91.231.138

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA "UNAD"

FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA

PROGRAMA INGENIERIA DE ALIMENTOS

BUCARAMANGA

2003

R. A. E.

TÍTULO: ESTUDIO DEL APORTE PROTEICO EN LA COMBINACIÓN DE SOYA Y CLARA DE HUEVO EN ALIMENTACION DE POLLOS

AUTOR: Gutiérrez Portilla Luis Eduardo.

PALABRAS CLAVES: Proteína, alimento, alimentación, mezcla, soya, huevo.

DESCRIPCIÓN: Los tiempos actuales exigen la producción de alimentos 100% naturales que favorezcan la salud. La elaboración de alimentación animal requiere de combinaciones de alimentos nutritivos la propuesta plantea el uso de la soya y el huevo para mezclar de manera que se pueda explotar el valor nutritivo de estas dos materias primas.

A través de la monografía se profundiza sobre los métodos de análisis químico, físico y además se toma cada materia prima y se estandarizaron y mezclaron proponiéndolas como posible concentrado para aves, se alimentaron pollos desde un (1) día de nacidos hasta los cuarenta (40) días, se le hizo un seguimiento y se mostraron las ventajas que presentan las aves al cambiar el tipo de dieta tradicional, queda abierta la propuesta para quienes en el futuro puedan tomar éste trabajo como base en lo que respecta a dietas proteicas en la alimentación animal.

FUENTES: Primarias, entrevistas con Ingenieros de alimentos, nutricionistas, productores avícolas, Universidad Popular del Cesar, sede Valledupar, laboratorios de CICOLAC, Nestlé.

Secundarias, monografías, libros, Internet, Revistas, fotocopias, diccionarios, enciclopedia.

CONTENIDO: Para la realización de la investigación fue necesario incluir investigaciones sobre soya realizadas por CORPOICA, además de los resultados de la experimentación realizada por el autor, y otras de autores nacionales.

METODOLOGÍA: Se siguieron los parámetros de la investigación científica, por medio de la experimentación en el campo con pollos, realizando análisis comparativos de resultados "muestra testigo", entre las mezclas sugeridas por el autor y las de los alimentos conocidos comercialmente. Se entregan las conclusiones de la investigación y las sugerencias a los lectores interesados en el tema.

CONCLUSIONES: La importancia de las mezclas proteicas que toman mayor importancia en el momento ya que se están buscando óptimos resultados a bajos costos, bajo condiciones naturales ya que se contribuye a la mejora de la salud pública.

RECOMENDACIONES: Con el desarrollo de la biotecnología es importante entrar al mejoramiento de la dieta alimentaria con la inclusión de alimentos ricos en proteína tanto animal como vegetal.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente de Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Octubre de 2003.

DEDICATORIA

*A Dios,
Nuestro Creador quien me ha dado
la oportunidad de investigar
y entregar éste trabajo.*

*A mi esposa Gladys Judith,
A mis hijos Dayana, Oscar y Daniel
a quienes les he robado tiempo
y quienes con paciencia y amor
han sabido entender éstos sacrificios
e hicieron posible mis estudios y
este trabajo.*

LUIS EDUARDO

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a:

La Ingeniera **YOLANDA MANCILLA**, Asesora de la Investigación, por su guía y apoyo durante el proceso de pruebas y conclusiones de éste trabajo.

La Ingeniera **ORFA ACEVEDO**, Directora del proyecto, quien con su experiencia y sugerencias orientó esta investigación.

Todos los que intervinieron de manera directa o indirecta y que hicieron posible la exploración y los ajustes necesarios en el camino, y sin los cuales no se hubiera podido llegar a la conclusión del trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	
1. JUSTIFICACIÓN	16
2. OBJETIVOS	18
2.1. OBJETIVO GENERAL	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. MARCO TEÓRICO	20
3.1. CARACTERÍSTICAS NUTRITIVAS DE LOS PRINCIPALES ALIMENTOS UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL	20
3.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS	21
3.2.1. Proteínas	21
3.2.2. Grasas e Hidratos de Carbono	22
3.2.3. Sustancias Minerales	23
3.2.4. Vitaminas	23
3.2.5. Agua	24
3.3 PRINCIPALES ALIMENTOS Y MATERIAS PRIMAS	24
3.4 ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN	27
3.4.1 Características	28
3.5 PROTEÍNAS	28
3.5.1 Propiedades Funcionales de las Proteínas	30
3.5.2 Características de las proteínas vegetales	32
3.5.3 Aspectos generales de la soya	34

3.5.4	Alimentos proteicos de origen animal	51
4.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	65
4.1.	MATERIALES Y MÉTODOS	65
4.1.1	Materiales	65
4.1.2	Modificaciones químicas de las proteínas de soya	66
4.1.3	Método	68
4.2.	METODOLOGÍA	70
4.2.1.	Seleccionar materias primas	71
4.2.2.	Mezclas de pruebas	80
4.2.3.	Análisis de muestras	81
4.2.4.	Determinación de humedad en la soya	91
4.2.5.	Análisis de aminoácidos	104
4.2.6.	Técnicas empleadas en la industria para la obtención de productos de soya	113
4.2.7.	Comparación con otros alimentos	116
4.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	123
	CONCLUSIONES	
	RECOMENDACIONES	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

LISTA DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1	Propiedades funcionales de las proteínas empleadas en los alimentos 32
CUADRO 2	Producción en millares de toneladas por año 35
CUADRO 3	Disponibilidad de proteínas brutas 36
CUADRO 4	Composición de la soya y sus partes en porcentajes 40
CUADRO 5	Aminoácidos en proteínas comerciales de soya 44
CUADRO 6	Propiedades funcionales de las proteínas de la soya en algunos sistemas de alimentos. 46
CUADRO 7	Análisis comparativo de la carne y la mezcla carne soya 47
CUADRO 8	Propiedades de los inhibidores de tripsina 49
CUADRO 9	Composición en aminoácidos del huevo entero, clara y yema (g/100 g de porción comestible). 60
CUADRO 10	Composición química de los huevos (Valores para 100 gr) 61
CUADRO 11	Clasificación de las proteínas del albumen (clara) 64
CUADRO 12	Modificaciones químicas de las propiedades funcionales de las proteínas de la soya 66
CUADRO 13	Fuerzas de unión en las interacciones de las proteínas 71
CUADRO 14	Reacciones químicas producidas por el calentamiento de las proteínas 77
CUADRO 15	Comparación de los diferentes calentamientos en el valor nutritivo de la proteína de la harina de soya 77
CUADRO 16	Mejoramiento de la REP de la soya por tratamiento térmico a 130°C por treinta minutos 78
CUADRO 17	Mezclas propuestas 80
CUADRO 18	Métodos más empleados en la determinación de proteínas 82
CUADRO 19	Toma de muestras 86
CUADRO 20	Resultados de la soya 86
CUADRO 21	Reactivos materiales y equipos para el análisis de la soya. 82 89

CUADRO 22	Composición de la torta de soya según métodos de elaboración	105
CUADRO 23	Composición de aminoácidos esenciales en la torta de soya	105
CUADRO 24	Composición nutricional del grano de soya crudo, grano de soya procesado y de la torta de soya.	106
CUADRO 25	Composición química de la soya (grano entero)	107
CUADRO 26	Composición media de varias muestras, contenido de aminoácidos	108
CUADRO 27	Nutrepollo composición garantizada	117
CUADRO 28	Broiler I composición garantizada	118
CUADRO 29	Broiler II composición garantizada	119
CUADRO 30	Nutripollito composición garantizada	119
CUADRO 31	Nutriengorde composición garantizada	120
CUADRO 32	Nutricorral composición garantizada	120
CUADRO 33	Nutripollitas composición garantizada	121
CUADRO 34	Nutriprepostura composición garantizada	121
CUADRO 35	Nutripostura I composición garantizada	122
CUADRO 36	Nutripostura II composición garantizada	122
CUADRO 37	Nutripollas composición garantizada	123
CUADRO 38	Peso y talla en monogástricos alimentados con muestras proteicas soya y huevo	123
CUADRO 39	Relación de soya y clara de huevo	124
CUADRO 40	Relación agua alimento	126
CUADRO 41	Alimentación de pollos con soya integral tostada	126
CUADRO 42	Comparación del valor de kg en alimentación	127

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1 Clasificación de los alimentos	21
FIGURA 2 Constitución de los alimentos	25
FIGURA 3 Esquema de las partes del huevo	55
FIGURA 4 Clasificación de las proteínas del albumen (clara)	63
FIGURA 5 Diagrama de metodología de investigación	70
FIGURA 6 Cambios en la relación de eficiencia proteica (REP) en función de la intensidad de los tratamientos térmicos	76
FIGURA 7 Tramitancia v/s concentraciones en soya	88
FIGURA 8 Reacción de Biuret	97
FIGURA 9 Reacción de Millón	97
FIGURA 10 Reacción de Ninidrina	98
FIGURA 11 Reacción xantoproética	99
FIGURA 12 Reacción de Ehrlich	99
FIGURA 13 Reacción de Sakaguchi	100
FIGURA 14 Prueba de lieberman	100
FIGURA 15 Prueba de Molish	101
FIGURA 16 Concentración contra absorbancia	102
FIGURA 17 Reacción de Biuret en soya	104
FIGURA 18 Embudo Buchner modificado por Hartley	110
FIGURA 19 Procesado de la soya	113
FIGURA 20 Flujograma de la producción de ovoproductos	114
FIGURA 21 Diagrama de flujo del proceso de obtención de concentrado de soya y clara de huevo	115
FIGURA 22 Análisis de peso y tiempo en monogástricos	124
FIGURA 23 Ganancia de peso v/s. provisión de agua y otros componentes en el recibimiento a pollitos de 1 día de nacidos	125

LISTADO DE ANEXOS

- ANEXO A** Norma Técnica Colombiana NTC 2457 Industrias Alimenticias y Harina de Soya.
- ANEXO B** Norma Técnica Colombiana NTC 771 Tortas de Soya, Determinación de la Ureasa.
- ANEXO C** Norma Técnica Colombiana NTC 484 Soya para Consumo
- ANEXO D** Foto de Proceso de levante y engorde de pollos con concentrado propuesto de mezclas de soya- huevo.1
- ANEXO E** Requerimientos nutricionales para el pollo de engorde.
- ANEXO F** Plan de manejo de pollos.
- ANEXO G** Cálculo por tanteo para ración de pollos.
- ANEXO H** Cronograma de manejo de galpón de pollos
- ANEXO I** Modelo de registro de alimento y conversión para pollos.
- ANEXO J** Determinación de proteína en muestra de concentrado de cereales Laboratorios Nestlé - CICALAC Valledupar
- ANEXO K** Reporte de análisis de muestras propuestas – Laboratorios Nestlé - CICALAC Valledupar

INTRODUCCIÓN

En esta monografía se busca a través de la recopilación de estudios previos más los aportados por el investigador desarrollar las mezclas metodológicas para la búsqueda de nuevas dietas alimenticias especialmente proteicas en lo que tiene que ver con nutrición animal.

La inquietud de este estudio surge de la necesidad de productos naturales y ecológicos para alimentar especies animales que posteriormente son consumidas por el hombre y como último fin que la población consuma productos libres de químicos y que a la vez le aporte el cien por ciento de nutrientes.

Nos enfocamos en el estudio de dietas que buscan un máximo de calidad en cuanto al contenido de proteínas y para ello seleccionamos dos productos como son el huevo y la soya por ser los más representativos y económicos tanto de la proteína animal como la vegetal.

De cada uno de los productos por separado se hizo un estudio tanto físico, químico, bacteriológico y nutricional y luego se efectuaron mezclas a las cuales se les hizo el mismo análisis.

En cuanto a la asimilación del alimento se iniciaron ensayos con pollos testigos a quienes se les suministraron estas mezclas desde el primer día de su nacimiento se realizó un seguimiento tanto de peso como de talla y se comparando con dietas tradicionales de la misma raza.

De las anteriores observaciones se tabularon datos se hicieron análisis y se sacaron conclusiones.

Se espera que esta investigación sea la mezcla para quienes en el futuro quieran tomarla como punto de partida para otras trabajos del mismo tipo tanto en el campo de nutrición animal como humana y sirva para la elaboración de nuevos productos.

1. JUSTIFICACIÓN

La baja calidad en la nutrición de la población de Colombia, se debe entre otras causas a que los alimentos consumidos carecen de los elementos requeridos para una completa y sana alimentación.

El uso de la mezcla proteica en la alimentación animal incluida la del hombre, permite dietas ricas que satisfacen las necesidades nutricionales, especialmente en las líneas modernas que exigen raciones de alta calidad nutricional y sanitaria, así como una elevada densidad energética.

La soya contiene un alto contenido de proteína vegetal que comparada con las carnes rojas presenta mayores ventajas en cuanto a costo y repercusiones en la salud humana.

El huevo, contiene una cantidad elevada de proteína animal, siendo ésta la más barata del mercado y por lo tanto de mayor acceso para la población de bajos recursos, adicional a esto, es de muy alta digestibilidad.

Esta investigación se inicia para llenar el vacío existente en la exploración de métodos precisos en el análisis de mezclas proteicas que unan las ventajas de éstos dos alimentos, profundizando en la utilización de la soya y el huevo como materias primas y sus ventajas

frente a otros alimentos de alto contenido proteico. Recogiendo información a cerca de las técnicas empleadas en laboratorio para obtener análisis de proteína, aminoácidos y digestibilidad de alimentos basados en la soya y el huevo. La aplicación de la tecnología de cereales en la parte nutricional y el poder efectuar estudios teóricos e investigativos de mezcla de soya y huevo elementos altamente ricos en proteínas, y los procesos de control tecnológico de la soya y el huevo para obtener mezclas que den como resultado un producto ideal en cuanto a costo beneficio para nutrición animal.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Fundamentar las mezclas teóricas en la investigación sobre mezclas altamente proteicas usando proteína vegetal como la encontrada en la soya, y animal como la que presenta el huevo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer por medio de ensayos la cantidad de proteína resultante de la mezcla de clara de huevo y soya.
- Cuantificar la cantidad de aminoácidos que permanecen en la mezcla proteica propuesta.
- Evaluar el comportamiento nutricional en aves, de la mezcla proteica planteada, haciendo seguimiento de las características fisiológicas y organolépticas del animal y su carne.

- Distinguir y suministrar la información acerca de las características principales de una mezcla proteica utilizada para alimentación de aves; de igual manera su composición y posibilidades de uso para otras especies.
- Estudiar las diferentes técnicas tanto cualitativa como cuantitativamente en el análisis de proteínas especialmente de soya y de huevo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. CARACTERÍSTICAS NUTRITIVAS DE LOS PRINCIPALES ALIMENTOS UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

El término ALIMENTO, es muy amplio, puesto que comprende todas aquellas materias primas que pueden incluirse en la dieta, con el propósito de que produzcan un efecto nutritivo. La cantidad total de alimentos asignados para 1 día (24 horas), constituye una **ración** y los diferentes tipos de alimentos que integran la ración constituyen **la dieta**.

Ninguno de los alimentos se denomina COMPLETO, ya que la mayor parte de ellos presenta particularidades específicas, debido a su riqueza en ciertos elementos y a su deficiencia en otros, razón por la cual la combinación racional y proporcionada de unos con otros puede permitir que se logre **la mezcla**, capaz de satisfacer las necesidades del organismo animal.

Para conseguir esta meta es preciso conocer la composición y propiedades de cada uno de los alimentos, relaciones de nutrientes, contenido de agua, vitaminas, minerales, proteínas (valor biológico), efectos fisiológicos sobre la actividad digestiva (valor dietético); presencia o no de sustancias tóxicas y otros factores.

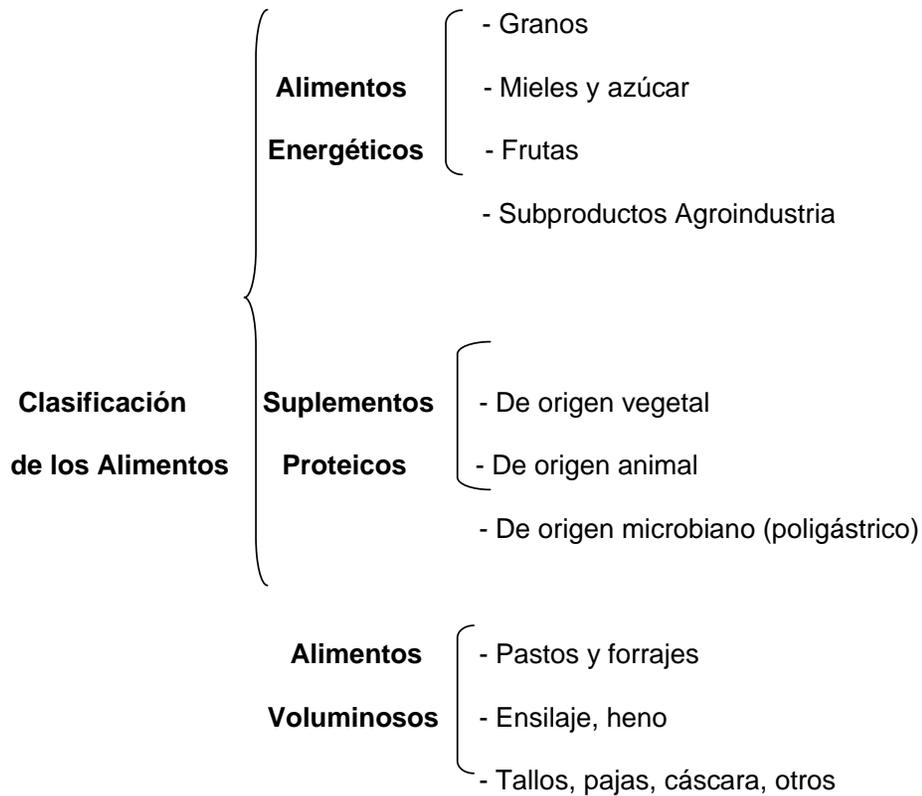


FIGURA 1 Clasificación de los alimentos

3.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS

Entre los grandes grupos que tienen una acción nutritiva se encuentran:

3.2.1 Proteínas

Las proteínas son una necesidad vital en la dieta del animal. Sin embargo no es la proteína por si misma la que se necesita, sino los aminoácidos que son la materia prima de las proteínas. Los aminoácidos combinados con el nitrógeno forman miles de proteínas diferentes, las cuales además de contribuir con la producción de las proteínas también

ayudan a la digestión de estas. Estas se dividen en albúminas y sustancias no albuminosas siendo la suma de las dos lo que da la cantidad de proteína bruta en el alimento.

La acción que ejerce la albúmina en el organismo es de mucha importancia pues es ella la que forma todos los tejidos del animal, como músculos, órganos internos, plumas, células óseas, etc; ninguna de las otras sustancias pueden dar nacimiento a las células que forman los tejidos del cuerpo o regenerarlas.

Las sustancias no albuminosas actúan al igual que las grasas e hidratos de carbono; La cantidad de ellas que generalmente contienen los alimentos es poca. Entre las materias proteínicas más importantes están: caseína y albúmina de la leche, la albúmina de la carne, la albúmina de la clara de huevo, el gluten de los cereales, las albúminas de las leguminosas, etc. Lo que hay que tener en cuenta es que los alimentos ricos en proteína engordan al animal, ya que las proteínas no ayudan a quemar las grasas almacenadas en él.

3.2.2 Grasas e Hidratos de Carbono

La grasa representa los alimentos mas concentrados para el sostenimiento de la vida es decir colaboran con la producción de calor, desarrollando el doble de calorías o sea doble valor alimenticio, pero el exceso de grasa el animal lo fija en su cuerpo. Entre los granos mas ricos se encuentran el maíz y la avena molida. Existe también los "MANIPULADORES DE GRASA" (Lipotrópicos), cuya principal función es la de prevenir la acumulación excesiva de grasas en el hígado. Todo animal que contenga un alto índice alimenticio de proteínas

necesita los manipuladores. Los lipotrópicos aumentan la producción de lecitina en el hígado, lo cual mantiene más saludable el colesterol, desintoxica el hígado y aumenta la resistencia a las enfermedades, al ayudar la glándula timo a desempeñar sus funciones. Una buena fuente natural de lecitina son los huevos y la soya; que además de poseer la composición proteica mas perfecta ayudan a la asimilación de las grasas por su contenido de lecitina. Y los que es mas importante elevan los niveles de lipoproteínas de alta densidad las cuales disuelven el colesterol y pueden transportarlos fácilmente a través de la sangre sin obstruir las arterias.

3.2.3 Sustancias Minerales

Todos los alimentos contienen sustancias minerales, las cuales existen en casi todos los órganos del animal, siendo por los tanto indispensable para la vida. La pobreza de sales minerales en el animal trae como consecuencia trastornos generales en la salud es así como se puede observar fácilmente cuando el animal tiene debilidad en las patas, calambres, etc; así también la carencia de ácido fosfórico produce el raquitismo, fragilidad de los huesos y otros trastornos. Los alimentos de origen animal son mas ricos en sales minerales que los de origen vegetal.

3.2.4 Vitaminas

Son sustancias naturales que se encuentran en el organismo pero el agente vitamínico que disponemos es el sol, los alimentos absolutamente privados de vitaminas adquieren propiedades vitamínicas después de una exposición del animal a la luz solar, y las propias grasas del cuerpo del animal que son alcanzadas por los rayas ultravioleta dan nacimiento

a vitaminas bajo la acción de dichos rayos, entre los alimentos que contienen más vitaminas están: el hígado de bacalao, levadura de cerveza, alfalfa y el huevo, etc. Las vitaminas regulan el metabolismo del animal a través de sistemas enzimáticos donde una simple deficiencia de una de ellas puede poner en peligro todo el organismo.

3.2.5. Agua

El agua es el principal nutriente mas importante para el organismo, ya que por lo menos un tercio del peso del animal esta compuesto de agua. Un animal puede vivir sin comer pero no sin agua. El agua es el mejor solvente de todos los productos de la digestión y en esencial para mover las sustancias de desecho.

3.3 PRINCIPALES ALIMENTOS Y MATERIAS PRIMAS

Los alimentos están constituidos por agua y materia seca. Esta última comprende los carbohidratos, grasa, fibra, proteína, minerales y vitaminas: el AGUA, llamada por algunos autores el LIQUIDO VITAL, entra en la constitución de los alimentos en proporciones diferentes y su rango oscila entre 5 – 15% en concentrados hasta 75 – 90% en forrajes, lavazas y suero de queso.

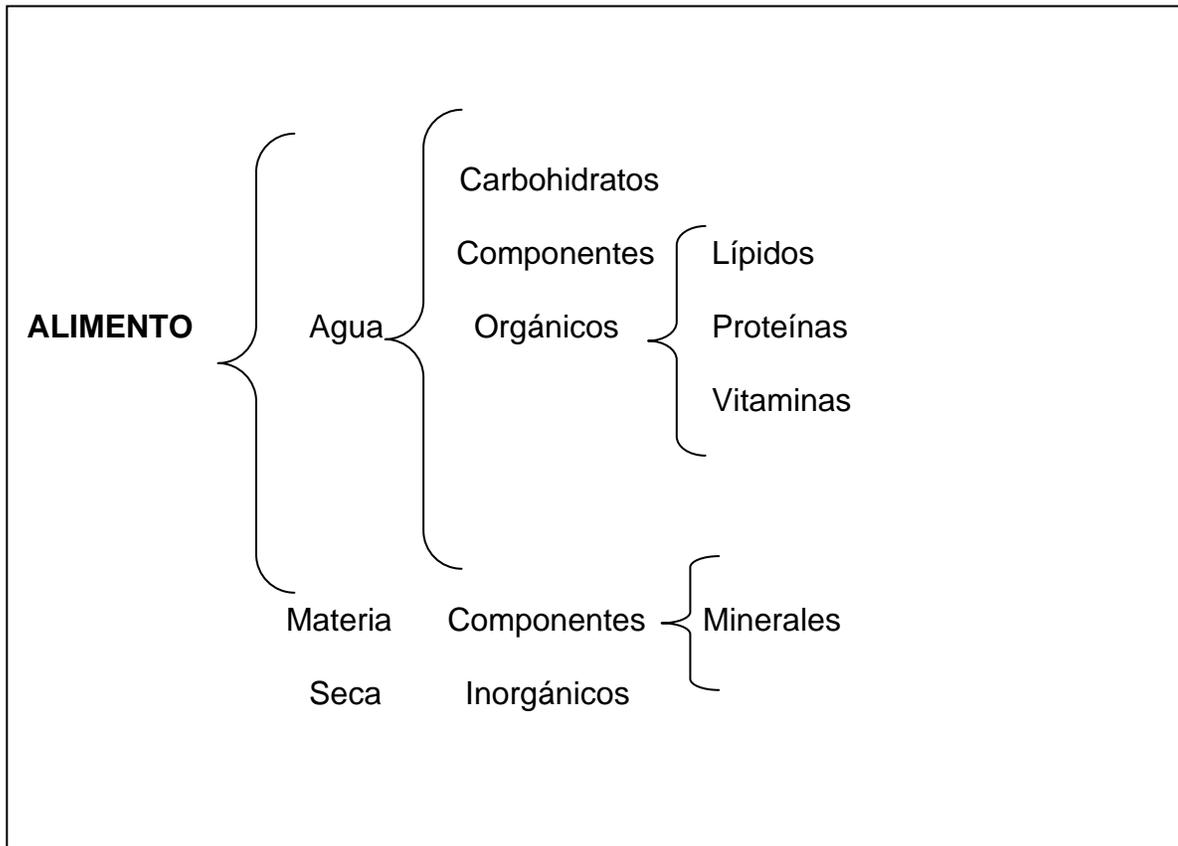


FIGURA 2. Constitución de los alimentos

Los monogástricos requieren del agua para múltiples propósitos: regulación de la homeostasis mineral, regulación de la temperatura corporal, hidratación de los tejidos, excreción de toxinas, diluyente o medio de los nutrientes, vehículo de transporte del alimento por el tracto digestivo, secreción láctea para hembras que estén criando; del mismo modo para procesos de crecimiento y reproducción es un elemento imprescindible.

Para evitar parasitismo o infecciones, debe ser de buena calidad, además no presentar sabores desagradables (como aguas salinas).

En condiciones normales, los monogástricos consumen cantidades de agua sensiblemente uniformes por cada unida de materia seca consumida en los alimentos. Si alguno de estos es succulento la cantidad de agua de bebida se reducirá proporcionalmente.

Otra forma de obtención de agua por los animales es a partir de la materia seca de los alimentos, debido a que al oxidarse totalmente los hidratos de carbono en el organismo, las grasas producen el doble de éstos y los compuestos nitrogenados un poco menos que los hidratos de carbono debido a que no se oxidan completamente en el organismo.

El agua desempeña una función preponderante en la digestión y metabolismo de las aves, razón por la cual debe ser ofrecida de manera permanente. Un ave consume normalmente 2 – 3 veces más agua que alimento, la deshidratación causa desórdenes físicos, llegando a sobrevenir la muerte cuando se pierde un 20% del agua en el organismo.

El pollo de engorde, a su llegada al galpón debe tener suficiente agua a disposición, inclusive es práctica común ofrecerles agua con un 5 – 10% de azúcar antes que alimento, con esto último se observa mayor viabilidad y crecimiento.

El agua que se va a suministrar al pollito debe ser tratada mediante la adición al tanque 12 horas antes del consumo de 1 gr. de hipoclorito cálcico granulado por cada 100 litros de agua.

A partir del tercer día, se empieza gradualmente a reemplazar los bebederos manuales por automáticos.(1 por cada 70 aves).

3.4 ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

Las aves son el resultado de lo que se le suministra de alimento. Si su dieta consiste exclusivamente en una mezcla de unos cuantos gramos que tienen un porcentaje proteico bajo entonces no se desarrollan bien, no por que sea malo darles estos granos sino por que se le debe suministrar otros suplementos para proveerles una dieta balanceada.

Los avicultores comerciales han venido alimentando a sus aves con los concentrados para pollos tanto en levante como engorde.

Algunos estudios han dado como resultado que los pollos en sus primeros días de nacido requieren comida entre un 20 y 25% de proteína hasta las 8 semanas de edad, de la octava a la vigésima semana de edad el requerimiento baja al 18 % de proteína y de las veinte en adelante el contenido proteico debe mantenerse entre el 16 y 18%.

Los alimentos proteicos no proporcionan la cantidad de proteínas requeridas para una suficiente producción de los animales en explotación intensiva, en consecuencia deberán ser complementados con otros alimentos que aportan proteínas adicionales a la dieta.

Muchos avicultores no están de acuerdo con sustituir el maíz ya que es el alimento estrella de casi todos los criaderos. Pero ya surgen otros granos como la avena, la cebada, la soya que son mas fáciles de digerir y que con una buena combinación y ración diaria pueden dar la dieta ideal.

Los factores que condicionan el excepcional valor de los alimentos de origen proteico en una dieta para monogástricos son:

- El exiguo contenido proteico de la mayoría de cereales y otros alimentos energéticos.
- Las necesidades proteicas de los animales de granja.
- La poca frecuencia de presentación en la naturaleza de alimentos de origen proteico de fácil adquisición y preparación.

3.4.1. Características

Además de aportar apreciables cantidades de proteína, su contenido en materia seca es alto, en bajos porcentajes de fibra (menores del 18%) condiciones que les confieren una buena digestibilidad.

3.5. PROTEÍNAS

Las proteínas son sustancias orgánicas muy complejas, que constituyen la estructura fundamental de los animales y de los vegetales.

Contiene en su fórmula química carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno y con frecuencia azufre y fósforo. Las proteínas están formadas por unidades sencillas denominadas aminoácidos ($R-CH(NH_2)COOH$).

Las proteínas se encuentran como parte integrante del protoplasma y núcleo celular de los tejidos de los animales, y se acumulan en algunas partes de los vegetales, especialmente en las semillas. Son esenciales para los animales y el hombre y representa el compuesto químico más importante para la formación de los tejidos o el crecimiento del cuerpo. También son fuente de energía. Entra en la composición de las enzimas y vitaminas.

Las mejores proteínas son las de origen animal por su balance de aminoácidos esenciales, pero son las más costosas y escasas a nivel mundial, aspecto que induce al aprovechamiento de los despojos de los animales y en la obtención de nuevas fuentes por medio de la biotecnología. Como ejemplo, un animal requiere de 8 kg. a 10 kg. de proteína vegetal, para convertirla en un kilogramo de proteína animal, razón por la cual es conveniente que el hombre utilice directamente las fuentes de proteína vegetal en su alimentación.

La alimentación vegetal es tradicionalmente la más generalizada del mundo, el 68% de las proteínas consumidas son de origen vegetal, por lo tanto, es lógico tratar de darles el mejor aprovechamiento posible.

El valor nutritivo de una proteína, depende de su contenido de aminoácidos esenciales, estos deben encontrarse en cantidades equilibradas en los alimentos absorbidos a diario y de preferencia en cada comida. Existen aproximadamente 20 aminoácidos, de los cuales 8 son esenciales al organismo humano incapaz de sintetizarlos, ellos son: **Fenilalamina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Treonina, Triptófano y Valina.** Sin embargo, el predominio de las proteínas vegetales especialmente la leguminosas y

cereales en el régimen alimenticio, provocan un déficit global de tres aminoácidos esenciales: **lisina, metionina y triptófano.**

Las proteínas se asimilan al descomponerse totalmente en sus aminoácidos constitutivos, al hidrolizarlas con ácidos o por la acción de determinadas enzimas durante el metabolismo.

3.5.1. Propiedades funcionales de las proteínas

Las proteínas no sólo son fuentes de aminoácidos sino que, debido a su naturaleza polimérica, su presencia influye decididamente en las características reológicas y de textura del alimento, que hacen que éste sea más aceptado por el consumidor. En Los últimos años se han desarrollado diversas técnicas para su extracción y purificación (Ejemplo: de la leche, de la soya, del huevo, de la sangre, etc.); de esta manera, las proteínas se usan comercialmente en la fabricación de otros alimentos debido precisamente a que confieren sus propiedades químicas y físicas a los productos en los que se emplean.

En términos generales, las propiedades funcionales se definen como "cualquier propiedad fisicoquímica de los polímeros que afecta y modifica algunas características de un alimento y que contribuye a la calidad final del producto", por ejemplo, son propiedades funcionales la hidratación, el espumado, la emulsificación, la gelificación, etc; éstas dependen fundamentalmente de factores intrínsecos propios de la molécula (conformación, relación y disposición de los aminoácidos, hidrofobicidad, ionización, carga eléctrica, forma peso

molecular, etc), así como de factores extrínsecos del medio que los rodea, y que en ocasiones pueden modificarse (pH, fuerza iónica, temperatura, actividad acuosa, constante dieléctrica, etc).

Dichas propiedades se observan normalmente en las proteínas en estado natural, ya que se pierden cuando se presenta la desnaturalización (ejemplo, por un fuerte tratamiento térmico), como ocurre con el suero de la leche. Es una práctica común medir la solubilidad de estos polímeros como una indicación de las propiedades funcionales que desarrollan; generalmente, mientras menos solubles sean más desnaturalizadas están. Por esta razón, es muy importante considerar el método de obtención de las proteínas, puesto que si éste implica un intenso daño, dichas propiedades se modifican notoriamente.

En el siguiente cuadro se muestran las propiedades funcionales más importantes que se presentan cuando los polipéptidos accionan entre sí, o entre los demás constituyentes de los alimentos, principalmente con el agua, los hidratos de carbono, los lípidos y las sales; estas asociaciones están en función de los factores intrínsecos y extrínsecos.

PROPIEDAD	FUNCIÓN
- Hidratación	- Solubilidad, dispersión, absorción de agua, espesante, gelificante, viscosidad, formación de masas y propiedades reológicas en general.
- Estructural y reológica	- Elasticidad, cohesión, formación de redes tridimensionales, formación de fibras, viscosidad, agregación, gelificación.
- Sensorial	- Color, sabor, olor, textura, turbidez, arenosidad, etc.
- Superficie	- Emulsificante, espumante, estabilización, formación de complejos lípido - proteínicos.
- Otras	- Compatibilidad con aditivos, acción enzimática y modificación de propiedades de los alimentos.

CUADRO 1. Propiedades funcionales de las proteínas empleadas en los alimentos

Fuente: RAMIREZ BERNAL, Inés. Análisis de alimentos. Santafé de Bogotá: Guadalupe Ltda., 1994.

3.5.2. Características de las proteínas vegetales

Las proteínas de origen vegetal son deficientes en uno o más de los aminoácidos esenciales. Por esto, en la dieta diaria, tanto de los animales como de los humanos debe mezclarse la harina de diferentes semillas, o adicionarse a la misma aminoácidos artificiales para obtener proteínas de composición balanceada. Las proteínas de soya, algodón y girasol son las más completas en cuanto a aminoácidos.

Algunas de las semillas oleaginosas contienen sustancias antinutritivas que deben eliminarse. Las aflatoxinas, por ejemplo, son sustancias tóxicas que desarrollan las esporas de algunos hongos cuando contaminan la semilla. Este es un problema común a todas las oleaginosas y principalmente al cacahuete. La única forma de prevenir este problema es a través de una cosecha y un almacenamiento adecuados. La proteína del algodón se usa poco porque contiene compuestos químicos tóxicos. Para poder usarla sin riesgos es necesario eliminarlos mediante un proceso tecnológico. También, existe la posibilidad de utilizar la proteína de semillas de variedades libres de tales sustancias.

La soya contiene algunos compuestos antinutritivos sensibles al calor, que deben ser destruidos durante el proceso de obtención de la harina.

Además, los productos alimenticios obtenidos a partir de las proteínas vegetales deben ser tan atractivos y palatables como los obtenidos de las proteínas animales.

Por ejemplo, el sabor es una de las características más importantes del alimento. Por eso, como la harina de soya tiene un sabor fuerte y desagradable, éste se debe eliminar durante la producción de proteína aislada o concentrada. La proteína vegetal es incolora. Sin embargo, ésta puede tomar alguna coloración de la semilla que es necesario eliminar. Si la proteína tiene alguna coloración, se reducirá su uso en la elaboración de productos alimenticios.

La apariencia de la harina se mejora descascarando las semillas, particularmente las semillas de algodón y de girasol. Así mismo, cuando se emplea la proteína para

augmentar el valor nutritivo de los productos cárnicos, como la carne molida y las hamburguesas, debe dispersarse en el alimento pero teniendo cuidado de no afectar sus características normales. Por esta razón, la proteína debe tener propiedades como las de solubilizarse, emulsionarse, dispersarse, gelatinizarse o texturizarse.

3.5.3 Aspectos generales de la soya (*Glycine max*)

Pertenece a las leguminosas y por su elevado contenido de aceite junto con el cártamo, el algodón, el girasol, la aceituna y el cacahuate se incluyen en las oleaginosas. En muchos países occidentales, esta semilla se utiliza para la extracción de aceite y el residuo o pasta, rico en proteínas se emplea para la alimentación animal: por otra parte en el oriente, la soya es fundamental en la dieta de un gran sector de la población debido a sus propiedades nutritivas, principalmente por sus proteínas, en los últimos años ha habido un gran desarrollo científico y tecnológico para el aprovechamiento integral. La producción de la proteína de soya representa una alternativa muy importante para la gran deficiencia existente de las proteínas convencionales como las de la leche y las de la carne.

- **Reseña histórica.** La soya es originaria de la parte oriental del Continente Asiático. Es mencionada principalmente en la literatura china, atribuyéndose su descubrimiento al Emperador Schennung, hacia el año 2838 A.C.

El pueblo chino descubrió en la soya su gran valor nutritivo, llegando a considerar esta semilla como uno de los cinco granos sagrados, junto con el trigo, arroz, cebada y millo.

Fuera de sus valores alimenticios, los chinos le atribuyeron propiedades medicinales.

Fue en el año 1898 cuando en los Estados Unidos de América, empezó a cultivarse diversas variedades de soya adaptadas a diferentes climas y suelos a manera de ensayos.

En Colombia, se realizaron las primeras siembras en el Valle del Cauca, estableciéndose con el tiempo en cultivo comercial por el nacimiento de las fábricas de grasas y derivados con mayor auge en los últimos años tanto en producción como productividad. Hoy en día, la soya es considerada como un cultivo que puede constituir una solución a la necesidad de obtener proteínas con facilidad y bajo costo para consumo humano.

La proteína es una de las mejores cualidades de la soya dentro del reino vegetal y la que más se asemeja con las producidas por los animales. Obtener un kilo de proteínas a partir de soya es también más económico que lograrlo de productos de origen animal, tales como la leche, huevos o carnes.

SEMILLA	EUROPA	URSS	AMÉRICA DEL NORTE	AMÉRICA DEL SUR	ASIA	CHINA	ÁFRICA	TOTAL
Soya	50	543	26.863	833	1.038	11.200	22	40.549

Cuadro 2 Producción en millares de toneladas por año

Fuente: FAO (Year – Book 1998, Vol. 22).

SEMILLA	CANTIDAD MILES DE TONS.	CONTENIDO EN LÍPIDOS % (*)	HARINA DE SEMILLAS MILES DE TONS.	CONTENIDO EN PROTEÍNAS %	DISPONIBILIDAD DE PROTEÍNA MILES DE TONS.
Soya	40.549	19	32.870	50	16.435

Cuadro 3. Disponibilidad de proteínas brutas

Fuente: BERNARDINI, E.; BAQUERO FRANCO, J. Tecnología de Aceites y Grasas. España: Alhambra, S:A ,1981. (*) El contenido de lípidos está calculado sobre semilla descascarillada.

Botánica. Probablemente esta especie procede de la *G. Ussuriensis* Regel, et Maack., forma silvestre que se encuentra en Extremo Oriente.

Son plantas herbáceas, anuales, con sistema radical bien desarrollado y con abundante nodulación; tallos erguidos y bien ramificados, aunque algunas variedades pueden tener los rastreros o volubles; la longitud de los tallos varía de 45 centímetros a más de 1.5 metros. Tanto el tallo como las hojas y vainas suelen ser más o menos pelosas o híspidas, aunque se conocen variedades completamente glabras; las variedades glabras son de menor porte y menor producción que las híspidas; sin embargo, parece que son más resistentes a algunas plagas.

Sus hojas son alternadas trifoliadas, con los folíolos oval-lanceolados y el pecíolo acanalado en su parte superior y engrosado en la base, donde se pueden observar unas pequeñas estípulas; las hojas se vuelven amarillas y caen cuando las vainas maduran; flores en inflorescencia racimosas, muy pequeñas y número bastante elevado (8 a 16), de color púrpura y blanquecino, teniendo las características típicas del género.

Los estambres son generalmente en apariencia monoandros, aunque realmente son diandros y el vexilar más o menos adherido; vainas híspidas, generalmente cortas y con

las valvas constreñidas contra las semillas, de tamaño y de color variable según variedades y tipos, pero nunca superan lo 10 cm de longitud. Contienen 2 a 3 granos de semillas de tamaño relativamente pequeño, superficie lisa, color pajizo, generalmente, aunque pueden ser verde-amarillentas, verdosas, castaño o negras, de forma casi siempre ovalada. Si la semilla es vieja puede aclararse el color del tegumento hasta llegar a ser casi blanco; también hay variedades con dos colores mezclados; hilo oval, de unos 3 a 4 milímetros de longitud, que no sobresale de la superficie seminal; restos del funículo persistentes sobre el hilo, aunque generalmente de tamaño pequeño.

- **Plántula.** Raicilla bien desarrollada, con algunas raíces secundarias débiles; hipocotileo cilíndrico, glabro y de color blanquecino; cotiledones epigeos, carnosos, glabros; epicotíleo cilíndrico y con pelos.

Las dos primeras hojas son sencillas y acorazadas, con pecíolos pequeños, superficie pelosa y nerviación bien patente, sobre todo en el envés. La segunda hoja es trifoliada de superficie pelosa y de las mismas características de las hojas primeras.

- **Cultivo.** La soya es una planta bastante rústica, tanto en lo que se refiere a suelos como a clima; resiste bien un frío moderado, así como períodos de sequía, si no son excesivamente prolongados. Los climas húmedos los tolera bien siempre, que no lleguen a encharcar demasiado el suelo, para lo cual sería conveniente realizar los desagües necesarios. En general, la especie se adapta bien a climas muy diversos y el gran número de variedades que presenta contribuye grandemente a esta propiedad, ya

que entre límites climáticos bastante amplios, puede encontrarse uno o varios tipos apropiados a la zona.

El período más crítico en su vegetación es el de la germinación, durante el cual puede ser muy perjudicial cualquier cambio repentino en las condiciones climáticas (heladas o fríos intensos, sequía, lluvias torrenciales, etc). Una vez que alcanza la plántula cierto desarrollo, con tal de que no sean extremadas las inclemencias atmosféricas, resiste mucho mejor. El frío moderado no daña las plantas, no retrasa el ciclo, ni tiene consecuencias en la recolección, por lo que se considera la soya, con razón, como un cultivo más simple que el del maíz en todos los aspectos (resistencia a la sequía, al frío, etc.). A pesar de ello la calidad del producto si puede resentirse con cierta facilidad de las inclemencias atmosféricas.

Cuando las vainas están aún verdes, los períodos de frío con temperaturas inferiores a los 5°C, son causantes de daños sobre las semillas, que si bien, aparentemente no se reconocen, una observación detenida lo revela más tarde; a ello se debe muchas veces el color verdoso del aceite obtenido de tales semillas dañadas por el frío, ya que éste, interrumpiendo la normal maduración de aquellas, dejó los cotiledones a medio desarrollar.

Igualmente, el aceite procedente de granos de soya obtenidos en un cultivo en el que han abundado períodos de nieblas o humedad excesiva, tiene demasiada cantidad de ácidos grasos libres, tan perjudiciales para un normal refinado. La acción de vientos secos y

cálidos en los últimos trabajos del cultivo puede producir semillas con tegumentos quebradizos, poco aptos para la extracción de aceite.

En cuanto a suelo, la soya se comporta igualmente como planta poco exigente, adaptándose bastante bien a casi todos. Esta especie tiene, al parecer, la particularidad de que no todas las variedades y tipos reaccionan de forma parecida en todos los suelos, habiendo a veces diferencias sensibles en este sentido.

La soya prefiere, sin embargo, en términos generales, los suelos de consistencia media, fértiles y profundos. La fertilidad no es tan importante como para otros cultivos y la soya puede dar resultados muy satisfactorios incluso en suelos pobres. También prospera en suelos arcillosos-silíceos y arcillosos-Calizaos; los terrenos con bastante materia orgánica son buenos con tal de que no haya humus en exceso.

En forma general la soya está anatómicamente constituida por tres fracciones principales: la cascarilla, que representa el 8% del peso total de la semilla, el hipocotilo 2% y el cotiledón el 90%: en este último se localiza el aceite en unos pequeños compartimientos llamados esferotas, a 0.2 a 0.3 micras y que a su vez están dispersos entre los cuerpos proteicos (denominados aleuomas) de mayor tamaño (2 a 20 micras) integradas por aproximadamente 98% de proteína y algo de lípidos y ácido fítico. Por esta razón en los aleuomas se encuentra casi toda la proteína, cuya función básica es que constituye una fuente de reserva que le sirve a la planta en la germinación y el crecimiento.

	PROTEÍNA (N X 6.25)	GRASA	HIDRATOS DE CARBONO	CENIZAS	CONSTITUYENTE DE LA SEMILLA
Soya Total	40	21	34	4.9	-
Cotiledón	43	23	29	5.0	90
Cascarilla.	9	1	86	4.4	8
Hipocotilo.	41	11	43	4.3	2

CUADRO 4. Composición de la soya y sus partes en porcentajes

FUENTE: Enciclopedia de la Tecnología Química. Vol. X Pág. 56.

- **Varietades.** Esta especie tiene un número muy considerable de variedades y tipos ecológicamente muy diferenciados. Hasta la fecha no es exagerado calcular en más de 1.000 las variedades y tipos conocidos en diversas partes del mundo.

Los datos más completos proceden de Norteamérica, donde se ha dado, desde hace mucho tiempo, gran importancia a los estudios de mejora y selección de esta especie. Se tiene noticia de que en la U.R.S.S. también constituye un cultivo importante, pero se carece de datos confiables al respecto.

Piper y Morse son los autores más destacados en el estudio de esta especie, de sus variedades y tipos y su obra quedará en la literatura agrícola como clásica. Estos autores clasifican la especie en cinco grupos de variedades, de acuerdo con el color del tegumento de las semillas; las de estos grupos son amarillas, verdesas, pardas, negras y bicolors.

Sin embargo, esta clasificación por caracteres puramente botánicos no tiene interés agrícola práctico y por ello en los Estados Unidos de América se clasifican los tipos agrícolas de acuerdo con los ciclos biológicos y su adaptación a condiciones del medio, principalmente climáticas.

- **La soya principal fuente de proteína en la alimentación de especies menores.** El uso de la soya (*Glycine max*) en la alimentación animal, ha abierto un amplio panorama a la industria de concentrados, al permitir la formulación de dietas con una excelente concentración y disponibilidad de energía, aminoácidos y ácidos grasos esenciales. Por su alto contenido de grasas (18 a 20%) y proteínas (37 a 38%), el fríjol soya se presenta como una valiosa materia prima para su utilización en la industria destacándose la extracción de aceites y la formulación de alimentos balanceados para animales. Con este recurso es posible satisfacer las necesidades nutricionales de las líneas modernas de aves y cerdos, que exigen raciones de alta calidad nutricional y sanitaria, así como de una elevada densidad energética y proteica.

Tradicionalmente y después de la II guerra mundial el fríjol soya se convirtió en la principal fuente de proteína utilizada en la formulación de alimentos concentrados para cerdos, aves, peces y ganado bovino.

En Colombia, debido a que la producción de soya es irregular y poco competitiva el gobierno tiene que recurrir a importaciones permanentes para satisfacer la demanda de las fábricas productoras de concentrados lo que encarece notablemente el valor final del alimento para animales.

La unidad investigativa de avicultura andina en el año de 1993 presentaba las necesidades de alimentos balanceados las cuales ascendían a 2.6 millones de toneladas para las especies pecuarias (bovinos, aves, cerdos, otros) y manifestaba la necesidad de sembrar y producir más soya o de lo contrario el país tendría que importar unas 100 mil toneladas de las 300 mil requeridas en ese entonces para la elaboración de los concentrados. En la actualidad se están importando cerca de 300 mil toneladas de soya, de las 350.000 requeridas.

- **Características nutricionales del grano de soya.** Estudios realizados por la Asociación Americana de Soya (A.S.A.) e investigadores como Waaijberg (1985), Norland (1985), Buitrago, Portela y Eusse (1992), han demostrado que el grano integral de soya para ser utilizado en dietas para animales debe ser sometido a un proceso térmico el cual destruye los factores antinutricionales presentes en el grano recién cultivado y permite aprovechar al máximo su potencial de energía y proteína.

Al realizar análisis nutricionales de la soya, tanto en forma de grano crudo, como procesado (tostado) y como subproducto (torta de soya) encontraron que la principal diferencia se observa en el porcentaje de grasa en el grano entero que alcanza un 17.5% frente a la torta de soya que solo tiene 1.5% y en el mayor porcentaje de proteína presente en la torta de soya 45.5% frente al 37.5% del grano entero. También encontraron que el principal limitante para la utilización del grano crudo radica en que posee una serie de factores antinutricionales (antitripsina) y factores tóxicos, los cuales deben ser destruidos antes de la utilización en las dietas para animales. Véase Cuadro 5.

Los factores antinutricionales presentes en el estado natural del grano de soya de mayor importancia son: antitripsina, lipoxigenasa, ureasa hemaglutinina y factor antitiroideo. La antitripsina y lipoxigenasa tienen gran interés por ser elementos que afectan negativamente la utilización de la proteína, la grasa y los carbohidratos a nivel intestinal y por consiguiente se obtiene una pobre digestibilidad traduciéndose en disminución del crecimiento y pérdida de peso tanto en aves como en cerdos.

- **Proteínas de la soya.** A diferencia de los cereales (maíz, trigo, etc), que son abundantes en glutelina y prolaminas, las proteínas de la soya son una mezcla heterogénea de globulinas (60-75%) del total y de albúminas con pesos moleculares muy variados solubles en soluciones salinas y en agua: precipitan en su punto isoeléctrico, generalmente en intervalo de 4.2 a 4.8: su aminograma difiere del de los cereales en que las cantidades de metionina, ácido glutámico, arginina, leucina, isoleucina y valina son menores pero en cambio es más rico en lisina.

En general la proteína de la soya presenta una deficiencia de aminoácidos azufrados que se acentúa más en los aislados proteicos, ya que la concentración de metionina y cisteína se reduce durante el proceso de manufactura de éstos productos; el porcentaje de lisina es elevado lo que hace que la soya sea muy adecuada para complementar las proteínas de los cereales: su patrón de aminoácidos puede verse en la tabla siguiente.

AMINOÁCIDOS	HARINA DESGRASADA	CONCENTRADOS	AISLADOS	PATRÓN DE LA FAO
Isoleucina	4.6	4.9	4.8	4.2

Leucina	7.7	8.0	7.2	4.8
Lisina	6.2	6.2	6.0	4.2
Metionina	1.3	1.3	1	2.2
Cistina	1.2	1.6	1.0	2.0
Fenilalanina	5.3	5.3	5.5	2.8
Treonina	4.2	4.3	3.7	2.8
Triptofano	1.4	1.4	1.3	1.4
Valina	4.9	5.0	4.8	4.2

CUADRO 5. Aminoácidos en proteínas comerciales de soya
(Gramos de aminoácidos por 16 gr. De nitrógeno)

FUENTE: Química de Alimentos. Pág. 621.

- **Propiedades funcionales.** Por problemas de disponibilidad de alimentos de origen animal, en los últimos años han surgido diversas tecnologías que permiten la incorporación de proteínas vegetales en diversos productos tradicionales. Las propiedades funcionales de los polipéptidos son muy importantes para la fabricación de diversos alimentos; por esta razón en muchas ocasiones el fabricante selecciona las proteínas de acuerdo con dichas propiedades sin atender a su valor nutritivo.

Es relativamente sencillo fabricar un alimento que contenga proteínas, hidratos de carbono, lípidos, vitaminas, minerales, etc: esto puede hacerse combinando todos los constituyentes en las concentraciones adecuadas el mayor problema en estos desarrollos es elaborar el producto con características adecuadas de textura, sabor, apariencia y aroma. Al mezclar los componentes es preciso considerar que alimento debe cumplir ciertas condiciones que sean atractivas para el consumidor y que despierten su interés además debe presentar algunas características que permitan procesarlo o prepararlo con

un mínimo de problemas, por ésta razón para determinar la funcionalidad de una proteína es mejor utilizarla en el alimento directamente y observar su comportamiento; esto provoca interacciones con los otras constituyentes tales como grasas hidratos de carbono, otras proteínas, etc.

El contenido proteico es particularmente importante para enfatizar una característica por ejemplo una harina debe absorber mayor cantidad de agua que un concentrado o un aislado debido a la presencia de hidratos de carbono.

En la industria de cárnicos para elaborar embutidos, salchichas, hamburguesas, etc. ya que ayudan a formar emulsiones estables pues cuando melifican producen una estructura tridimensional. Controlan la absorción de agua en pastas tipo macarrones, en dulces y productos de confitería en general. El cuadro siguiente ilustra un poco más el tema.

PROPIEDAD FUNCIONAL	FORMA DE LA PROTEÍNA	SISTEMA UTILIZADO
Emulsificación		
Formación.	H.C.A.	Salchichas, embutidos, salami, panes, pasteles y sopas
Estabilización.	H.C.A.	Productos batidos como crema chantilly, postes congelados, embutidos en general.
Absorción de grasa		
Promoción	H.C.A.	Salchichas, embutidos y hamburguesas.
Prevención.	H.A.	Donas y bollos.
Absorción de agua		
Absorción.	H.C.	Pasteles, panes y pastas.
Retención	H.C	Pan y pasteles.
Textura.		
Viscosidad.	H.C.A.	Sopas y salsas.
Gelificación.	A	Sustitutos de carne molida.
Formación de fibras	A	Sustitutos de carne.
Formación de masas	H.C.A.	Productos de panificación.
Formación de películas	A	Salchicha y salami.
Adhesión.	C.A.	Embutidos, carnes frías y productos cárnicos.
Cohesión.	H.A.	Productos horneados, macarrones y sustitutos de carne.
Elasticidad.	A	Productos horneados, sustitutos de carne.
Control de color		
Blanqueado.	H	Pan.
Oscurecimiento.	H	Pan y derivados.
Aereación.	A	Productos batidos y confituras.

CUADRO 6. Propiedades funcionales de las proteínas de la soya en algunos sistemas de alimentos

H. Harinas. C. Concentrado. A. Aislado.

Fuente. Química de alimentos. Pág, 629

Las propiedades nutritivas hacen que la soya sea un producto de mucha importancia y es así como se está usando en combinación con carnes de res reduciendo así el costo considerable y mejorando la calidad nutricional. Ver cuadro siguiente.

COMPONENTE	CARNE DE RES MOLIDA	CARNE DE RES / SOYA (75 – 25%)
Proteína %	17.0	17.0
Grasa %	25	23
Hidratos de carbono %	-	3.0
Cenizas%	0.5	3
Humedad %	57.5	54
Calorias / 100 gr.	293	287
B ₁ (mg/100 gr)	0.08	0.11
B ₂ (mg/100gr)	0.16	0.14
Niacina (mg/100 gr)	4.33	3.44
Hierro (mg/100 gr)	2.17	2.17
Calcio (mg / 100gr)	15.1	20.9
B ₆ (mg/100 gr)	0.4	0.55
Fósforo (mg/ 100 gr)	173	173
B ₂₁ (microgr./100 gr)	1.9	1.5
REP	2.76	2.68

CUADRO 7. Análisis comparativo de la carne y la mezcla carne soya

FUENTE: Química de Alimentos. Pág. 630

- **Factores antifisiológicos de la soya.** La soya al igual que muchos tejidos, producen metabólicos propios de un sistema que en ocasiones puede ser dañino para el hombre. Se ha visto que al alimentar a ciertos animales de laboratorio, con soya cruda,

con o sin grasa, éstos presentan problemas de inhibición del crecimiento, reducción de la digestibilidad de la proteína y de la disponibilidad de los aminoácidos, vitaminas y minerales además de una hipertrofia pancreática.

Estos efectos se relacionan directamente con los factores antifisiológicos propios de ésta leguminosa que deben eliminarse con un tratamiento térmico; sin embargo como se ha visto, un calentamiento excesivo daña la proteína, se requiere entonces optimizar las condiciones de tiempo y temperatura para eliminar estos factores y conservar al máximo el valor nutricional.

Cabe recordad que estos estudios toxicológicos se llevan a cabo generalmente con ratas cuyo sistema metabólico no es igual al del hombre ni al de otros animales, por esta razón los resultados que se obtienen en estas circunstancias no siempre se pueden extrapolar al humano.

- **Inhibidores de proteasas.** Estos compuestos son generalmente de proteínas de peso molecular bajo con capacidad de asociarse con enzimas proteolíticas y formar un complejo estable que no tiene actividad catállica. No son exclusivas de ésta leguminosa ya que también se han identificado en diversos cereales, verduras y frutas, sin embargo los inhibidores de la soya son los que más se han estudiado, son un grupo de 7 a 10 polímeros, de todos ellos el más conocido son los que actúan inhibiendo la actividad proteolítica de la tripsina y la quimotripsina y que se llaman Kunitz y de Bowman – Birk

ambos se localizan en la tracción 2S y tienen pesos molecular de 21.500 y 8.000 daltones respectivamente, ver cuadro 8.

	KUNITZ	BOWMAN-BIRK
Punto isoeléctrico	4.5	4.2
Peso molecular	21500	7975
Número de aminoácidos	197	72
Cistinas /mol	2	7
Estabilidad a la alta temperatura, ácidos y pepsina.	Inestable.	Estable.
Inhibición de la qimotripsina	Baja.	Alta.
Hipertrofia pancreática	Positiva.	Positiva.

CUADRO 8. Propiedades de los inhibidores de tripsina

FUENTE: Datos realizados por el Autor.

En su mecanismo de acción, una molécula de Kuntz interactúa estequiométricamente con una de tripsina: tienen una gran estabilidad ya que mantienen su actividad en un intervalo de 1 a 12, pero se desactualizan al calentarse a temperaturas superiores a 80° C; en ocasiones cuando el tratamiento térmico no es suficiente, puede regenerar su estructura terciaria y recuperar su función. Contienen un enlace disulfuro, por lo que el efecto de los agentes reductores como la sisteína causan su inactivación, debido a que se favorece un intercambio sulfhidrilo-disulfuro.

Por su parte Bowman-Birk es más resistente a la desnaturalización que el anterior ya que requiere temperaturas de autoclave durante varios minutos, igualmente resiste más a los ácidos y a la acción hidrolizante de las enzimas proteolíticas. Las siete cistinas por mol establecen enlaces disulfuro intramoleculares que le confieren una estructura rígida, se encuentran en una concentración menor (Aprox. 0.6%) que el de Kunitz (1.4%).

Se han llevado a cabo diversas investigaciones sobre estos dos compuestos pero aún no se conocen con exactitud como actúan. Se considera que aceleran la biosíntesis de las enzimas pancreáticas y su secreción continúa en el tracto intestinal, lo que trae consigo una mayor necesidad de los aminoácidos indispensables azufrados necesarios para la producción de dichas enzimas en el organismo. Otra teoría supone que existe una interacción directa muy fuerte del inhibidor y la proteína del alimento mediante la cual se forma un complejo que es muy resistente a la hidrólisis enzimática. Todos estos efectos se pueden eliminar con un tratamiento térmico y es preciso destruir un 80% de la concentración para obtener un valor máximo de relación de eficiencia proteínica y que con un solo 50% se elimina la hipertrofia pancreática.

- **Otros factores antifisiológicos.** En la soya se han identificado compuestos capaces de inducir al bocio ya que evitan la fijación del yodo en la glándula tiroides, pero es poca su actividad ya que se destruyen con los tratamientos térmicos tradicionales.

La soya también contiene saponina en una concentración de 0.5% pero a diferencia de otras éstas no son tóxicas, solamente serían dañinas para los peces y algunos anfibios,

además de estos agentes la soya también contiene agentes fenólicos que ejercen una acción estrógeno en los animales que la consuman, esto solamente aplica para ciertos animales ya que en el humano no tiene acción fisiológica.

3.5.4. Alimentos proteicos de origen animal

Estos nutrientes proteicos poseen alto valor biológico, excelentes fuentes de minerales y vitaminas (en especial B12). Por lo regular presentan una alta proporción de materia seca (85 – 95%) y lógicamente de proteína (50 – 80 %). Los concentrados proteicos de origen animal son empleados para elevar la proteína de las raciones y para mejorar el equilibrio de algunos aminoácidos, como por ejemplo de lisina, debido a que las proteínas de las tortas y de los cereales son deficientes en ella.

- **Proteína animal: El huevo.** Los huevos han servido de alimento para el hombre desde tiempos muy antiguos. Contiene valiosos nutrientes en forma concentrada y fácilmente absorbible, que se aprovechan de múltiples maneras en la industria alimentaria y en la esfera doméstica. La máxima importancia corresponde a los huevos de gallina, mientras que los de otras especies aviares (gansa, pata, avefría, gaviota, codorniz) van comparativamente muy por detrás. La denominación de "huevo", cuando no haya acompañado de una aclaración expresa (Ejemplo, "huevo de pata"), se referirá en términos generales al huevo de gallina, del que aquí se va a tratar exclusivamente.
 - **Naturaleza del huevo.** El disco prolífero del huevo de ave es comparable al esbozo germinal de la semilla vegetal. Ambos están dotados de unas fuerzas que

desencadenan divisiones celulares progresivas y ambos cuentan con una provisión nutritiva considerable para asegurar su desarrollo, hasta que el germen se mantenga con sus propias raíces o el polluelo ande con sus propios pies. Pero mientras la semilla vegetal no impone solamente exigencias determinadas, relativas a temperaturas y a gases atmosféricos para su desarrollo, sino que está supeditada asimismo a cantidades suficientes de luz, agua y sustancias minerales del suelo, el huevo depende únicamente de la temperatura de incubación y del oxígeno del aire. El embrión de ave tiene una formación óptima, de manera que la transformación del disco germinativo, yema y clara en polluelo vivo se puede realizar sin la intervención de otras sustancias.

Esta dotación del huevo, con todas las sustancias activas y nutritivas, es necesaria, porque la descendencia en las aves abandona el cuerpo materno -ya antes de nacer- en un estado de subdesarrollo total, lo que quizás pueda adaptarse como una adaptación a la capacidad de volar, cuando la madre sería incapaz de hacerlo debido a su peso, durante el alumbramiento de sus hijos, y podría ser con facilidad una víctima de sus enemigos, precisamente en el momento más importante de su vida.

El huevo es un ser que contiene todas las sustancias necesarias para la formación del organismo animal y además la energía precisa.

- **El alimento huevo.** El alto valor del huevo como alimento se basa en lo siguiente:
 - Riqueza y variedad de sus componentes.
 - Digestibilidad en alto grado.
 - Valor para satisfacer el apetito.
 - Esterilidad microbiana.

- Ausencia de impurezas.
- Exento de productos químicos.
- No adulterable.

○ **Riqueza y variedad de sus componentes.** La provisión variada y completa del huevo en sustancias nutritivas, activas y minerales, necesaria y precisa para el desarrollo del polluelo, es la mezcla de su valor extraordinario como alimento. La envoltura natural de su cáscara le permite gran resistencia a las alteraciones y aptitud manejo fácil, garantizando además su facultad de producto no adulterable. Y así se comprende que en la era de florecimiento de las farmacias y de los reformatorios ocupe el huevo -como alimento proteico y a la vez medicamento sin prescripción- un lugar preferente en la alimentación del hombre moderno; alimento con el máximo valor biológico, del que dijo hace 30 años KESTNER especialista en Fisiología de la Nutrición de Hamburgo: "Quien se coma diariamente dos huevos frescos puede reírse de las vitaminas". Su composición es tan completa, como la leche materna para el mamífero.

SCHREMPF dice a este respecto: "El huevo pertenece a aquellos cuerpos albuminoideos de nuestros alimentos, que dispone en su composición química de todos los aminoácidos importantes para la nutrición del organismo animal. Además es obligado hacer mención aquí en la lecitina, materia importante para la sustancia cerebral y nerviosa y, en consecuencia, para el trabajo intelectual. La yema de huevo contiene del 10 al 12% de lecitina. Ningún otro alimento dispone de ella en tanta proporción como el huevo. Por otra parte, la yema de huevo es el soporte más rico en vitamina A y D, cuyas propiedades

fisiológicas se pueden aprovechar de la manera más cómoda y al mismo tiempo más completa, como en ningún otro alimento”.

Hay que convenir que no hay ningún otro alimento con tal cantidad de propiedades de alto valor.

- **Digestibilidad fácil y en alto grado.** La característica típica de la era técnica es el paso del trabajo corporal al intelectual. Y éste no permite fatiga por una alimentación poco digerible. En la transformación de los hábitos de consumo reside la explicación del triunfo del huevo en el mundo entero. Su digestibilidad es fácil y destacada. Los huevos abandonan ya el estómago a las 2-3 horas y se aprovechan en un 95-98% -como el pescado y la carne.

- **Ausencia de impurezas.** La cáscara ofrece una protección completa a las impurezas, de manera que el contenido del huevo se encuentra libre de éstas con toda garantía y sin que sea preciso filtrarlo. No existe mano humana que lo haya tocado.

- **Exento de productos químicos y de sustancias extrañas.** El aislamiento del contenido del huevo, gracias a la cáscara, hace imposible que se le puedan añadir conservantes químicos o colorantes sintéticos. Esto es además completamente superfluo, debido a la inalterabilidad natural y a los pigmentos de la yema. Por tanto, el contenido del huevo no es solamente limpio, sino además puro, es decir, libre de sustancias extrañas.

○ **No adulterable.** El huevo se encuentra sellado, por así decirlo, merced a su envoltura natural, la cáscara, y por eso no se le puede extraer ni añadir nada. No es posible disminuir el contenido graso y aumentar el acuoso. Un producto natural no adulterable.

○ **Constitución del huevo.** Según la figura 1 de la sección longitudinal de un huevo, las partes que comprende son las siguientes:

- La cáscara calcárea con su barniz externo.
- Las fáfarras con la cámara de aire.
- La clara con la chalaza.
- La yema con la membrana vitelina y el disco prolífero o galladura.

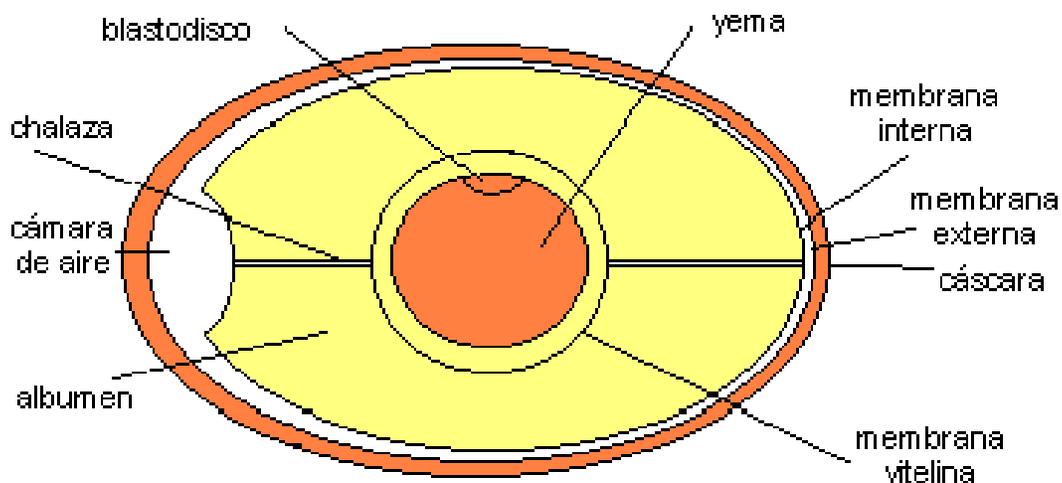


Figura 3. Esquema de las partes del huevo

○ **Cáscara calcárea.** La cáscara da al huevo la forma sólida (elipsoidal) y constituye la cubierta protectora frente a los agentes externos. Se distingue el eje longitudinal y el

transversal, así como el polo basal y el apical; las longitudes de ambos ejes guardan entre sí una proporción definida. La forma del huevo es un carácter propio y heredable de cada gallina. Las circunstancias extremas no influyen sobre ella.

Lo mismo cabe decir del peso del huevo, es decir, no influye sobre él el pienso, sino la estirpe. No obstante, la alimentación juega también un papel junto a los factores genéticos y de edad. Las modificaciones sustanciales del contenido proteico y energético de las raciones de pollitas y de ponedoras pueden aumentar o disminuir el peso del huevo, aunque sólo en unos dos gramos. La resistencia de la cáscara no guarda relación con el tamaño del huevo.

La cáscara es traslúcida, lo cual hace posible el miraje del huevo, colocándolo delante de una fuente luminosa. El miraje se utiliza para examinar el estado de frescura y para controlar el proceso de incubación. Por eso, son más prácticos los huevos de cáscara blanca que los que la tienen oscura. La estructura interna de la cáscara se caracteriza por la presencia de canales de aire, cuyo remate externo está representado por los poros que se observan en la misma ($1 \text{ poro por mm}^2 = 9 - 12 \text{ poros}$). Su importancia natural estriba en permitir la entrada del aire necesario para la respiración del polluelo en desarrollo. Los poros tiene también un significado práctico, que consiste en dejar pasar el agua al aire circundante (evaporación) y hacen posible también la penetración de los agentes de la putrefacción y de las esporas de los hongos en los huevos viejos.

El peligro que esto lleva consigo encuentra un obstáculo en la cutícula superficial del huevo, una capa delgada de barniz, que cierra todos los poros y que tiene su origen en la

secreción de la mucosa del último tramo del oviducto. Dicha secreción acompaña al huevo y se seca tan pronto como éste establece contacto con el aire. La cutícula superficial confiere al huevo fresco su brillo, pero se hace permeable al envejecer y adquiere un aspecto deslucido. La cutícula superficial es permeable a los gases y al agua.

En el caso de los huevos oscuros de las razas pesadas, se trata de una coloración superficial, que se hace ostensiblemente más rápida al aumentar la actividad de postura. No existe relación entre el calor de la cáscara y el de la yema, esto es, los huevos de cáscara oscura no tienen una yema más teñida que los que poseen cáscara blanca. También es absurdo atribuir a los primeros un sabor más sustancioso o incluso un valor nutritivo más alto. Los huevos de cáscara oscura poseen generalmente una resistencia mayor a la rotura que lo de cáscara blanca.

- **Fárfaras.** Son dos membrana intersticiales que están adosadas a la cáscara. Constan de fibras orgánicas afelpadas y tejidas. Las dos fárfaras se separan en el polo basal y cierran la cámara de aire. Esta se forma inmediatamente después de iniciarse la vida externa del huevo y tiene el tamaño de una lenteja cuando éste es fresco. El aumento de su volumen depende de la conservación del huevo (Temperatura, movimiento y grado de humedad del aire) y por eso es de gran importancia práctica para apreciar su edad.

- **Clara.** Es una masa inodora, transparente, en parte acuosa en parte consistente, que coagula y se hace opaca con la cocción.

Se compone de tres capas:

- La externa, fluida.
- La clara densa.
- La interna, fluida.

La primera yace debajo de la cáscara y sale al exterior tan pronto se rompe el huevo. Posee acción bactericida, de manera que sirve de protección frente a los agentes de la putrefacción y las esporas de hongos que penetren a través de los poros. Esta propiedad se va perdiendo paulatinamente al envejecer el huevo.

La clara densa forma un manto cerrado de la esfera vitelina o yema, cuya importancia estriba en mantener a ésta en su posición central, es decir, que impide su contacto con la cáscara, haciendo el papel de una almohadilla. Debido a su alto contenido graso, la yema tiene siempre la tendencia a moverse hacia arriba para situarse inmediatamente debajo de la cáscara. Este manto de clara cae fuera de su totalidad cuando se rompe el huevo. Su densidad disminuye con el envejecimiento (favorecido por la temperatura), a lo cual se atribuye la gran movilidad de la yema en los huevos viejos. Entre la clara densa y la yema existe todavía una capa delgada de clara fluida. La proporción de la clara densa con respecto a la fluida es de 2 : 1 aproximadamente, en los huevos frescos y con el tiempo pasa a ser 1 : 1.

Son también partes constituyentes de la clara, las llamadas chalazas, dos ramificaciones más densas, espirales y dirigidas hacia los polos, que por extremo se atan a la yema y por el otro flotan en la clara. Por eso no pueden desempeñar la función -como antes se suponía- de fijar la yema en su posición central, sino que son el resultado de los

movimientos de rotación de ésta en el oviducto. Al separar la clara de la yema, las chalazas permanecen adheridas a la última, pero se dejan soltar fácilmente, sin que se rompa la membrana de la misma.

- **YEMA.** Representa una esfera poco consistente, revestida por la membrana vitelina, que es muy delgada. El contenido de la yema no constituye una masa uniforme sino que posee una estructura interior, no perceptible en el huevo crudo o pasado por agua, pero sí en el congelado, cuando se corta de arriba a abajo. Se observa entonces un cono más claro (yema blanca), dirigido de arriba al centro, rodeado de cinco estratos más oscuros (vitelo), separados entre sí por una capa delgada de yema blanca. El significado fisiológico de esta estructura interna es probablemente el siguiente: El peso específico de la yema es menor que el de la clara, debido a su contenido graso y por eso tiende siempre a elevarse. La densidad de la yema blanca es todavía menor, por lo que vuelve siempre hacia arriba en cualquier posición del huevo y el disco prolífero se sitúa siempre, de esta forma, debajo de la fuente de calor (el cuerpo de la gallina clueca).

El disco prolífero, situado en la superficie de la yema, es una formación discoidea de células. Debe su origen a la fusión del óvulo y el espermatozoide (en la porción superior del oviducto) y es el punto de partida para el desarrollo del polluelo. Esto es válido para los huevos fecundados. Pero como los huevos de consumo, procedentes de las explotaciones avícolas modernas, se producen en efectivos sin gallos, son normalmente infecundados. Esto es deseable, porque así se evita el peligro de los llamados "huevos

abortados” y probablemente se conservan mejor. Los huevos fecundados se distinguen fácilmente de los que no lo están, por el tamaño diferente del disco prolífero.

AMINOÁCIDO	HUEVO ENTERO	CLARA	YEMA
Ala	0.71	0.65	0.82
Arg	0.84	0.63	1.13
Asx	1.20	0.85	1.37
Cys	0.30	0.26	0.27
Glx	1.58	1.52	1.954
Gly	0.45	0.40	0.57
His	0.31	0.23	0.37
He	0.85	0.70	1.00
Leu	1.13	0.95	1.37
Lys	0.68	0.65	1.07
Met	0.40	0.42	0.42
PHe	0.74	0.69	0.72
Pro	0.54	0.41	0.72
Ser	0.92	0.75	1.31
Thr	0.51	0.48	0.83
Trp	0.21	0.16	0.24
Tyr	0.55	0.45	0.76
Val	0.95	0.84	1.12

Cuadro 9. Composición en aminoácidos del huevo entero, clara y yema (g/100 g de porción comestible).

Fuente: RAMIREZ BERNAL de, Inés. Análisis de alimentos. Santafé de Bogotá: Guadalupe Ltdaz., 1994.

ALIMENTO	AGUA GR	PROTEINAS GR	GRASAS GR	HIDRATOS DE CARBONO GR	VALOR CALORICO O KCL	A U.L.	B ₁ MG	B ₂ MG	ACIDO NICOTINICO MG	CMG	OTRAS VITAMINAS	PROPOR DEL PESO TOTAL %	EXTRACT O SECO %	SALES MINERA LES %
Huevo sin cáscara	74	13	12	1'0	158	1140	0'12	0'34	0'1	0	D; 1'1mg E			
Huevo en polvo	2	48	43	2'6	593	4460	0'35	1'23	0'2	0	D; E			
Yema cruda	49	17	33	1'0	593	4460	0'35	1'23	0'2	0	D; E	32.8	51.3	1.1
Clara cruda	88	11	0	1'0	47	0	0	0'23	0'08	0	----	56.9	12.1	0.6
Cáscara		3.3*										10.3	98.4	95.1

Cuadro No 10. Composición química de los huevos (Valores para 100 gr)

Fuente: W. Rauch: Celler Jahrbuch 1958, p. 221.

* Complejo proteína-mucopolisacárido.

- **Proteínas del huevo.** Como alimento líquido, los huevos de gallina son inusuales, puesto que poseen una macroestructura física característica. En los huevos frescos, la yema está situada en una posición central por la chalaza, anclada al denso gel que constituye la clara. La propia clara, también mantiene firmemente su posición al estar unida a las membranas interiores de la cáscara del huevo. En la reproducción de las aves, la yema y la clara son una buena fuente de alimentos para el embrión en desarrollo.

La estructura organizada del huevo es importante a la hora de ser utilizado como alimento para el hombre, puesto que la posición central de la yema, buen medio de cultivo microbiano, evita a sus constituyentes el contacto con las membranas internas de la cáscara. Además, la clara, en contacto con las membranas de la cáscara, es un medio relativamente pobre para el crecimiento microbiano debido a que un número substancial de las proteínas que contiene tienen propiedades antimicrobianas; entre ellas se incluyen inhibidores enzimáticos, inmunoglobulinas, proteínas fijadoras de vitaminas y la proteína fijadora de hierro, conocida en la actualidad como ovotransferrina. La lisozima, que es un enzima capaz de catalizar la hidrólisis de los péptidoglicanos de las paredes celulares de la mayoría de los microorganismos, también se encuentra en la clara del huevo en cantidades substanciales.

Los componentes del huevo de gallina se puede separar fácilmente en clara (albumen) y yema. Las proteínas de la yema representan aproximadamente del 15 al 17% de su peso, mientras que los lípidos representan aproximadamente un 33% de la masa total líquida; el contenido de sólidos es del 52%. Muchas de las propiedades físicas y comerciales de la yema y del huevo líquido entero (albumen y yema) dependen de la elevada concentración de proteínas y lípidos. Los constituyentes de la yema actúan como emulsionantes; también las

lipoproteínas de alta y baja densidad son importantes para mantener la estructura abierta de los productos de repostería.

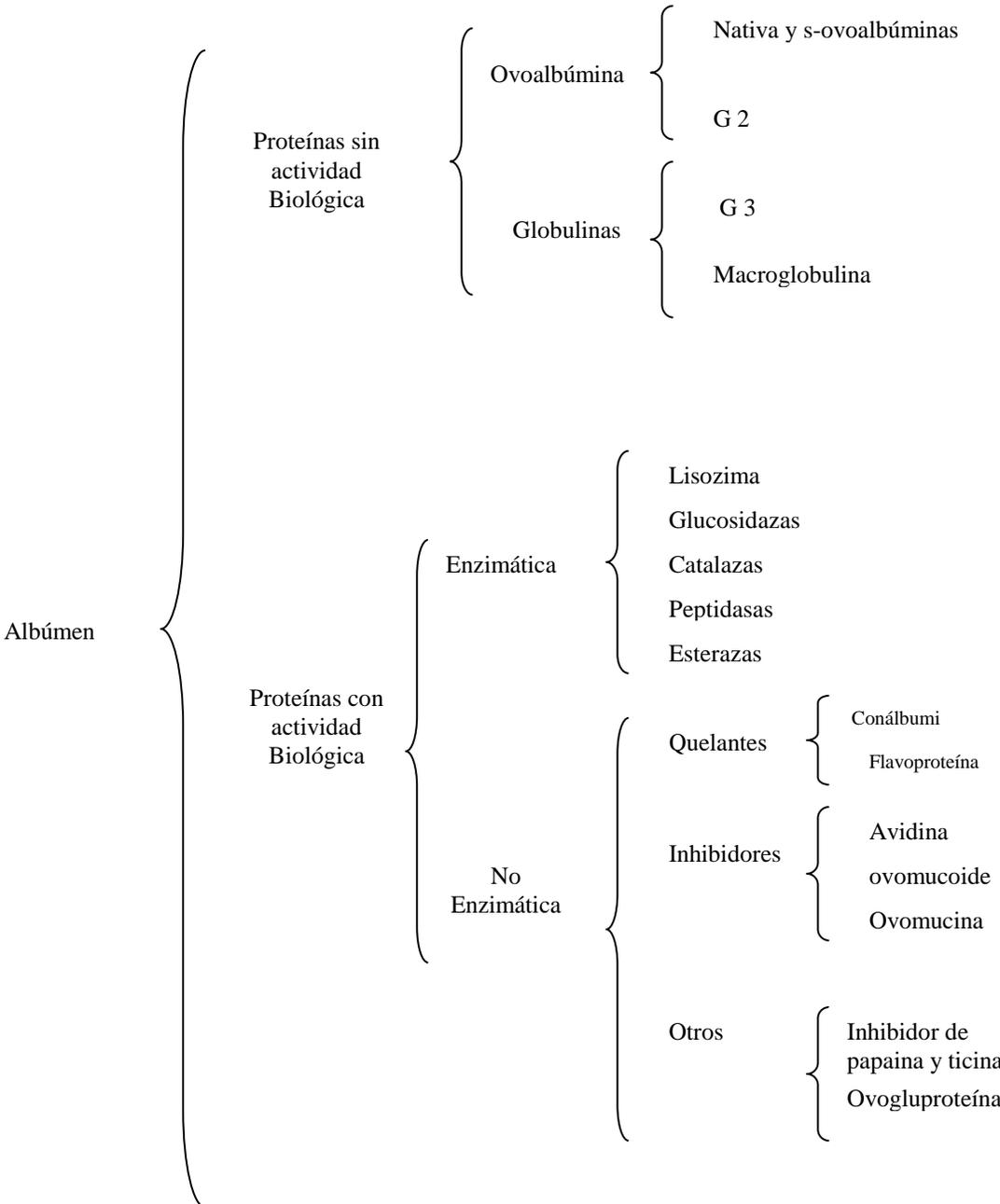


FIGURA 4. Clasificación de las proteínas del albumen (clara)

Fuente: Proteínas.

PROTEINA	%	PUNTO	pm	CLASIFICACION
----------	---	-------	----	---------------

	SÓLIDOS TOTALES	ISOELECTRICO		
Ovoalbúmina	54	4.6	44 500	Fosfo y glicoproteína
Ovotranferrina	13			Glicoproteína fijadora de hierro
Ovomucoides	11	4.1	28 000	Glicoproteína inhibidoras de tripsina
Lisozima	3.5	10.7	14 300	Enzima
Ovomucinas	1.5	4.7		Glicoproteínas
Ovoglicoproteína	0.5			Glicoproteína
Ovoinhibidores	0.1	5.1	49 000	Inhibidor de proteasa, glicoproteínas
Ovomacroglobulina	0.5	4.5	830 000	Glicoproteínas, inmunogénico
Otras globulinas	4.0			
Flavoproteína	0.8	4.0	32 000	Una riflavina, glicoproteína
Avidita	0.05	10.0	68 300	Una biotina, glicoproteína

CUADRO 11. Clasificación de las proteínas del albumen (clara)

Fuente: Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos.

4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.1. Materiales

- Gradilla
- Tubos de ensayo
- Beaker
- Varilla de vidrio
- Balanza
- Espectrofotómetro
- Reactivo de Biuret
- Reactivo de Millón
- Amoníaco concentrado
- Ácido Sulfúrico
- Sacarosa
- Hidróxido de Sodio al 10%
- Bromo
- Albúmina Cristalizada
- Reacción de Ninidrina

- Reacción de Ácido Nítrico
- Naftol al 1%

4.1.2. Modificaciones químicas de las proteínas de la soya

Éstos polímeros se pueden modificar químicamente para obtener ciertas ventajas en cuanto a las propiedades funcionales como lo muestra la tabla siguiente.

REACCIÓN	CAMBIO EN LAS PROPIEDADES
Álcalis pH 10	Aumenta la dispersabilidad y la solubilidad.
	Aumenta la resistencia a la agregación.
	Aumenta la elasticidad, mejor formación de fibras.
Acilación.	Mejora su solubilidad en alimentos ácidos.
Anhídridos ascético y succínico	Aumenta la solubilidad.
	Disminuye la viscosidad.
	Aumenta la tolerancia a iones cálcicos.
	Más resistencia a la agregación.
Oxidación.	Reduce la viscosidad.
Peróxido.	Aumenta la solubilidad.
Cloro.	Mejora el color.
Reducción.	Reduce la viscosidad de las dispersiones en agua.
Sulfitos y sus sales	Aumenta la viscosidad en soluciones salinas.
	Aumenta la resistencia a la agregación.

CUADRO 12. Modificaciones químicas de las propiedades funcionales de las proteínas de la soya

FUENTE: Química de alimentos. Pág. 634

Al efectuar cualquier modificación es importante primero determinar las alteraciones que sufren las proteínas ya que éstas pueden inducir a la destrucción de algunos aminoácidos indispensables o en el peor de los casos generar moléculas tóxicas. Es muy importante determinar su efecto biológico en el humano antes de consumirlo.

- **Tratamientos alcalinos.** Después de someterse al tratamiento alcalino las proteínas de la soya se utilizan en la formación de fibras que imitan el tejido animal y cuyos grados de dispersión disolubilidad dependen de la intensidad del proceso. El problema más grave con los álcalis es que existe la posibilidad de que sinteticen nuevos aminoácidos indeseables como la lisinoalamina, o que provoque la racemización de otros.

- **Acilación.** Éste proceso se lleva a cabo con anhídridos y sus derivados, tiene muy buenas propiedades de dispersión, adhesión, esúmado, etc, los anhídridos ascético y succínico y algunos lactosas como la Betapropalictona se han empleado para aumentar la solubilidad de las proteínas de soya a pH ácidos, además de los de la leche, el huevo y otros, las reacciones se realizan mediante el grupo amino ϵ de la lisina. Lo cual puede alterar la calidad de las proteínas.

- **Oxidación y reducción.** Los agentes oxidantes más importantes son los peróxidos de hidrógeno y de sodio, estos provocan una mejoría en el color, la solubilidad y la viscosidad de las dispersiones de proteína.

Se han empleado algunos compuestos oxidantes y reductores para la extracción proteínica y se han obtenido productos con propiedades muy diferentes a las proteínas.

4.1.3. Método

- **Método de cocción.** Consiste en calentar un recipiente con agua hasta alcanzar el punto de ebullición, luego se introduce el grano de soya en un costal de fique y se deja cocinar durante 25 a 30 minutos. Después de los cuales se saca y se pone al sol para su secado y posterior utilización en la preparación de las dietas para animales o su almacenamiento. Este proceso esta recomendado para ser utilizado por pequeños productos y garantiza la inactivación de los factores antinutricionales presentes en el grano de soya.
- **Método de tostado.** Estos equipos utilizan normalmente calor seco (sin vapor) el cual es aplicado directamente a la superficie del grano por un breve período de tiempo. Los tostadores más conocidos utilizan gas o combustibles líquidos y pueden tener una capacidad desde 1 tonelada/hora hasta 12 toneladas/hora. La mayoría de los equipos utilizan aire caliente con temperaturas que oscilan entre 300 a 350°C durante un tiempo de paso del grano de 1 a 3 minutos y temperatura de salida de 130 a 170°C.

Desde el punto de vista sanitario, este proceso destruye la mayor parte de microorganismos patógenos, insectos, hongos y otros organismos que afectan la calidad del grano. Cuando se realiza con un estricto control, el producto que se obtiene es de alta calidad nutricional con un nivel mínimo de factores antinutricionales.

Algunos investigadores han trabajado con un sistema de tostado que consiste en utilizar un tambor con capacidad para 200 kilos de soya el cual se hace girar mediante un motor reductor para asegurar un homogéneo calentamiento del grano de soya. Este

calentamiento se produce a través de una parrilla que esta situada en la parte inferior del tambor que es alimentada por gas hasta elevar la temperatura a 120°C por 2 minutos, tiempo en el cual se ha estandarizado la prueba para la óptima utilización del grano de soya sin que se desnaturalice la proteína ni se destruyan los aminoácidos esenciales como la lisina y la metionina y se observe una destrucción de los factores antinutricionales.

- **Método de extrusión.** En el método de extrusión seca se involucra el uso de presión y fricción mecánica, para generar el calor requerido en el calentamiento del grano de soya. En este proceso el grano previamente molido se pasa por un cilindro mediante un tornillo sin fin. El calor originado por la fricción en el cilindro es suficiente para desactivar los factores antinutricionales. Estos equipos trabajan con temperatura entre 150 a 170°C y un tiempo de retención del grano de 30 a 60 segundos presentándose disminución de un 15% de humedad.

La extrusión húmeda incluye el uso de vapor durante el proceso y no hay pérdida de humedad.

4.2 METODOLOGÍA

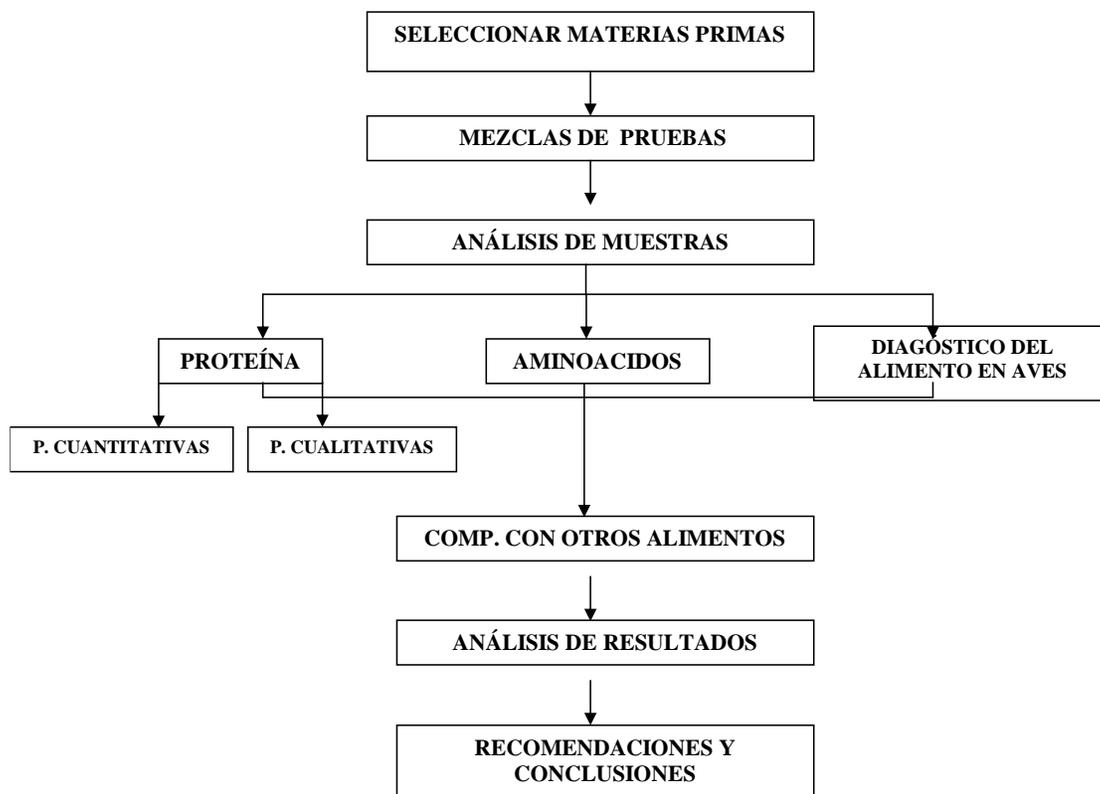


FIGURA 5 . Diagrama de metodología de investigación

4.2.1. Seleccionar Materias primas

Interacción proteína – proteína

Como se ha indicado las proteínas tienen la capacidad de interactuar con compuestos muy diversos como el agua, los lípidos, los hidratos de carbono y otros polipéptidos iguales o diferentes a través de diferentes tipos de uniones como lo explica el siguiente cuadro:

INTERACCIÓN	COVALENTE	IÓNICA*	PUENTES DE HIDRÓGENO	HIDRÓFOBAS
Proteína – proteína	+	+	++	+++
Proteína – lípido	+	+	+	+++
Proteína – polisacárido	-	+++	++	-
Proteína – iones	-	+	+++	-
Proteína – disolvente	-	+	+++	-

- no contribuye

+ contribuye parcialmente

++ contribución fuerte

+++ contribución muy fuerte.

* algunas veces por mediación de cationes polivalentes como el calcio.

Fuente: Química de alimentos. Pág. 165.

CUADRO 13. Fuerzas de unión en las interacciones de las proteínas

Cuando un alimento tiene una composición compleja, se establecen relaciones de éstos polímeros y los demás constituyentes que resulta muy difíciles investigar en forma global, por esta razón se han separado el análisis de estas interacciones. Consideraremos el mecanismo que hace que los polipéptidos se unan entre sí a través de enlaces de hidrógeno,

hidrófobos y salinos. En otros estudios se mirarán las reacciones químicas que ocasionan la formación de uniones covalentes entre proteínas.

Existen diversos métodos para determinar el tipo y el grado de interacción que existe entre las proteínas como son los sistemas de análisis turbidimétricos, de solubilidad y de electroforesis; se pueden usar en algunos alimentos y se han aplicado por ejemplo para estudiar la asociación que se presente en la mezclas de soya y carne cuando se somete a tratamiento térmico.

Todos los sistemas proteínicos naturales que tienen una estructura cuaternaria son un ejemplo de asociación proteína – proteína estabilizados por uniones débiles: las micelas de la leche. Las fracciones 7S y 11S de la soya, la contracción muscular, los complejos anticuerpo – antígeno y encimas - sustrato, etc.: estas relaciones se producen más fácilmente cuanto más se incrementa la concentración. Pero también influye en forma decisiva el PH, la temperatura, la fuerza iónica, etc por ésta razón el polímero puede asociarse entre sí esté o no desnaturalizado.

Una proteína es muy estable en solución a un PH alejado de su punto isoelectrico y a medida que se acerca a él las fuerzas de repulsión estabilizantes disminuyen: en estas condiciones algunas tienden a la asociación y formación de complejos de alto peso molecular que llegan a perjudicar por ser insolubles. Cuando se incrementa la temperatura o la concentración de sales se facilita la agregación. Lo cual es el principio de los métodos

comerciales de aislamiento de proteínas que se basa en las condiciones que favorecen el fenómeno de la insolubilización.

La supresión de las cargas eléctricas de estabilización por adición de álcalis o ácidos hasta llegar al pI normalmente implica una desnaturalización: sin embargo puede ocurrir una agregación sin modificar el PH del sistema y sin que se presente la pérdida de las conformaciones de las proteínas, esto ocurre al neutralizar sus cargas por adición de otros polímeros ionizados, como son las carrageaninas en el proceso llamado floculación.

Los polímeros que se han agregado o polimerizado pueden formar redes tridimensionales desordenadas (coágulos) o estructuras muy organizadas (geles). Muchas suspensiones de proteínas llegan a gelificar cuando se calientan durante un determinado tiempo por encima de una temperatura crítica: el mecanismo tradicionalmente aceptado para explicar este fenómeno establece que se efectúa en dos etapas: primeramente se efectúa un desdoblamiento y una desnaturalización. Seguidamente, una segunda reacción de asociación ordenada de las moléculas que hacen que las proteínas globulares se vuelvan más lineales y que se enlacen con uniones de hidrógeno, hidrófobas y salinas. El resultado es la producción de una red tridimensional organizada, o gel, capaz de retener una elevada cantidad de agua mediante fuentes de hidrógeno. Debido a que la primera parte se acelera a altas temperaturas y la segunda a bajas, las características de los geles depende en gran parte del proceso térmico al que hayan sido sometidas las proteínas.

Esto se explica ya que por un lado la temperatura elevada provoca la desnaturalización y la agregación, mientras que el frío incrementa la interacción proteína – proteína y la hidratación de estas por el establecimiento de fuentes de hidrógeno.

Para alcanzar el máximo aprovechamiento de los diferentes valores nutricionales de la soya es necesario someterlo a un proceso térmico adecuado el cual permita inhibir la actividad de dichos factores en razón a que son termolábiles. La destrucción en mayor o menor grado de estos principios antinutricionales depende de la intensidad de la temperatura y de la duración del proceso.

Si el proceso es deficiente (poca temperatura o poco tiempo de procesamiento) los principios antitripsinas no son inactivados de manera efectiva reflejándose en pérdida de pesos en pollos y cerdos adultos y en índices de conversión muy bajos lo que conlleva a intoxicaciones en lechones y altos costos de producción.

Por otra parte, si el procesamiento es exagerado (demasiado tiempo o temperaturas demasiado altas), aunque se logre la inactivación de los factores antinutricionales, se puede ocasionar una destrucción irreversible de ciertos aminoácidos esenciales como la lisina afectando la calidad de la proteína y por lo tanto el rendimiento de los animales se ve seriamente comprometido, encontrando lotes que aunque se les suministren las raciones en cantidades recomendadas no se obtienen ganancias de peso y por el contrario se observan pérdidas de peso o estancamiento del lote.

Siempre y cuando se garantice un proceso eficiente el grano de soya aporta un nivel excelente de energía útil, proteína y aminoácidos esenciales (especialmente Lisina). Estas características, favorecen la inclusión de porcentajes altos del grano, durante todas las fases de producción de cerdos y aves.

Actualmente se han desarrollado equipos y métodos eficientes de procesamiento, que permiten obtener un producto de alta calidad, tanto en el contenido nutricional como en la disponibilidad de estos nutrientes. Al mismo tiempo, la mayoría de esos procesos garantizan la disminución de los factores antinutricionales presentes en el grano crudo.

Los equipos comerciales que se utilizan para procesar el grano de soya, se basan en los siguientes principios:

- **Tratamientos térmicos:** en la preparación de los alimentos la mayoría se someten a un calentamiento en el cual se precipitan diferentes reacciones en el que intervienen todos los compuestos presentes, algunos de los cambios que ocurren son muy beneficiosos otros son dañinos y se van presentando en función de la intensidad del tratamiento térmico. Una de las transformaciones más significativas en las proteínas es un cambio positivo o negativo en el valor de la relación eficiencia proteína (ver figura siguiente):

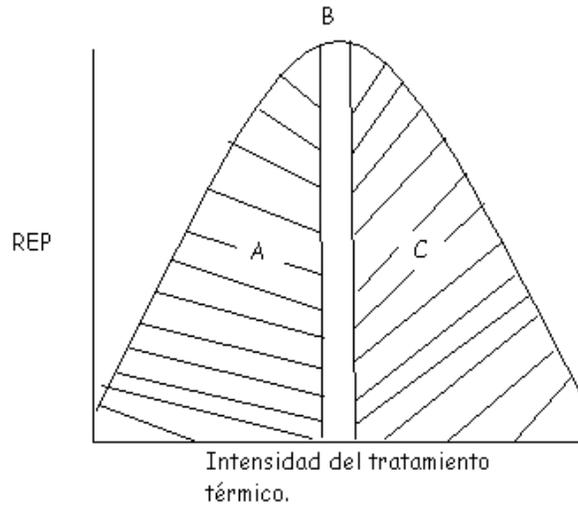


FIGURA 6: cambios en la relación de eficiencia proteica (REP) en función de la intensidad de los tratamientos térmicos

Cabe aclarar que esta tendencia que muestra la figura se sigue en los diferentes casos y se ha comprobado en proteínas como la de la leche, el huevo y la soya. Observamos que la figura se ha dividido en tres secciones. De acuerdo con los valores de REP: este se incrementa en la región A hasta alcanzar un óptimo punto en B en donde permanece por un tiempo para posteriormente reducirse en C.

Las alteraciones químicas de los polipéptidos catalizadas térmicamente son muy variadas y dependen básicamente de la susceptibilidad de los diferentes aminoácidos las principales que se sufren en las zonas A y C se enumeran en el cuadro siguiente:

Lado A	Lado C
Desnaturalización de la proteína	Desulfuración.
Exposición de aminoácidos escondidos	Oxidación.
Aumento de la disponibilidad de aminoácidos	Ciclización Maillard.
Destrucción desinhibidores de tripsina y quimotripsina	Deshidratación y enlaces entrecruzados.
Inactivación de enzimas	Desaminación.
Inactivación de otros compuestos indeseables	Formación de lisinoalamina. Racemización.

CUADRO 14: Reacciones químicas producidos por el calentamiento de las proteínas

Éstas reacciones son las que hacen que la harina de soya mejore considerablemente su REP, a pesar de que se reduce la lisina disponible en el autoclave, esto indica que existen otros factores además de la presencia de éste aminoácido indispensable que determinan la calidad nutritiva. Igualmente la acción benéfica de las temperaturas altas se puede comprobar en la harina, el concentrado y el aislado de soya.

TRATAMIENTO	REP	LISINA DISPONIBLE %
Sin calentar	0.63	58
Calentamiento en seco	1	53
Autoclave	1.75	46
microondas	1.86	58

CUADRO 15. Comparación de los diferentes calentamientos en el valor nutritivo de la proteína de la harina de soya

El incremento en la relación de eficiencia se debe a varias razones todas ellas relacionadas con un proceso de desnaturalización de las proteínas que trae consigo los siguientes efectos:

- a) Se abren los polipéptidos y los enlaces peptídicos internos se exponen y pueden ser atacados más fácilmente por las enzimas digestivas.
- b) Los aminoácidos azufrados y el triptófano se vuelven biológicamente más disponibles como ocurre en el caso de la soya después de su calentamiento.
- c) La inactivación de varios factores antifisiológicos como los niveles de tripsina cuyo consumo reduce la digestibilidad de las proteínas.
- d) La inactivación de algunas enzimas como lipoxigenasas y proteasas, que pueden causar daños en las proteínas, en el primer caso con la producción de peróxidos que a su vez destruyen los aminoácidos indispensables.

MUESTRA	SIN CALENTAR	CALENTADA
Harina de soya	2.39*	2.44
Concentrado de soya	1.34	2.06
Concentrado de soya	1.37	2.10
Concentrado de soya	1.86	2.02
Aislado de soya	1.36	1.46
Aislado de soya	1.41	2.27
Aislado de soya	1.37	2.29

* Contiene ácido cisteico.

CUADRO 16. Mejoramiento de la REP de la soya por tratamiento térmico a 130° C por treinta minutos

Resumiendo y en forma muy generalizada, a continuación se indican los intervalos de temperatura que favorecen algunas de estas transformaciones:

a. Los tratamientos térmicos de 60 a 85 ° C, provocan la inactivación de encimas, la destrucción de inhibidores de proteasa, la desnaturalización y precipitación de proteínas, la ruptura del enlace disulfuro, etc.

b. De 80 a 100 °C, se propicia la reacción de Maillard, la desnaturalización y la inactivación de proteínas y enzimas más termo resistentes.

c. De 100 a 150 °C se favorece la caramelización y la síntesis de enlaces isopeptídicos y de la lisinoalanina.

d. A más de 150°C se induce la ciclización, la racenización y otras reacciones que normalmente no se observan en la mayoría de los alimentos.

- Tostado en seco
- Tostado infrarrojo
- Micronización
- Hidrotérmico
- Micro-ondas
- Cocción en sal
- Extrusión en seco
- Extrusión húmeda (con vapor)

Independiente del método que se utilice, se requiere de especificaciones precisas en relación con la temperatura y tiempo de proceso para garantizar la obtención de un producto de óptima calidad para su utilización en la elaboración de las dietas.

Para tener completa seguridad en la calidad del grano de soya procesado, es necesario realizar controles a cada lote de producto del cual debe estar orientado a evaluar el contenido de factores antinutricionales y medir la disponibilidad de la proteína y aminoácidos, además de los análisis nutricionales de rutina como: proximal, macro y micro elementos. En condiciones prácticas se recomienda realizar una evaluación para los inhibidores de tripsina y una evaluación sobre la disponibilidad de proteína. La prueba más conocida, se basa en el índice de ureasa y el nivel de lisina disponible.

4.2.2. Mezclas de Pruebas

- Harina de Soya	}	Porcentaje de Proteína Bruta	49%
		Lípidos	4%
		Fibra Bruta	7%
- Clara de Huevo	}	% de Agua	88%
		% de proteína	11%

# De Muestra	Parte de Soya	Parte de Huevo	100% de proteína
A	1	1	29%
B	2	1	37%
C	1	2	23%

Cuadro 17. Mezclas propuestas

Fuente: El Autor

- Mezcla escogida la (B)

4.2.3. Análisis de Muestras

- **Proteínas**

- Análisis Para La Cuantificación De Proteínas

Existen diversos métodos para la cuantificación de las proteínas, todos ellos basados en alguna de sus propiedades típicas, como pueden ser los patrones de adsorción de las radiaciones electromagnéticas de los grupos aromáticos, la reactividad del enlace peptídico, su contenido de nitrógeno, etc. En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los más conocidos, con sus respectivas ventajas y limitaciones; de acuerdo con el alimento de que se trate, la exactitud requerida, la disponibilidad de equipo, etc., se utilizará alguno de los métodos indicados en dicho cuadro.

PRINCIPIO	VENTAJAS	LIMITACIONES
<p>• Absorción en el ultravioleta (280 nm)</p> <p>La mayoría de las proteínas absorben en el UV a 280 nm., debido básicamente a grupos cromóforos de tirosina y triptofano. Si se considera que la cantidad de estos dos aminoácidos es siempre constante, la absorbancia debe ser proporcional a la concentración de proteína.</p>	<p>Es el estado más rápido; requiere de muy poca cantidad de proteína.</p> <p>El sulfato de amonio no interfiere, mientras que en la mayoría de los métodos sí existe interferencia,</p> <p>La muestra no se destruye y puede ser usada en otros análisis.</p>	<p>Se puede hacer una corrección por presencia de ácidos nucleicos, ya que estos tienen absorción máxima a 260 nm.</p> <p>Si se conoce la relación de absorción de la proteína a 280/260 nm., es fácil distinguir la interferencia de ácidos nucleicos.</p> <p>Varía la cantidad de aromáticos entre proteínas.</p>
<p>• Biuret</p> <p>Las sustancias que contienen dos o más enlaces peptídicos forman un complejo púrpura-violeta con sales de cobre en soluciones alcalinas. Es posible que el color se desarrolle por la formación de un ion coordinado tetracúprico con dos grupos -CO-NH-adyacentes.</p> $ \begin{array}{ccccccc} & \text{NH}_2 & & & & \text{NH}_2 & & \\ & & & & & & & & \\ & & & & & & & & \\ \text{R} & \text{CH} & & \text{---} & & \text{CH} & \text{R} & & \text{---} \\ & & & & & & & & \\ & & & & \text{Cu}^{++} & & & & \\ & & & & & & & & \\ & \text{C} & \text{O}^{--} & & & & \text{C} & \text{O}^{--} & \\ & & & & & & & & \\ & \text{N} & \text{H} & & & & \text{N} & \text{H} & \\ & & & & & & & & \\ \end{array} $ <p>La intensidad del color es determinada espectroscópicamente a 540 nm., con una curva patrón.</p>	<p>Es El método más simple para medir proteína total.</p> <p>Muy pocas interferencias de otros compuestos en el desarrollo de color.</p>	<p>Se requiere de 20-40 mg de proteína.</p> <p>Existen varios pigmentos que absorben a 540 nm., de longitud de onda.</p> <p>La presencia de NH_1^+ interfiere con la reacción.</p> <p>El desarrollo de color es diferente para cada proteína.</p> <p>Interfieren lípidos e hidratos de carbono por formación de complejos con el ion coordinado.</p>
PRINCIPIO	VENTAJAS	LIMITACIONES

<p>• Lowry</p> <p>Se basa en el desarrollo de un color azul debido a: 1. Reacción de Biuret. 2. Reducción del reactivo de fosfomolibdeno-volfrato por aminoácidos como tirosina y triptofano presentes en las proteínas. Este método ha sido modificado muchas veces. La absorbancia se mide a 750 nm., (alta sensibilidad) o a 500 nm.,(baja sensibilidad) para proteínas concentradas. Se requiere de una curva patrón que es recomendable hacer con la misma proteína. La sensibilidad va desde 0.2 µg hasta 300 µg.</p>	<p>Es el método más sensible, 100 veces más sensible que el de Biuret.</p> <p>Relativamente rápido (1 hora).</p>	<p>Requiere de muchos cuidados en la estandarización ya que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La intensidad de color varía entre proteínas. 2. El color no es siempre proporcional a la concentración. <p>Existe interferencia de sacarosa, lípidos, amortiguadores de pH, monosacáridos y hexosaminas, ya que reaccionan con los reactivos de Lowry.</p> <p>El sulfato de amonio, los sulhidrilos y los fosfatos también interfieren en la determinación.</p>
<p>• Turbidimétrico</p> <p>Las proteínas se pueden precipitar con ácido tricloroacético, ácido sulfosalicílico o ferrocianuro de potasio en ácido acético. Se produce turbidez que puede ser estandarizada a una temperatura, concentración y tiempo de reacción para medirse a 600 nm. Se requiere de curva estándar. El intervalo recomendado va de 0.5 a 1.5 mg de proteína.</p>	<p>Es el método más rápido (120-15 min.).</p>	<p>Tiene muchas limitaciones ya que no todas las proteínas precipitan en la misma forma en presencia de ácido.</p> <p>Otras sustancias como los ácidos nucleicos también precipitan en presencia de ácidos.</p>
<p>• Kjeldahl</p> <p>Determina nitrógeno total tanto orgánico (nitrógeno amino y amido) como nitrógeno no proteico (urea, aminoácidos, etc). El método consiste en la digestión de la muestra con H₂SO₄ y la formación de NH₄OH que es recibido en ácido para finalmente titularlo con álcali de una concentración conocida.</p>	<p>Es el método más común y por lo tanto permite comparar fácilmente resultados con otros laboratorios.</p> <p>Determina todo el contenido de nitrógeno del alimento.</p> <p>El nitrógeno no proteico puede ser analizado después de precipitar la proteína con ácido tricloroacético.</p>	<p>Puede haber pérdidas de nitrógeno debido a la temperatura de digestión y al catalizador. El contenido de nitrógeno en la proteína puede variar considerablemente y por lo tanto el factor usado para convertir nitrógeno a proteína. El nitrógeno no proteico se debe tomar en cuenta ya que éste se mide junto con el proteico. El proceso es largo.</p>
PRINCIPIO	VENTAJAS	LIMITACIONES

<p>• Dumas</p> <p>Mide nitrógeno total después de la combustión de la muestra (700-900°C).</p> <p>La medición de nitrógeno elemental desprendido se hace volumétricamente en un nitrómetro.</p>	<p>Se pueden hacer análisis hasta en 10 min., con los equipos automatizados que existen en el mercado.</p>	<p>Se requiere de equipo muy costoso.</p> <p>La presencia de nitrógeno no proteico interfiere en las determinaciones.</p>
--	--	---

Cuadro 18. Métodos más empleados en la determinación de proteínas

Fuente: Proteínas.

Sólo los aminoácidos tirosina, triptofano y fenilalanina contienen dobles ligaduras que absorben energía radiante del ultravioleta en forma máxima a 274.5, 278 y 260 nm., respectivamente. Al hacer esta determinación hay que recordar que todos los aminoácidos, por su estructura química, absorben a 210 nm.

La reacción de Biuret se basa en que la proteína interactúa con iones cúpricos y produce un color violeta medible espectroscópicamente. El método de Kjeldahl es el que más se utiliza e incluso se toma como referencia o comparación cuando se usan otras técnicas; con este procedimiento se mide el nitrógeno total de un alimento sin hacer distinción entre aquel que proviene de las proteínas y el no proteínico; esto puede dar lugar a errores en el cálculo. Entre los compuestos que contienen nitrógeno, pero que no son proteínas y que se encuentran en los alimentos, se tiene el glutatión, la carnina, la carnosina, la anserina, la dopamina, la urea, la ornitina, la colina y el ácido aminobutírico.

El factor de conversión de N a proteína es específico en cada caso y proviene de dividir 100 entre el porcentaje de N (que es ya conocido) del polímero; por ejemplo, en el caso de la leche, los polipéptidos presentan 16% de N en forma pura, por lo que su factor de conversión será la $100/16 = 6.25$.

En los últimos años se han desarrollado diversos métodos analíticos más complejos y muy específicos, como es el caso de los sistemas histométricos en el microscopio a mezcla de análisis de imagen por televisión y que se emplean para la colágena y la elastina.

- **CURVA DE CALIBRACIÓN Y DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE LAS PROTEÍNAS DE LOS EXTRACTOS**

Rotular 9 tubos de ensayo, agregar en su orden los siguientes reactivos. Véase cuadro siguiente:

TUBO	B	1	2	3	4	5	A	B	C
Estándar de Proteína		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0			(ml)
Extracto con NaCl								1.0	
Extracto después de dializar								1.0	
Extracto con NaOH									1.0
Agua destilada	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2				
Reactivo Biuret	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

Cuadro 19. Toma de muestras

Fuente: RAMIREZ BERNAL, Inés de. Análisis de Alimentos. Santafé de Bogotá: Guadalupe Ltda., 1994.

Mezclar bien y dejar en reposo 30 minutos. Leer absorbancia de todos los tubos a 550 nm usando el tubo B como blanco para ajustar el 100% T.

TUBOS	TRAMITANCIA	B	MUESTRAS							
			1	2	3	4	5	A	B	C
Tiempo = 0 min.	Porcentaje	100	90	71	69	57	51.5	89	50	54
Tiempo = 30 min.	Porcentaje		96	77	74	60	55	92	53	59
Admitancia	A%		0.017	0.11	0.13	0.22	0.25	0.36	0.27	0.22

Cuadro 20. Resultados de la soya

Fuente: Ensayos realizados en laboratorio por el investigador.

B = Blanco

- **CÁLCULOS Y GRAFICAS**

TUBO 1

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$C_2 = \frac{C_1V_1}{V_2} = \frac{2\% \times 0.2}{5} = 0.08\%$$

TUBO 2

$$C_2 = 0.16\%$$

TUBO 3

$$C_2 = 0.24\%$$

TUBO 4

$$C_2 = 0.32\%$$

TUBO 5

$$C_2 = 0.4\%$$

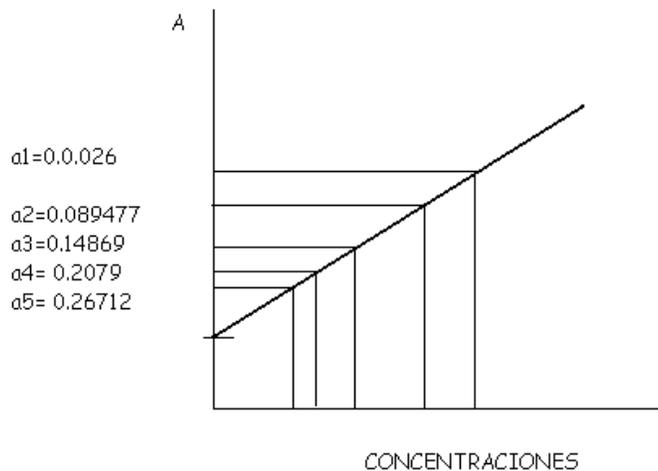


FIGURA 7. Tramitancia vs. Concentraciones en soya.

- **DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO Y PROTEÍNAS TOTALES EN ALIMENTOS Y COMPUESTOS ORGÁNICOS**

- **OBJETIVO:** Determinar el contenido de nitrógeno y proteínas en soya.

- **INTRODUCCIÓN:** Muchos componentes nitrogenados calentados con ácido sulfúrico a elevadas temperaturas y en presencia de un catalizador, se descomponen con formación de amoníaco, que es fijado por el ácido en forma de ion amonio. Se alcaliniza la mezcla fuertemente con hidróxido y se calienta a ebullición; el amoníaco que destila se recoge en un exceso de ácido.

Valorando la mezcla formada con un ácido se obtiene la cantidad de amoníaco y de ésta el contenido de la muestra.

REACTIVOS	MATERIALES Y EQUIPOS
Pastilla digestota	Digestor Kjeldahl
H ₂ SO ₄ concentrado	Unidad de destilación kjeldahl
NaOH 32%	Erlenmeyer
H ₃ BO ₃ 2%	Probeta
H ₂ SO ₄ 0.1 N	Bureta
Fenaltaleina	Agitador magnético
Indicador mixto	Agitador magnético

CUADRO 21. Reactivos, materiales y equipos para el análisis de la soya

- **PROCEDIMIENTO:** Se tienen 3 etapas:

- **DIGESTIÓN.** Pasar una muestra de aproximadamente 0.5 gramos y colocada dentro de un matraz kjeldahl, agregar una pastilla digestora de la digestión y 209 ml de ácido sulfúrico concentrado. Calentar el matraz en el aparato de kjeldahl hasta que termine la reacción y la solución sea de color verde (+/-1 hora), dejar enfriar y agregar 50 ml de agua.
- **DESTILACION.** Colocar el matraz con el residuo que queda después de la digestión en un aparato de destilación de kjeldahl; sumergir el extremo inferior del refrigerante en un erlenmeyer que contenga 125 ml de ácido bórico al 2% y 2-3 gotas de indicador mixto. Añadir al matraz rápidamente 80 ml de NaOH al 32% a través de la unidad de destilación (comprobar que la solución es alcalina y que no existen fugas).

Iniciar la destilación dando orden de start a la unidad de destilación kjeldahl. Llevar a cabo la destilación en el tiempo seleccionado, al final del cual pasará todo el amoníaco presente. Se notará un cambio brusco en el color de las solución de H_3BO_3 + indicador mixto.

- **TITILACIÓN.** Valorar la solución de borato de amonio formada en la etapa anterior con H_2SO_4 0.1 N.

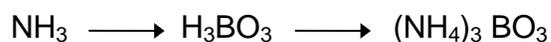
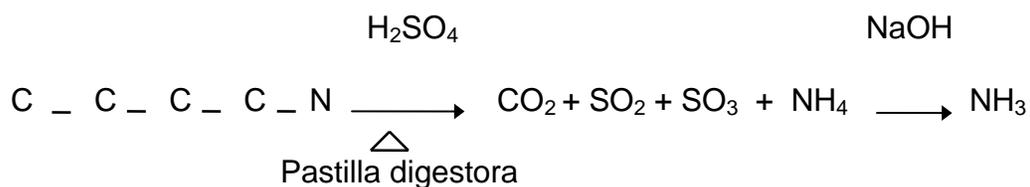
- **CÁLCULOS**

0.5 gr de muestra (soya)

20 ml de ácido sulfúrico

soya = 0.5318 gr muestra.

- **DIGESTION**



0.1 N

Equivalente N = # eq. H₂SO₄

Equivalente N = 0.1 x volumen gastado.

% N = $\frac{\text{Volumen ácido sulfúrico} \times 0.1 \times 1.4}{W \text{ peso muestra en gramos}}$

W peso muestra en gramos

% Proteínas = % Nitrógeno por 5.70.

Volumen de titulación = 16.85 + 543 = 22.28

22.28 x 0.1 = 33.43% proteína en soya.

4.2.4. Determinación de humedad en la soya

Se pesa exactamente una muestra de dos gramos, se pasa a una cápsula de porcelana previamente tarada. Se ajustan los parámetros del equipo tanto en tiempo, temperatura y nivel de calentamiento, se fijan los tres intervalos, el equipo dará el porcentaje de humedad cuando logre un peso constante y la muestra esté totalmente desecada.

- Parámetros de ajuste del equipo:

• INTERVALO 1

- Temperatura: 50°C
- Nivel de calentamiento: 08
- Tiempo: 5 minutos

• INTERVALO 2

- Temperatura: 70°C
- Nivel de calentamiento: 06
- Tiempo: 5 minutos.

• **INTERVALO 3**

- Temperatura: 85°C
- Nivel de calentamiento: 06
- Tiempo: 0

Peso exacto = 1.973 gr. Porcentaje humedad en soya: 10.45%.

• **DETERMINACION DE CENIZAS**

Pasar exactamente dos gramos de muestra en un crisol de porcelana previamente tarado. Colocar en la mufla y calcinar al rojo a una temperatura de 500°C, manteniendo esta temperatura durante 2 horas. Transferir el crisol, directamente al desecador, dejar y enfriar y pesar (Guardar las cenizas para determinar calcio y fósforo).

• **CALCULOS**

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{\text{Peso del residuo} \times 100}{\text{Peso Muestra}}$$

Peso crisol: 17.32 gr

Muestra: 2.0502 gr

Peso Total: 19.4062 gr

Peso del residuo: 0.1127 gr

Porcentaje en cenizas: 5.5%

- **DETERMINACION DEL CALCIO**

Los elementos minerales que generalmente se determinan en las cenizas son el calcio y el fósforo, para analizarlos es necesario ponerlos en solución. A continuación se describirá un método para determinar el calcio en soya.

- **PROCEDIMIENTO**

Prepara solución de Ácido clorhídrico en agua en proporciones 1 : 1, tomar 7 ml del preparado, tomar la muestra de ceniza y adicionar edta 0.5 gr, mezclar y luego llevar dentro de balón aforado a un volumen de 100 ml diluyendo con agua, sacar una muestra de 50 ml y agregar 25 de agua más 2 gotas de KCN al 0.05%, medir el pH , el cual debe dar alrededor de 1.

Titular con NaOH usando como indicador Nurenxide cuando la titulación vire de un color rosado a un color violeta medir el volumen gastado, para el caso fue de 4.23 ml.

- **CALCULOS**

Equivalentes de calcio = Equivalente de edta

1 Equivalente = $V \times N$

1 cm³ de edta 0.1 M = 4 mgr de calcio

Por regla de tres: 1 ml → 4 mgr de calcio

 4.23 ml → x

 x = 16.92 mgr de calcio

Peso de la muestra inicial: 2.050

2.50 gr → 16.92 ml

100 gr → x

x = 825.36 mgr de calcio

Llevado al porcentaje equivale al 8.2%.

- **TAMAÑO DE GRANO**

La granulometría de concentrado se puede determinar colocando 100 g de concentrado en el compartimento superior de un juego de tamices de varias luces de malla. Cada matiz tiene dos bolas de goma y, después de cerrado, se agita el juego entero de tamices (preferiblemente de forma mecánica) durante 5 minutos. La distribución de tamaños se obtiene expresando los pesos que quedan en cada tamiz como porcentos de muestra. El tamaño de grano se puede conocer también mediante la velocidad de sedimentación.¹

- **PRUEBAS CUALITATIVAS DE PROTEÍNA EN EL HUEVO**

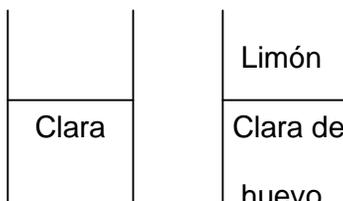
- **Determinación punto isoeléctrico del huevo**

Punto Isoeléctrico: Es el punto donde la proteína coagula glicoproteína asociado a azúcares.

PH Huevo= 8.84 Temperatura ambiente = 29.7°C

Peso (grs.) = 4.9750 grs.

Desnaturalización en medio "Ácido" se rompe la estabilidad de la proteína, para el caso se disolvió la clara del huevo en jugo de limón puro y se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se midieron cuando se coaguló la proteína.



pH = 4.6 → Punto Isoléctrico de la albúmina teórico

pH = 4.71 → Práctico o medido en laboratorio

- **Marco teórico.** En los huevos enteros tanto en la yema como en la clara se encuentran alimentos o ingredientes alimenticios, ricos en nutrientes y dotados de propiedades funcionales útiles.

La cáscara del huevo constituye una barrera protectora contra la penetración de microorganismos. Su capa externa esta compuesta de una cutícula proteica, un poco soluble en agua.

La proteína de la cutícula posee una estructura parecida a la del colágeno.

El albumen o clara de huevo está compuesta de 3 capas principales que representan como término medio 23% (capa externa); 57% (capa espesa) y 17% (capa interna) de su masa total.

Las proteínas son polímeros de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos, por consiguiente son compuestos orgánicos nitrogenados complejos que se encuentran en las células de todos los vegetales y animales, por hidrólisis ácidas, básicas o enzimáticas producen alfa-aminoácidos (hidrólisis: ruptura de un enlace covalentes con adición de los elementos del agua). Las proteínas están constituidas por carbono, hidrógeno, oxígenos, nitrógenos y azufres; algunos contienen fósforos y metales. Metales como el hierro en la hemoglobina y magnesio en la clorofila.

La desnaturalización abarca los múltiples cambios producidos en la estructura de las proteínas, provocadas por distintos agentes físicos y químicos, como "estado natural" de una proteína se define la conformación altamente ordenada en la cual se manifiesta la actividad biológica de una proteína la "desnaturalización" significa la pérdida de esa conformación natural.

- **Procedimiento**
- **Reacción de Biuret**

Se mezcla un ml de una solución de proteína al 2% con 1 ml de NaOH al 10%, se añadió gota a gota una solución de 0.1% de CuSO_4 . Se observa color violeta.

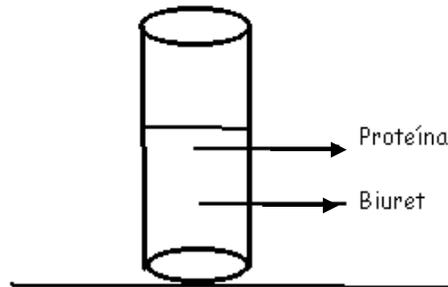


Figura 8. Reacción de Biuret

- **REACCIÓN DE MILLÓN**

Se tomaron 3 ml de solución de albúmina o clara de huevo, en un tubo de ensayo, se añadieron 5 gotas de Reactivo de Millón. Se observa un color amarillo y después que se lleva a baño de María toma un color amarillo más intenso. La proteína se desnaturaliza.

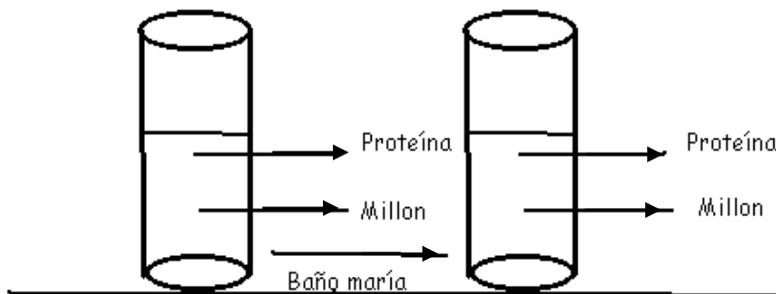


Figura 9. Reacción de Millón.

- **REACCION DE NINIDRINA**

Se añadió 1 ml de solución concentrada al 0.1% de ninidrina, 3 ml de solución de proteína y se calentó en baño de María. Se observó un color azul oscuro. Los ácidos desnaturalizan las proteínas.

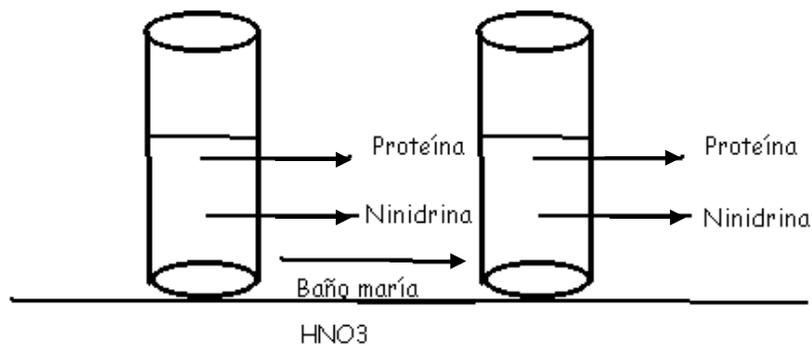


FIGURA 10. Reacción de Ninidrina

- **REACCION XANTOPROTEICA**

Se le agregó 1 ml de HNO_3 a 3 ml de solución de albúmina de huevo. Se observó un color blanco (precipitado), se calentó a baño de María, se dejó enfriar y se le agregó gota a gota solución de amoníaco concentrado. Se observó un color naranja intenso.

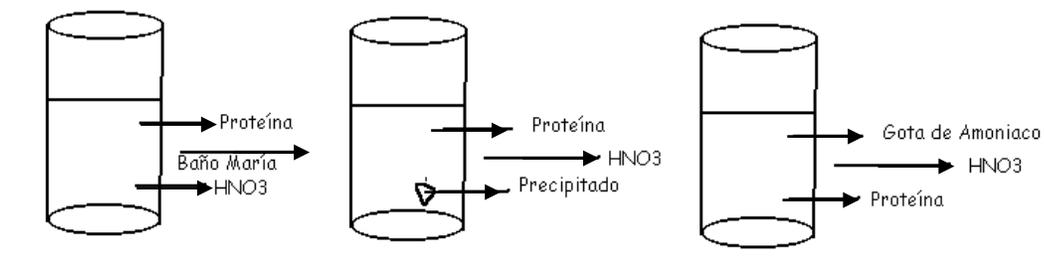


FIGURA 11. Reacción Xantoproteica.

- **PRUEBA DE EHRLICH**

Se le agregaron 3 ml de solución de proteína a 1 ml de H_2SO_4 concentrada, se calentó en baño de María; se dejó enfriar y se adicionó solución de sacarosa al 5% observándose un precipitado de color morado.

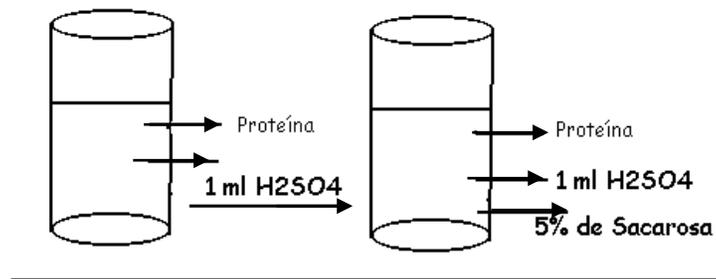


Figura 12. Reacción de Ehrlich

- **REACCION DE SAKAGUCHI**

Se mezcla 1 ml de NaOH al 10% con 3 ml de solución de proteínas, se añadieron dos gotas de solución de 1 - Naftol al 1%, se agitó fuertemente, añadió 5 gotas de Bromo. Se observó un color morado gelificado.

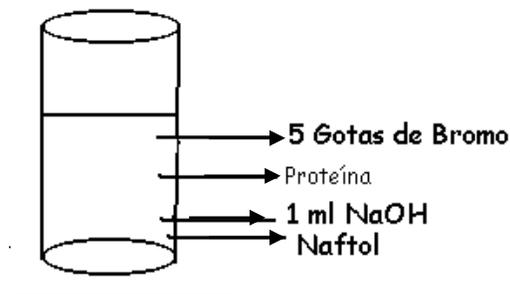


Figura 13. Reacción de Sakaguchi.

- **PRUEBA DE LIEBERMAN**

Se colocó una proteína sólida más de HCL concentrado de baño de María y después se le agregó Sacarosa. (En esta prueba está presente el Triptofano), da un color violeta y pasa a color rosado.

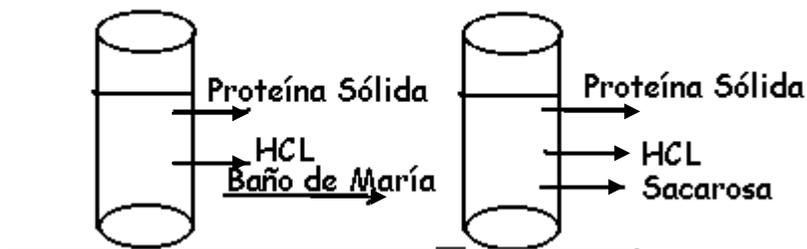


Figura 14. Prueba de Lieberman.

- **PRUEBA DE MOLISH**

Se le agregó a la proteína solución de Molish más solución α Naftol, más ácido Sulfúrico concentrado.

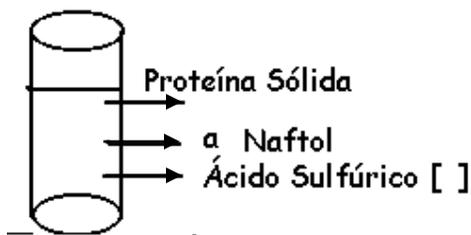


Figura 15. Prueba de Molish.

PRUEBAS CUANTITATIVAS

- **METODO KJELLD AHL * (A.Q. SK006)**

Se preparó una solución standard de proteína usando una solución de Albúmina cristalizada que contiene 10 mg por ml se le añadió 4 ml del reactivo de Biuret.

Se le sacó 5 ml de la solución de Biuret al primer tubo y se completo 5 ml de H₂O, al tubo siguiente se el sacó 5 ml de la solución y se completo 5 ml con agua y éste se dividió en otro tubo de ensayo.

($\lambda = 540 \text{ nm.}$). Los tubos de ensayos quedaron de la siguiente forma:

- 1 → Tubo de ensayo → 10% de solución Biuret.
- 2 → Tubo de ensayo → 0.5% de solución Biuret.
- 3 → Tubo de ensayo → 0.25 de solución Biuret.
- 4 → Tubo de ensayo → 0.125% de solución Biuret.

Se dejó por 30 minutos y se leyó la tramitancia.

Cada tubo que fue lo siguiente:

- 1 → Tubo de ensayo de 1% la tramitancia fue 45.
- 2 → Tubo de ensayo de 0.5% la tramitancia fue 64.
- 3 → Tubo de ensayo de 0.25% la tramitancia fue 82.
- 4 → Tubo de ensayo de 0.125% la tramitancia fue 82.

Y la absorbancia es:

- 1 → Tubo de ensayo es 0.34
- 2 → Tubo de ensayo es 0.19
- 3 → Tubo de ensayo es 0.08
- 4 → Tubo de ensayo es 0.06

No dieron una solución problema número uno, la tramitancia dio 65 y la absorbancia es 0.18.

NOTA: Para pasar tramitancia a absorbancia con esta regla. $A = 2 - \log\%T$.

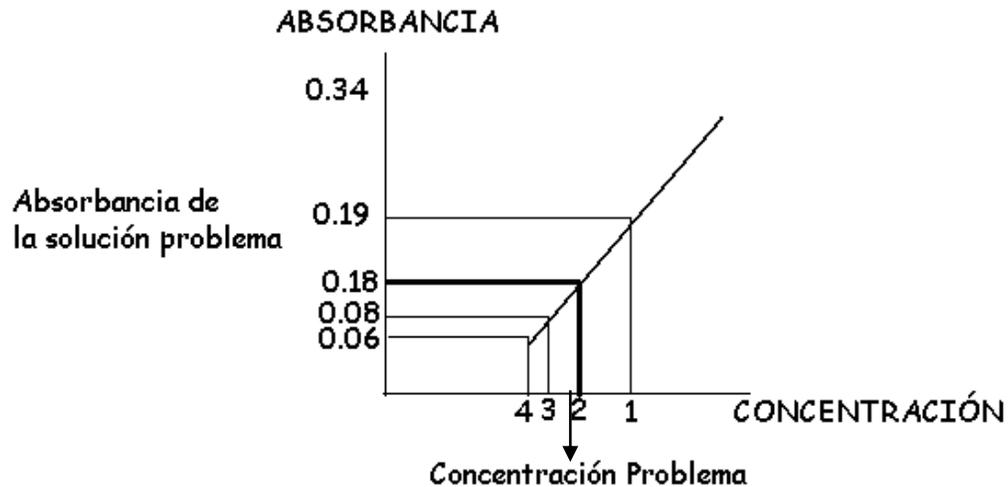


Figura 16. Concentración contra absorbancia.

- **EXTRACCION DE PROTEINA**

En el caso de las semillas de soya, las muestras se muelen previamente y se pasan por un tamiz, como la soya contiene alta contenido de grasa se debe desengrasar con acetona o hexano; para el caso se utilizó hexano.

En un tubo de centrifuga se colocaron 0.50 gr. de harina seca desengrasada, se agregó 8 ml de NaCl al 5% y se agitó por 10 minutos, luego se centrifuga a 2.500 rpm durante 5 minutos y se recolecta el sobrenadante en un tubo de ensayo. El residuo se vuelve a extraer una porción NaCl dos veces más y se mezclan los tres sobrenadantes. Estos extractos contienen Albúminas, Globulinas y Nitrógeno no proteico. Reservar 1 ml de este extracto para la determinación cuantitativa de Albúminas y Globulinas con el reactivo de Biuret, procedimiento que se describe más adelante.

Tomar 20 ml de este mismo extracto y dializar contra agua destilada, centrifugar, desechar el residuo y llevar a volumen el sobrenadante 9.0 ml.

Sobre este último se determinan las Albúminas con el reactivo de Biuret. El residuo obtenido de la extracción con NaCl se trata con 8 ml de NaOH al 0.25%, se agita por 10 minutos y se centrifuga 2.500 rpm durante 5 minutos. El sobrenadante se guarda en un vaso de precipitados y el residuo se vuelve a extraer con NaOH 0.25%. Se Mezclan los dos sobrenadantes y se llevan a volúmenes. Las Glutelinas extraídas se determinan posteriormente con el Biuret.

Resultados

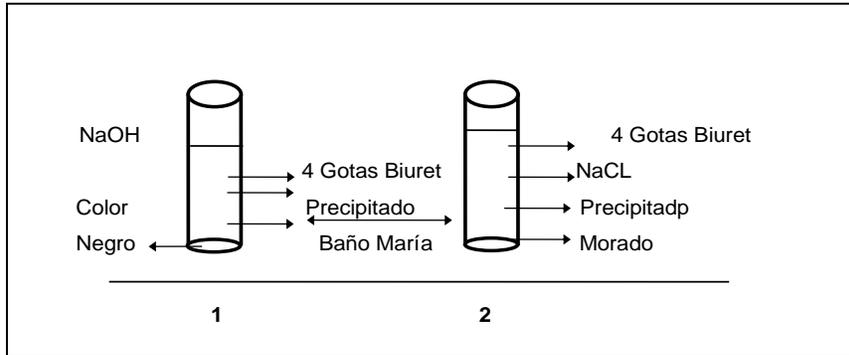


Figura 17. Reacción de Biuret en soya

TUBO 1. El NaOH disuelve las Glutelinas, precipita Albúminas y Globulinas, presenta un color negro.

TUBO 2. El NaCL disuelve Albúminas y Glutelinas, precipita Globulinas, da un color morado.

4.2.5. Análisis de Aminoácidos

- Calidad De Las Proteínas Aisladas

En lo que se refiere a calidad y características de las proteínas obtenidas seguidamente se recoge una composición media de varias muestras, indicando el contenido en aminoácidos.

NUTRIENTE (5)	PRENSADA	SOLVENTE
- Proteína bruta	41	50
- Lípidos	3.5	0.5
- Fibra bruta	7.0	3.0
- E.L.N.	27	27
- M.S.	88	88

Cuadro 22. Composición de la torta de soya según métodos de elaboración

Fuente: Nutrición y Alimentación. ISCAH. Tomo I. 1988.

Materia seca	89.97
Proteína bruta	45.67
Aminoácidos	
Arginina	3.09
Histidina	1.00
Isoleucina	2.21
Leucina	3.69
Lisina	2.69
Metionina	0.63
Cistina	0.42
Fenilalanina	2.39
Treonina	1.93
Triptófano	0.68
Valina	2.36

CUADRO 23. Composición de aminoácidos esenciales de la torta de soya

Fuente: Nutrición y Alimentación. ISCAH. Tomo I. 1988

Componentes	Unidad	Grano de soya		Torta de soya
		Crudo	Procesado	
- Materia seca	%	90	90	90
- E metabolizable cerdos	(Mcal/kg)	3.2	3.2 - 4.2	3.25
- E. Metabolizable aves	(Mcal/kg)	3.2	3.4 – 3.8	3.25
- Grasa	%	17.5	17.5	1.5
- Proteína	%	37.5	37.5	45.5
- Metionina	%	0.52	0.52	0.70
- Metionina + cistina	%	1.08	1.08	1.41
- Lisina	%	2.42	2.42	2.90
- Triptófano	%	0.54	0.54	0.62
- Acido linoleico	%	8.5	8.5	0.55
Fibra	%	5.5	5.5	3.4
Calcio	%	0.26	0.26	0.30
Fósforo	%	0.61	0.61	0.64
Indice de ureasa		2.0 - 3.0	0.02 – 0.5	0.02 – 0.5
Inhibidor de tripsina	%	75 - 80	< 0.10	< 0.10

Cuadro 24. Composición nutricional de grano de soya crudo, grano de soya procesado y de la torta de soya.

Fuente: Buitrago, Portela, Eusse. 1992.

- **Composición química**

COMPONENTES	CONTENIDO EN 100 GRAMOS DE PARTE COMESTIBLE
- Parte comestible (%)	100,0
- Calorías	366,0
- Agua (g)	9,5
- Proteínas (g)	34,0
- Grasa (g)	16,1
- Carbohidratos (g)	27,9
- Fibra (g)	7,3
- Cenizas (g)	5,2
- Calcio (mg)	210,0
- Fósforo (mg)	500,0
- Hierro (mg)	8,9
- Vitamina A (U.I.)	40,0
- Tiamina (mg)	0,77
- Riboflavina (mg)	0,15
- Niacina (mg)	2,2
- Acido Ascórbico	0

Cuadro 25. Composición química de la soya (grano entero)

Fuente: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Santafé de Bogotá, 1988.

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE
- Lisina	6.80
- Histidina	2.40
- Arginina	6.38
- Triptófano	1.41
- Acido aspártico	10.36
- Treonina	3.72
- Serina	5.42
- Acido glutámico	24.01
- Prolina	6.24
- Glicina	3.18
- Alanina	4.01
- Cistina	1.19
- Valina	4.28
- Metionina	1.22
- Isoleucina	4.10
- Leucina	7.00
- Tirosina	3.43
- Fenilalanina	4.45

Cuadro 26. Composición media de varias muestras, contenido de aminoácidos

Fuente: BERNARDINI, E.; BAQUERO FRANCO, J. Tecnología de Aceites y Grasas.

España: Alhambra S.A., 1981.

- **Análisis Químico Del Contenido De Huevo En Concentrados**

• **HUEVOS EN POLVO**

Deben dar con el agua una masa líquida homogénea.

Composición:

Agua	6.33%
Nitrógeno	40.90%
Grasa	41.61%
Cenizas	4.02%

Los huevos contienen en harina una proporción relativamente alta de fósforo orgánico. De ahí que la proporción de huevo en un producto se puede determinar del porcentaje de fósforo (como P_2O_3) que se puede extraer de un disolvente orgánico. Manley y Loble² han demostrado que la cantidad de fósforo que se extrae del huevo desecado varía según el disolvente que se utiliza. En el método siguiente se utiliza alcohol del 95%, pero la técnica es la misma para todos los disolventes.

Determinación del contenido de huevo en productos tales como concentrados

Se pesan 20 g de muestra, tal como concentrado, en un matraz, se añaden 100 ml de alcohol de 95% y se coloca un refrigerante de reflujo. Se calienta la mezcla en un baño de agua hirviendo durante 6 horas y se deja estar durante la noche. Se filtra a través de un Buchner o, mejor, por un embudo Hartley, Véase figura 15.

² UDY, D.C., Cereal Chem, (1957).

Se lava el residuo con un pequeño volumen de alcohol de 95%. Se guarda el filtrado (A). Se vuelve el residuo del embudo al matraz y se extrae nuevamente calentando a reflujo con otros 100 ml de alcohol del 95%. Se filtra la mezcla como anteriormente y se reúne el filtrado con A.

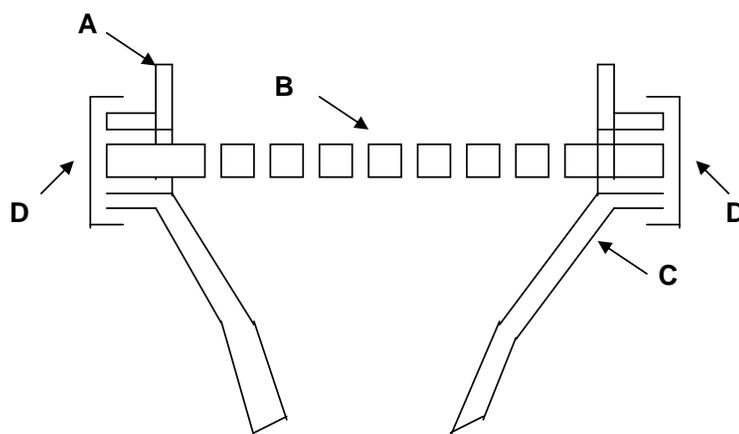


Figura 18. Embudo Buchner modificado por Hartley

El papel del filtro se coloca sobre la placa perforada B. Después de colocar A encima y C debajo de la placa, el embudo se cierra herméticamente con los muelles, D.

Se vierten los filtrados por pequeñas porciones en una cápsula de cuarzo colocada sobre un baño de agua hirviendo y se evaporan a sequedad. Se calcina suavemente el residuo y se agitan las cenizas aún calientes, con 5 ml de ácido nítrico diluido, se añaden 5 ml de agua y se filtra la mezcla en un matraz aforado B, de 100 ml. Se lava el filtro con un pequeño volumen de agua. Se pone el papel de filtro en la cápsula, se calcina y se agitan las cenizas con 2 ml ácido nítrico diluido, se añaden 3 ml de agua, se filtra la mezcla en B y se lava el filtro con un pequeño volumen de agua. Se enfría la mezcla de filtrados y se

diluyen con agua a 100 ml, se mezcla y se pipetea 50 ml de la disolución en otro matraz aforado de 100 ml. Se añade un pequeño trozo de papel indicador, se neutraliza la disolución con amoníaco de peso específico 0'880, se hace justamente ácida con ácido nítrico diluido, se añaden 25 ml de reactivo de vanadomolibdato, se diluye la disolución con agua a 100 ml, se mezcla y se mide la densidad óptica a 420 nm. Si la lectura, como es usual, sale fuera del rango de la gráfica de calibrado, se toma otro volumen de disolución, adecuado para la práctica del ensayo. Alternativamente se pueden emplear otros procedimientos para determinar los fosfatos, por ejemplo, el método volumétrico del fosfomolibdato. En cualquier caso, se calcula el porcentaje de fósforo (como P₂O₅) extraído de la mezcla original y se calcula la cantidad de huevo presente en el producto mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Huevo desecado (\%)} = \% \text{ P}_2\text{O}_5 \times 83$$

$$\text{Sólidos de yema de huevo (\%)} = \% \text{ P}_2\text{O}_5 \times 58$$

Se deben hacer las correcciones correspondientes teniendo en cuenta los demás productos que contienen fósforo extractable. Así, del mismo modo que el alcohol de 95% extrae 1'15 – 1'25% de P₂O₅ del huevo desecado.

- **Solubilidad de huevo desecado**

La solubilidad está relacionada con el deterioro físico consecuente al desecado y almacenamiento. Hawthorne, revisó para su determinación varios métodos en los que la muestra se trata con agua o reactivos acuosos y (a) e pesan los sólidos disueltos o (b) se

mide la solubilidad de un constituyente particular. En el método de Haenni, se determina la solubilidad a partir de las variaciones del índice de refracción de una solución de sal al 5% después de agitarla con una muestra de huevo seco.

Método Haenni modificado de determinación de la solubilidad de huevo desecado

Se pesa en un tubo de ensayo 1'0 g de huevo desecado y se añaden 5 ml de disolución de Cloruro Sódico al 5% peso/volumen. Se cierra el tubo con un tapón de goma, se dispersa el polvo agitando suavemente durante 1 minuto, se deja reposar 15 minutos y después se invierte 10 veces. Treinta minutos después de la agitación inicial, se invierte el tubo otras diez veces y se deja estar otros 5 minutos. Se toma un trozo de tubo de vidrio de 2 mm de diámetro interior, se cierra con el índice por un extremo, se introduce esta "pipeta" justo por debajo de la superficie del líquido del tubo de ensayo y se gira con rapidez. Se quita el dedo momentáneamente, se saca la "pipeta" de la disolución y se deposita una gota de líquido sobre el prisma de un refractómetro.

$$\text{Solubilidad} = \frac{\lg_{10} [1.000 (N_D^{25} \text{ muestra} - N_D^{25} \text{ disolv.})] - 0'445}{0'01}$$

donde N_D^{25} es el índice de refracción del extracto salino.

Las muestras comerciales de huevo desecado tienen solubilidades de unos 50-99%. La solubilidad disminuye gradualmente durante el almacenamiento; en las etapas iniciales se

verifica una pequeña disminución del nitrógeno soluble, acompañado de una gran caída del índice de refracción.

4.2.6 Técnicas empleadas en la Industria para la obtención de productos de soya.

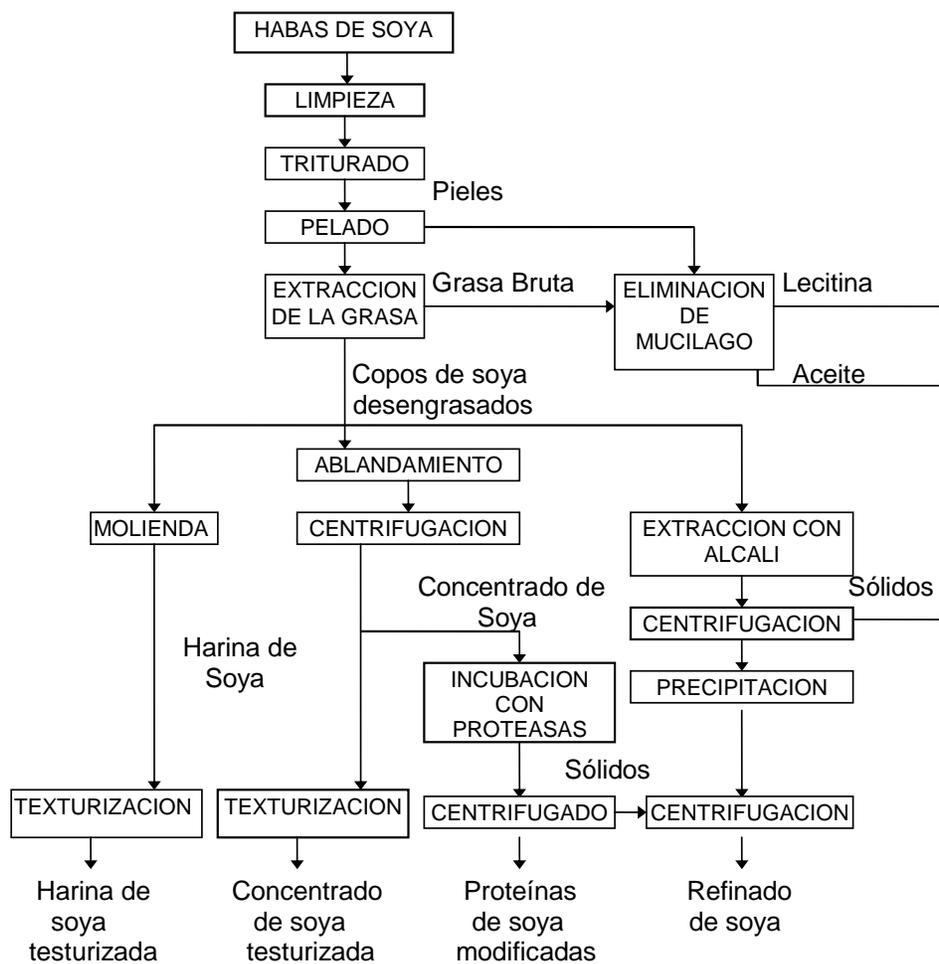


Figura 19. Procesado de la soya

- **Fabricación de ovoproductos**

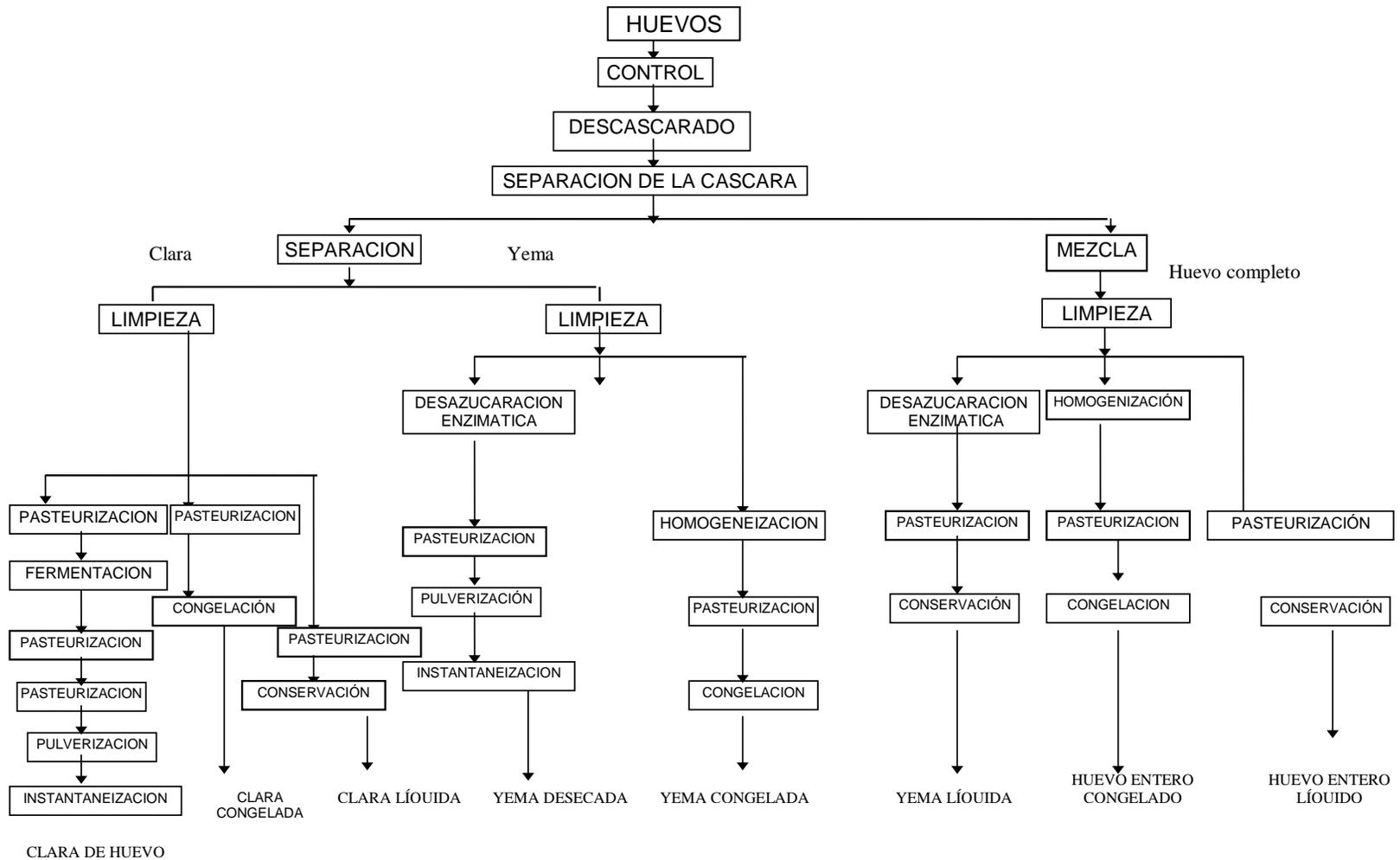


FIGURA 20. Flujograma de la producción de ovoproductos

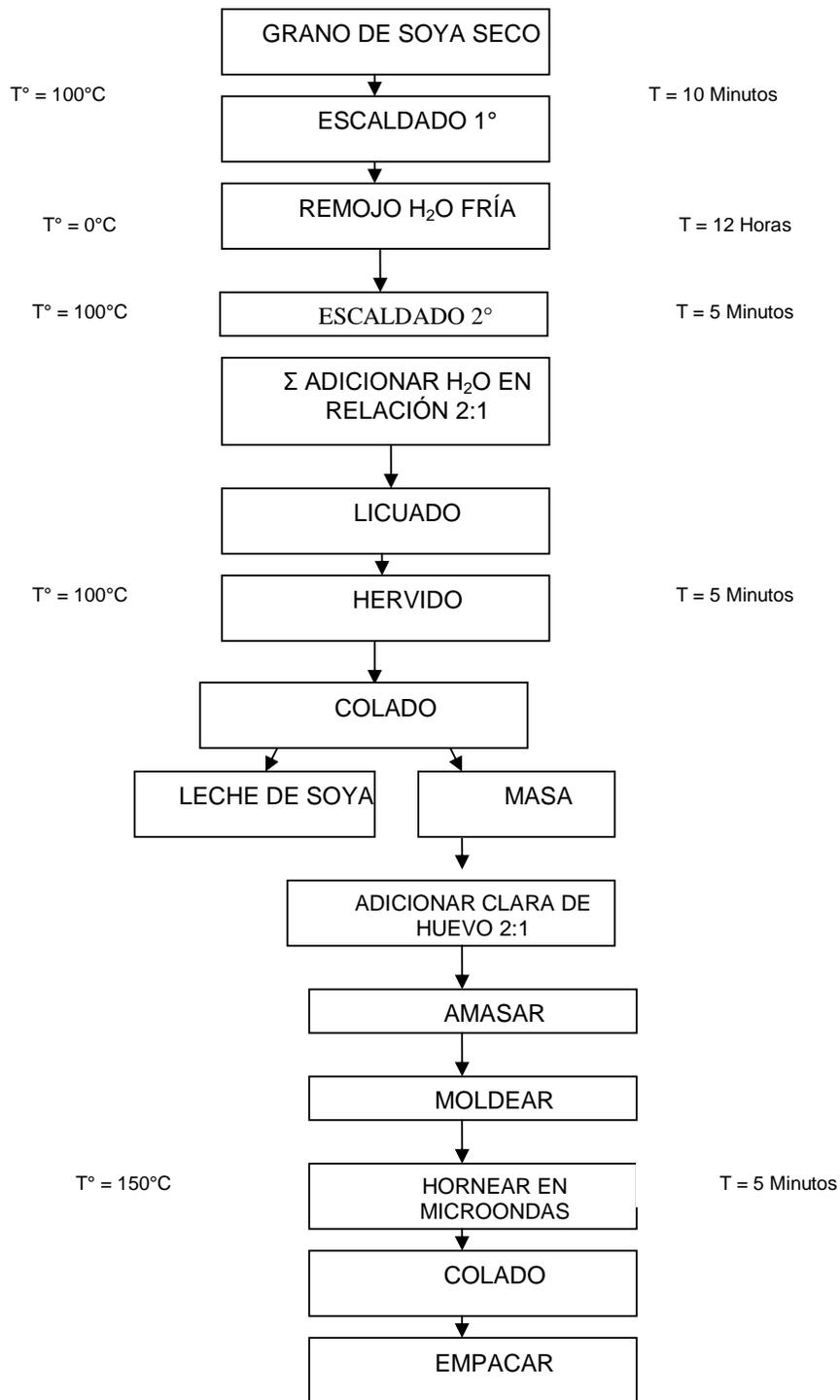


FIGURA 21. Diagrama de flujo del proceso de obtención de concentrado de soya y clara de huevo

4.2.7 Comparación con otros alimentos

Los alimentos proteicos no proporcionan la cantidad de proteínas requeridos para una suficiente producción de los animales en explotación intensiva, en consecuencia deberán ser complementados con otros alimentos que aportan proteínas adicionales a la dieta.

Los factores que condicionan el excepcional valor de los alimentos de origen proteico en una dieta para monogástricos son:

- El exiguo contenido proteico de la mayoría de los cereales y otros alimentos energéticos.
- Las necesidades proteicas de los animales de granja.
- La poca frecuencia de presentación en la naturaleza de alimentos de origen proteico de fácil adquisición y preparación.

Características. Además de aportar apreciables cantidades de proteína, su contenido en materia seca es alto, en bajos porcentajes de fibra (menores del 18%), en condiciones que les confieren una buena digestibilidad.

Otros Productos.

- **NUTREPOLLO.** Es un alimento completo, presentado en forma de granos quebrados o harinas, elaborados con materias primas de alta calidad y que es específico para la iniciación de sus pollos de engorde. Contiene un mínimo de 20% de proteínas;

además, es alto en energía metabolizante y suministra todas las vitaminas, minerales mayores y menores, antibióticos, anticoccidiales, estimulantes de crecimiento y otros aditivos que ayudan a que los pollitos tengan un crecimiento rápido, económico y adecuado.

El nutrepollo debe ser suministrado como único alimento de pollitos desde el primer día hasta cuando hayan completado un consumo promedio de 1.500 grs por pollito, a una edad de 26 – 27 días aproximadamente.

Cada día se generaliza más la practica de recibir los pollitos de un día de edad separados por sexo, posibilitando al avicultor para darles a sus pollos un manejo diferente según el sexo.

El nutrepollo presentado en forma de harinas es indicado en aquellas explotaciones con serios problemas de mortalidad por edema aviar, en cuyo caso el consumo de alimento no granulado reduce sustancialmente este mal. En ningún caso es aconsejable el uso del nutrepollo en harinas en explotaciones de clima caliente, pues se reduce fuertemente el consumo voluntario de alimento y se afectan negativamente los rendimientos.

Proteína mínimo	20.0%
Humedad Máximo	13.0%
Grasa Mínima	2.5%
Fibra Máxima	5.0%
Cenizas Máximo	8.0%

CUADRO 27. Nutrepollo Composición garantizada

- **BROILER I.** Es un alimento completo, altamente energético, con un mínimo de 19% de proteínas y un excelente balance de aminoácidos; está diseñado para cumplir los

requerimientos del pollo de engorde en la segunda fase de su vida, comprendidas entre los días 26 y 42.

El Broiler I, tiene tres presentaciones: Granulado (peletizado o Crombelizado) y harinas. Esta última presentación tampoco debe ser utilizada en climas calientes y se justifica su uso solamente para reducir la aparición del edema aviar en aquellas zonas donde tiene mayor incidencia.

Proteína Mínimo	19.0%
Humedad Máximo	13.0%
Grasa Máximo	2.5%
Fibra Máximo	5.0%
Cenizas Máximo	8.0%

CUADRO 28. Broiler I composición garantizada

- **BROILER II.** Alimento de niveles máximos de energía metabolizante para suministrar durante la última semana de engorde (días 42 al 49) periodo durante el cual el pollo consume aproximadamente el 25% del alimento total y tiene un aumento de peso del orden de 500 grs. Debe calcularse cuidadosamente el consumo de Broiler II ya que este alimento no debe ofrecerse a los pollos durante más de 7 días, debido principalmente a que las drogas anticoccidiales le han sido retiradas para permitir un máximo crecimiento y eliminar residuos de aditivos en el producto para el consumo público. Con este alimento de acabado logramos mejores ganancias de peso, con los mejores consumos de alimento y a un menor precio por kilogramo.

Proteína Mínimo	18.0%
Humedad Máximo	13.0%
Grasa Mínimo	2.5%
Fibra Máximo	5.0%
Cenizas Máximo	8.0%

CUADRO 29. Broiler II composición garantizada

- **NUTRIPOLLITO.** Se suministra como único alimento a pollitos de engorde desde un día de edad hasta que hayan consumido 1 kg. de alimento (aproximadamente 25 días de edad).

Proteína Mínimo	21.0%
Humedad Máximo	12%
Grasa Mínimo	3.5%
Fibra Máximo	5%
Cenizas Máximo	8.0%

CUADRO 30 . Nutripollito composición garantizada

- **NUTRIENGORDE.** Se suministra como único alimento a pollos de engorde a partir de 1 kg. de consumo (aproximadamente 25 días de edad) hasta el sacrificio.

Proteína Mínimo	19.0%
Humedad Máximo	12%

Grasa Mínimo	3.5%
Fibra Máximo	5.0%
Cenizas Máximo	8.0%

CUADRO 31. Nutriengorde composición garantizada

- **NUTRICORRAL.** Se suministra este alimento como complemento alimenticio a pollos de engorde no encasetados sometidos a otros regímenes alimenticios, a partir de la cuarta semana de vida hasta el sacrificio.

Proteína Mínimo	15.0%
Humedad Máximo	12.0%
Grasa Mínimo	2.5%
Fibra Máximo	8.0%
Cenizas Máximo	9.0%

CUADRO 32. Nutricorral composición garantizada

- **NUTRIPOLLITAS.** Se suministra como único alimento concentrado a pollitas de iniciación desde el 1 día, hasta la octava (8) semana de edad.

Proteína Mínimo	13.0%
Humedad Máximo	12.0%
Grasa Mínimo	2.5%
Fibra Máximo	8.0%
Cenizas Máximo	13%
Calcio Mínimo	3%
Fósforo Mínimo	0.5%

CUADRO 33. Nutripollitas composición garantizada

- **NUTRIPREPOSTURA.** Se suministra como único alimento a gallinas ponedoras desde la semana 17 hasta el 5% de producción.

Proteína Mínimo	16.0%
Humedad Máximo	12.0%
Grasa Mínimo	3%
Fibra Máximo	6.0%
Cenizas Máximo	6.0%
Fósforo Mínimo	0.6%
Calcio Mínimo	2.5%

CUADRO 34. Nutriprepostura composición garantizada

- **NUTRIPOTURA I.** Se suministra como único alimento a gallinas ponedoras desde el 5% de producción, hasta la semana 45 de edad aproximadamente.

Proteína Mínimo	17%
Humedad Máximo	12.0%
Grasa Mínimo	3%
Fibra Máximo	6.0%
Cenizas Máximo	13%
Fósforo Mínimo	0.6%
Calcio Mínimo	3.5%

CUADRO 35. Nutripostura I composición garantizada

- **NUTRIPOSTURA II.** Se suministra como único alimento a gallinas ponedoras desde la semana 45 de edad, hasta el final del ciclo de postura.

Proteína Mínimo	16.0%
Humedad Máximo	12.0%
Grasa Mínimo	3%
Fibra Máximo	6.0%
Cenizas Máximo	13%
Fósforo Mínimo	0.6%
Calcio Mínimo	3.7%

CUADRO 36. Nutripostura II composición garantizada

- **NUTRIPOLLAS.** Se suministra como único alimento a pollas de levante, desde la octava hasta la diecisiete (17) semana de vida.

Proteína Mínimo	15.0%
Humedad Máximo	12.0%
Grasa Mínimo	3%
Fibra Máximo	8.0%
Cenizas Máximo	8.0%

CUADRO 37. Nutripollas composición garantizada

4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

DÍAS	PESO GR	PESO GR	PESO GR	PESO GR	PESO GR	PESO GR	PESO GR
	JUNIO 13/99	JUNIO 22/99	JUNIO 26/99	JULIO 2/99	JULIO 10/99	JULIO 16/99	JULIO 23/99
POLLO	0	9	13	19	27	33	40
#1 Hembra	50	95	100	130	160	210	260
#2 Hembra	50	90	100	130	160	200	260
#3 Hembra	50	90	100	130	160	220	280
#4 Hembra	50	100	110	135	165	240	280
#5 Hembra	50	80	90	100	110	150	200
#6 Hembra	50	100	120	135	170	250	320
#7 Hembra	50	95	100	130	160	220	270
#8 Hembra	50	95	100	130	160	220	260
#9 Macho	55	95	100	150	250	400	520

**Cuadro 38. Peso y talla en monogástricos alimentados con muestras proteicas de soya y
huevo**

Fuente: Cálculos realizados por el investigador.

NOTA: Fecha de nacimiento: Junio 13/99

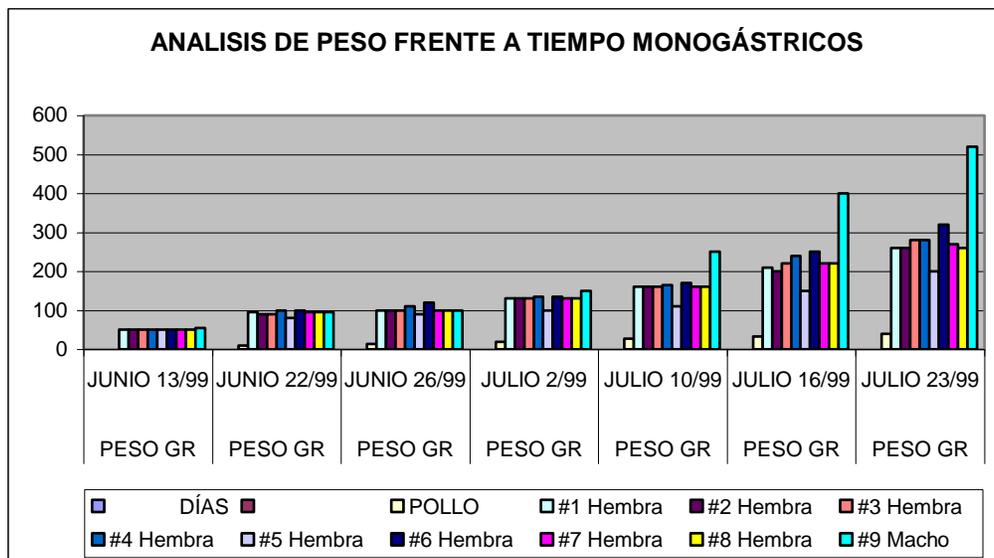
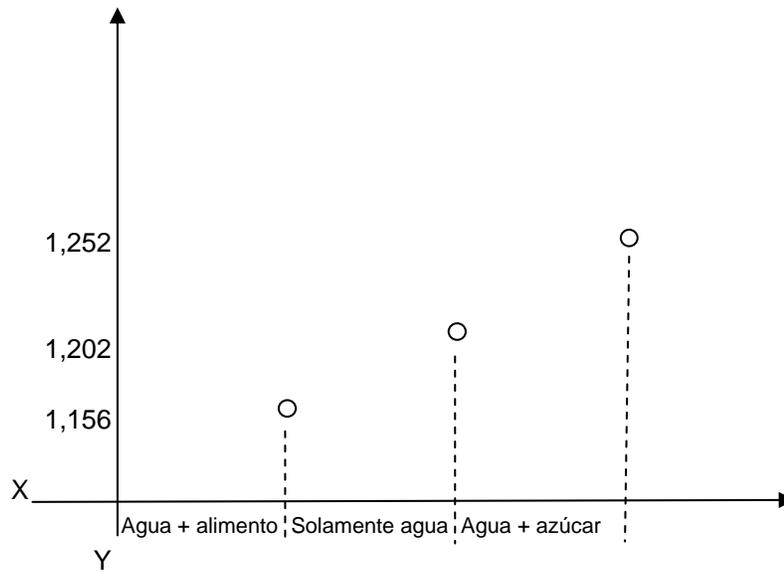


Figura 22. Análisis de peso y tiempo en monogástricos

FECHA 1999	RELACION SOYA	RELACION CLARA DE HUEVO	PESO (GR) GANADO SEGUN MUESTRA	RESULTADO
Junio 13	1	0		El alimento contiene mayor porcentaje de grasa; por lo tanto, se aprecia ganancia en peso.
Junio 22	2	1	40	
Junio 26	1	1	5	
Julio 2	2	1	50	
Julio 10	2	1	100	
Julio 16	1	2	150	El alimento contiene alta proteína, ayudando a desarrollar fibra muscular.
Julio 23	1	0	120	

Cuadro 39. Relación de soya y clara de huevo

Fuente: Cálculos realizados por el investigador.



X: Provisión agua

Y: Ganancia de peso (gr) 4- 8 semanas

Figura 23. Ganancia de peso vrs. provisión de agua y otros componentes en el recibimiento a pollitos de 1 día de nacidos

- Las ganancias diarias de peso, la conversión alimenticia y digestibilidad de la materia seca mejoran significativamente, cuando la relación agua – alimento es alta.

PRODUCTO	PRECIO BULTO/40 Kg.	Precio Kg.
- NUTREPOLLO	33.500	837.50
- NUTRILISTO	30.500	762.50
PRODUCTO ESTUDIO (Soya – clara de huevo)	64.000	1.600.00

Cuadro 42. Comparación del valor de kg. en alimentación

Fuente: Cálculos realizados por el investigador.

NOTA: La relación del producto estudiado son 2 partes de soya y una parte de huevo.

1 Kg. de soya \longrightarrow 500 gr. de huevo

CONCLUSIONES

- El trabajo muestra que la mezcla propuesta garantiza un rendimiento del 11% en peso en la carne de canal frente al concentrado tradicional.
- La mezcla permitió observar un mayor desarrollo en pernils de pollos hasta un 18% mayores que el estándar.
- El alimento planteado surge como un complemento alimenticio en dietas de pollo, ya que la soya aporta tres aminoácidos esenciales Leusina, Lisina y Fenilalamina, los cuales se mantienen por encima del estándar de la FAO en cerca de un 40%.
- El tratamiento térmico más adecuado es el utilizado en las microondas que permiten mantener la REP (relación de eficiencia proteica) en 1.75 que corresponde a una eficiencia del 85% frente a otros procesos térmicos.
- La clara de huevo mejoró el sabor de la mezcla viéndose esto reflejado en un mayor consumo de alimento por parte de los pollos que alcanzo un 15% mas que el consumo tradicional, lográndose mayores pesos en menores tiempos.

- El aporte de la clara de huevo en cuanto a proteínas como la ovotransferina que ayuda a que el pollo fije mayores porcentajes de hierro esta proteína es mayor en un 12% a los niveles de productos comerciales.
- El costo comercial del producto es mayor en un 47%, hecho este que no le favorece frente a productos comerciales.
- El porcentaje de humedad de la mezcla fue de un 7.5% y la durabilidad en condiciones de almacenamientos adecuados nos garantizan una vida útil de 6 meses.
- La transferencia de Ovomacroglobulina que sube los niveles de anticuerpos que hacen que el pollo sea más inmune a enfermedades.

RECOMENDACIONES

- Es necesario para futuras investigaciones sobre mezclas proteicas en pollos utilizar materias primas que esten al alcance de los productores y cultivadores permitiendo de esta manera bajar costos en producciones industriales.
- Se deben para futuras investigación en nutrición de pollos tener en cuenta aspectos como los de este complemento proteico y las ventajas de usar esta combinación de proteínas.
- Los complementos proteicos deben seguir enriqueciendo las dietas de pollos para subir los rendimientos de la producción.
- La mezcla debe ser probada en alimentación humana y se dejo abierta esta posibilidad para dietas de deportistas de alto rendimiento que deben presentar altos desarrollos musculares.

BIBLIOGRAFIA

BADUI BERGEL, Salvador. Química de los Alimentos. 3 Edición. México, Alambra. 1995.

BERLIJN Johan D.; MEYER, Marco R.; PALTRINIERI, Gaetano. Manuales para educación agropecuaria. Elaboración de productos agrícolas. México: Trillas, 1991.

BERNARDINI, E.; BAQUERO FRANCO, J. Tecnología de Aceites y Grasas. España: Alhambra, S.A., 1981.

BIOQUIMICA Y VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS.

CASTELLANOS JIMENEZ, Rubén Dario. Tubérculos, leguminosas y raíces alimenticias. Santafé de Bogotá, D.C: Unisur, 1993.

CORTES, Manuel; SANCHEZ, William. Proyecto de investigación y desarrollo tecnológico.

HUEVOS: PLANIFICACION COMERCIAL.

KENT-JONES, D.W. and AMOS, A.J., Modern cereal Chemistry, 6th ed, Food Trade Press, London, 1967.

MENDEZ MARTINEZ, Raúl. Aprovechamiento de subproductos agropecuarios. Santafé de Bogotá, D.C.: Unisur, 1993.

MORRISON, W.R., J. Sci Fd Agric., 44, 245; 1963.

QUIMICA DE LOS ALIMENTOS.

RAMIREZ BERNAL de, Inés. Análisis de los alimentos. Santafé de Bogotá, D.C.: Guadalupe Ltda., 1994

THE APPROVED METHODS OF THE AACC (American association of Cereal chemists, Minnesota).

THE BREAD AND FLOUR REGULATIONS 1963. H.M.S.O., London, 1963.

UDY. D.C., Cereal Chem, 1957.

VAN SOEST, P.J. Ass off agric. Chem, 1963.

ZERDA BAYÓN, rafael. Química de los Alimentos. Bogotá, imprenta nacional. 1917.

GLOSARIO

- ALBÚMINA DE HUEVO:** Clara de huevo desecada que se presenta en forma de masas amorfas o escamas incoloras o amarillas, en el agua se hincha y finalmente se disuelve; coagulo a 70°C se usa en clasificación y refinado del azúcar y vino.
- ALBÚMINA:** Albumin, Eiwiss. Nombre genérico de un grupo de proteínas simples, solubles en agua y en soluciones salinas diluidas y coagulables por el calor.
- AMINOÁCIDO:** Aminosäure. Serie de sustancias de fórmula R-CH(NH₂)-COOH en las que R es un radical orgánico alifático o aromático. Sustancias sólidas cristalinas por lo general solubles en agua, difícilmente solubles en alcohol, el número de aminoácidos conocidos es grande, pero el interés de estas sustancias estriba en que forman parte de las albúminidos y este caso solo veintidós aminoácidos diferentes han sido hallados hasta el presente en los seres vivos.
- CORNINA:** C₇H₈O₃N₄H₂O Polvo cristalino soluble en agua caliente y ácido. Diluidos que se encuentra en el jugo de la remolacha y en la carne, se ha indicado que es una mezcla equimolecular de hipoxantina e inopina.
- DESTILACIÓN:** Proceso utilizado para purificar los líquidos y que consiste en calentar hasta el punto de ebullición y condensar luego los vapores en un depósito puro llamado refrigerante.
- DIADelfo:** Dícese de los estambres unidos por sus filamentos formando dos grupos o bien quedando uno aislado y el resto unidos.

DIGESTIÓN:	Digerierung. Operación química por la que las sustancias generalmente complejas son descompuestas con ayuda de calor y reactivos.
DIGESTOR:	Especie de mamila en la que pueden hacerse las digestiones químicas a presión superior a la atmosférica.
EMULSIÓN:	Mezcla homogénea de líquidos no micibles en la que esta se encuentran coloidalmente dispersadas, lo cual se puede lograr por agitación mecánica o con auxilio de emulsificantes.
ESPUMA:	Conjunto de burbujas gaseosas que se forman en la superficie de los líquidos unidas entre sí y con alguna consistencia.
ESTÍPULAS:	Apéndice pequeño y generalmente en forma de hoja que en número de dos salen de la base foliar en muchas plantas. Protege a la yema axilar y con mucha frecuencia interviene en la fotosíntesis.
EXTRUSIÓN:	Operación que consiste en forzar una sustancia sólida a pasar a través de un orificio o canal.
FÁRFARAS:	Membrana que se encuentra entre el cascarón y la clara en un huevo cosido o duro, es la piel que se debe quitar después del cascarón.
GLUTATIÓN:	Gluthation. $C_{10}H_{17}N_3O_6S$. Es un tripéptido de ácido glutámico cristalino y gircina que se extrae principalmente de las levaduras.
PROTEÍNA:	(Protein) (Stoff) Nombre genérico de un grupo de sustancias fundamentales en la composición de los seres vivos que contiene nitrógeno en sus complicadas moléculas la hidrólisis

completa de las cuales suministra aminoácidos.

PUNTO ISOLÉCTRICO: Estado neutro de una solución coloidal en la cual esta favorecida la coagulación correspondiente a un valor determinado de pH.

REOLOGÍA: Ciencia de la deformación y deslizamiento de la materia.

TEXTURA: Texturar.

TITULACIÓN: Titulation. Valoración de una solución mediante reacción con una cantidad que se mide exactamente de un reactivo valorado o titulado; el punto final de la reacción se determina por un indicador apropiado.

ÚREA: $\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2$. Producto del metabolismo de las proteínas, cristales, se descompone por el calor soluble en agua, alcohol y glicerina se usa como fertilizante y en la fabricación de plásticos y resinas.

UREASA: Urease. Enzima que hidroliza la úrea a carbonato de amonio. Cristales solubles en agua se usa en determinación de úrea.

ANEXOS

ANEXO D



Foto de Proceso de levante y engorde de pollos con concentrado propuesto de mezclas de soya- huevo.