

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



ELABORACIÓN DE PRÁCTICA DE DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA POR MEDIO DE  
MÉTODO DE KJELDAHL EN CORTE DE LOMO DE RES

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DIPLOMADO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR

EDUARDO ARTURO ANGULO DELGADO

LICENCIADO EN QUÍMICA Y FARMACIA

DICIEMBRE 2025

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

MAESTRA NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICENCIADA EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL

MAESTRA KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESORAS

MAESTRA DELMY IDALIA HERNÁNDEZ HUEZO

LICENCIADA DALILA GUADALUPE ANAYA RODRÍGUEZ

TUTOR

LICENCIADO MARIO ANTONIO HERNÁNDEZ MELGAR

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios por haberme permitido concluir después de tantos esfuerzos esta etapa de mi vida. Quiero expresar mi gratitud a Juanita Angulo quien es como mi madre me brindo todo su apoyo incondicional en todas las maneras posibles, de igual manera agradezco a Guadalupe Valdez de Magaña y su esposo Juan Magaña por sus consejos, orientación para tomar las mejores decisiones y ver más de una opción antes de actuar. Ya que sin el apoyo de ellos no hubiese sido posible poder culminar mis estudios y así obtener con mucho orgullo y satisfacción el título de Licenciado en Química y Farmacia.

Doy gracias a la Universidad de El Salvador por brindarme sus conocimientos y herramientas para llevar a cabo mis estudios superiores, destacando su compromiso por la excelencia para formar profesionales capaces y así ser útiles en la sociedad.

Eduardo Angulo

## Índice

	Pág. N°
ABREVIATURAS	
GLOSARIO	
RESUMEN	
<b>CAPITULO I</b>	
1.0 INTRODUCCIÓN.....	12
<b>CAPITULO II</b>	
2.0 OBJETIVOS .....	15
<b>CAPITULO III</b>	
3.0 MARCO TEORICO.....	17
3.1 Método de análisis químico .....	17
3.1.2 Analisis volumétrico .....	18
3.1.3 Tipos de volumetrías .....	19
3.1.4 Volumetría de neutralización .....	19
3.2 Carne de Res4 .....	21
3.3 Determinación de proteína en corte lomo de res por el método de Kjeldahl.....	28
3.3.1 Fundamentos del método de Kjeldahl y sus etapas. ....	28
3.3.2 Digestión.....	29
3.3.3 Destilación .....	29
3.3.4 Valoración .....	30
<b>CAPITULO IV</b>	
4.0 PRODUCTO FINAL .....	32
4.1 Título de la Practica .....	32
4.1.1 Elaboración de la práctica de laboratorio para la determinación de proteína en corte lomo de res por medio del método de Kjeldahl .....	32
4.2 Introducción: .....	32
4.3 Objetivos .....	32
4.4 Tipo de análisis y fundamento .....	32
4.5 Información general de la muestra.....	35
4.6 Elaboración de practica.....	35
4.7 Normativa para interpretar los resultados.....	40
<b>CAPITULO V</b>	
5.0 CONCLUSIONES .....	43
<b>CAPITULO VI</b>	
6.0 RECOMENDACIONES.....	45

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°.</b>		<b>Pág. N°.</b>
<b>1</b>	Algunos indicadores ácido base y sus intervalos de viraje.	20
<b>2</b>	Contenido de energía y macronutrientes de piezas de carne de vacuno.	23
<b>3</b>	Contenido de sodio, sal, hierro y zinc de piezas de carne de vacuno.	23
<b>4</b>	Contenido en lípidos de distintas piezas de carne de vacuno.	25
<b>5</b>	Factores de proteínas para algunos alimentos.	32
<b>6</b>	Valores proteicos por cada 100.0 g.	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°.</b>		<b>Pág. N°</b>
1	Lomo vacuno	24
2	Triturador de carne.	34
3	Pesaje de muestra.	35
4	Muestra con tabletas Kjelcat.	35
5	Gradilla colectora.	36
6	Agregación de ácido sulfúrico a la muestra.	36
7	Digestor automático de Kjeldahl.	37
8	Destilador de Kjeldahl.	38
9	Analizador automático de Kjeldahl.	38

## **ABREVIATURAS**

AGM: Ácidos grasos monoinsaturados

AGS: Ácidos grasos saturados

AGP: Ácidos grasos poliinsaturados

AOAC: Asociación de Químicos Analíticos Oficiales

ISO: International Organization for Standardization

USEPA: Agencia de protección ambiental

## GLOSARIO

**Aminoácido:** sustancia química orgánica en cuya composición molecular entran un grupo amino y otro carboxilo. Son la base de la proteína.

**Ceniza:** se refiere a la materia inorgánica, principalmente minerales, que queda después de quemar la materia orgánica de un alimento.

**Ganado vacuno:** ganado desarrollado principalmente para la producción eficiente de carne y caracterizado por su capacidad de crecimiento rápido, cuerpo pesado y bien carnosos, y complexión robusta.

**Kjelcat:** es un tipo de tableta catalítica ( $K_2SO_4 + CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) utilizada en el método Kjeldahl para la determinación de nitrógeno en diversas sustancias. Estas tabletas están diseñadas para acelerar la digestión de la muestra, un proceso clave en el método Kjeldahl que involucra la descomposición de la materia orgánica para liberar el nitrógeno.

**Nitrógeno total:** también conocido como Nitrógeno de Kjeldahl, es la suma de todas las formas de nitrógeno presentes en la matriz analizada. El nitrógeno total Kjeldahl es un indicador utilizado en química analítica cuantitativa. Determina la suma del nitrógeno orgánico en sus diversas formas y el ion amonio  $NH_4^+$ , presentes en una muestra.

**Proteína bruta:** se refiere al porcentaje de proteína que contiene un alimento. Ese valor se obtiene después de haberlo sometido al análisis químico. Es el valor del contenido total en nitrógeno de un material animal o vegetal vivo valorado por el método Kjeldahl y multiplicado por 6,5 (100:16) siendo 16 % el porcentaje de proteínas en un tejido orgánico.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación plantea la elaboración de una práctica de laboratorio para determinar la proteína en el corte lomo de res mediante el método de Kjeldahl, integrando una explicación pormenorizada de cada una de sus etapas (digestión, destilación y valoración) y su fundamento químico. En la sección dedicada a la etapa de digestión se describen los reactivos y catalizadores utilizados (p. ej.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y tabletas Kjelcat o sulfato de cobre), las condiciones de trabajo y el objetivo de transformar el nitrógeno orgánico en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) para su posterior recuperación. La parte de destilación y valoración explica el procedimiento para liberar y capturar el  $\text{NH}_3$  mediante alcalinización y arrastre por vapor, así como las alternativas de valoración (directa sobre ácido bórico o por retroceso), incluyendo la forma de calcular el nitrógeno y convertirlo a proteína mediante el factor de 6.25.

El protocolo propuesto en este documento está desarrollado con parámetros operativos concretos y medidas de seguridad: preparación y pesaje de muestra, volúmenes y normalidades empleados en la digestión y valoración, uso de equipos y manejo de residuos peligrosos. Además, se incorporan pasos prácticos para la preparación de la muestra y recomendaciones de instrumentación automatizada para aumentar reproducibilidad y seguridad en el aula y en laboratorios de control de calidad.

La práctica propuesta no solo cumple una función formativa capacitar a estudiantes en un método analítico estándar, sino que ofrece una guía operativa aplicable en entornos de control de calidad alimentaria, permitiendo comparar los resultados obtenidos con tablas de referencia (p. ej. INCAP) y facilitando la interpretación nutricional del lomo de res.

## **CAPITULO I**

## 1.0 INTRODUCCIÓN

El análisis del contenido proteico en alimentos de origen animal es una herramienta fundamental en el ámbito de la química de los alimentos, la nutrición y el control de calidad. En particular, la carne de res, al ser una fuente importante de proteínas de alto valor biológico, requiere métodos analíticos precisos que permitan cuantificar su composición con exactitud. Dentro de las técnicas más utilizadas para este fin, el método de Kjeldahl destaca por su robustez, reproducibilidad y amplia aceptación en normativas nacionales e internacionales.

El método de Kjeldahl, desarrollado en 1883 por Johan Kjeldahl, se basa en la determinación del contenido total de nitrógeno de una muestra, el cual se convierte en un indicador indirecto del contenido de proteínas. Este procedimiento implica una digestión ácida, seguida de neutralización, destilación y titulación, permitiendo así calcular la cantidad de nitrógeno y, por ende, estimar el porcentaje de proteína presente en la muestra. Organismos como la AOAC (Association of Official Analytical Chemists), el Codex Alimentarius, reconocen este método como estándar para el análisis de alimentos.

Desde una perspectiva académica, el diseño e implementación de prácticas de laboratorio basadas en métodos clásicos como el de Kjeldahl resultan esenciales para la formación profesional del químico farmacéutico. Estas actividades permiten a los estudiantes aplicar conocimientos teóricos, adquirir habilidades analíticas y reforzar el pensamiento crítico en el contexto del control de calidad alimentario, un campo de creciente demanda en la industria.

Asimismo, la elaboración de esta práctica para las cátedras de análisis de la Universidad de El Salvador ya que enmarca en un enfoque de sostenibilidad, promoviendo el uso responsable de reactivos químicos y el manejo adecuado de residuos peligrosos generados durante el análisis. Fomentar una cultura de seguridad y conciencia ambiental en los futuros profesionales es clave para un ejercicio ético y responsable de la profesión.

Por lo tanto, el presente trabajo tiene como finalidad elaborar una práctica de laboratorio para la determinación del contenido de proteína en el corte lomo de res mediante el método de Kjeldahl. Esta propuesta busca integrar los principios teóricos del método con un diseño experimental

aplicable en el entorno académico, alineado con los estándares de calidad, las normativas vigentes, y los principios de sostenibilidad y formación profesional integral.

## **CAPITULO II**

## **2.0 OBJETIVOS**

### 2.1 Objetivo General

2.1.1 Elaborar una práctica de laboratorio para la determinación del contenido de proteína en el corte de lomo de res mediante el método de Kjeldahl.

### 2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Describir los fundamentos teóricos del método de Kjeldahl y su aplicación en la determinación de proteínas en alimentos de origen animal.

2.2.2 Diseñar un protocolo detallado de la práctica de laboratorio, incluyendo materiales, reactivos, procedimientos y medidas de seguridad necesarias para la determinación de proteína en el corte lomo de res.

2.2.3 Analizar los posibles errores y limitaciones del método de Kjeldahl en el análisis de muestras cárnicas, proponiendo recomendaciones para mejorar la precisión y reproductibilidad del ensayo.

### **CAPITULO III**

### 3.0 MARCO TEORICO

#### 3.1 Método de análisis químico

Para poder realizar el análisis químico de la muestra corte lomo de res, se debe hacer uso de una rama de la química, la química analítica, la cual brinda las herramientas necesarias para poder determinar quiénes son las sustancias que están presentes en los alimentos y en qué cantidades estas sustancias se encuentran.

Así, la química analítica puede definirse como la rama de la química que se ocupa de la identificación y cuantificación de un componente químico en una sustancia dada. De esta definición se deriva que la química analítica se divide en dos grandes campos de actuación: el análisis cualitativo, cuyo objeto es identificar cuáles son los componentes que están presentes en una muestra, y el análisis cuantitativo, a través del cual se determina cuánto hay de cada componente en la muestra evaluada. Para complementar cualquiera de estos objetivos (cualitativos o cuantitativos), el procedimiento del cual se vale la química analítica se denomina método analítico.

El método analítico puede definirse como el conjunto de operaciones físicas y químicas que permite identificar y/o cuantificar un componente químico, al cual se denomina “analito” en el sistema material que lo contiene, conocido como “matriz”.

En síntesis, se denomina muestra a una parte representativa de la materia objeto de análisis, siendo una alícuota de la muestra una porción o fracción de esta. Se llama analito a la especie química objeto del análisis. La matriz de la muestra será el conjunto de todas aquellas especies químicas que acompañan al analito en la muestra. La técnica analítica es el medio utilizado para llevar a cabo el análisis químico, mientras que el método analítico es un concepto más amplio pues no sólo incluye a la o las técnicas analíticas empleadas en un análisis sino también todas las operaciones implicadas hasta la consecución del resultado final.

Atendiendo a las características del procedimiento analítico y del principio general en el cual se fundamenta la determinación, los métodos de análisis químico pueden clasificarse en dos grandes grupos: métodos clásicos y métodos instrumentales.

Ambos grupos de métodos pueden emplearse con fines cualitativos y cuantitativos. Sin embargo, el contenido de este trabajo investigativo estará centrado en el estudio de los métodos clásicos de

análisis cuantitativo, los cuales, a su vez, pueden clasificarse atendiendo al tipo de medición que se emplea para realizar la cuantificación del analito.

En este sentido, los métodos cuantitativos de análisis clásico pueden clasificarse en:

- Métodos de análisis gravimétrico: se fundamentan en el hecho de que la determinación del analito se alcanza midiendo directa o indirectamente su masa.
- Métodos de análisis volumétrico: los cuales se basan en la medida exacta del volumen de una solución que contiene suficiente reactivo para reaccionar completamente con el analito.

En el caso de este trabajo de investigación, se hará uso de la química analítica cuantitativa, específicamente del Método de análisis volumétrico, el cual se basa en la medición exacta del volumen de una solución que contiene suficiente reactivo para reaccionar completamente con el analito.

### **3.1.2 Análisis volumétrico**

El análisis volumétrico es todo aquel procedimiento basado en la medida de volumen de reactivo necesario para reaccionar con el analito. De este modo, al medir de forma exacta el volumen de reactivo, de concentración perfectamente conocida, necesario para reaccionar completamente con el analito, se podrá calcular su concentración en la muestra. Los requisitos que deben cumplir las reacciones que se emplean en los métodos volumétricos de análisis son:

- La reacción debe ser completa.
- La reacción debe ser rápida.
- La reacción debe poder describirse mediante una ecuación química balanceada.
- Posibilidad de detectar el punto final de la valoración.

Este tipo de análisis consiste en ir agregando lentamente, a la disolución de analito, la disolución estándar de reactivo desde la bureta u otro material de precisión dispensador de líquidos, hasta que la reacción entre las dos especies químicas se haya completado.

### 3.1.3 Tipos de volumetrías

Los métodos de análisis volumétrico se pueden clasificar, atendiendo al tipo de reacción química:

- Volumetría de neutralización (o Volumetría ácido-base).
- Volumetría de precipitación.
- Volumetría de formación de complejos.
- Volumetría redox.

Por otro lado, si se atiende al procedimiento seguido para el desarrollo de la valoración, es decir, de acuerdo con la forma en que se realiza la valoración, los métodos volumétricos pueden clasificarse en métodos de valoración directos y métodos de valoración indirectos.

Teniendo en cuenta estas clasificaciones, vale la pena aclarar que, en este proyecto investigativo, si se habla en términos del procedimiento desarrollado se hablará de una valoración directa, mientras que, si nos referimos al tipo de reacción química presente, se hará uso del método la volumetría por neutralización.

### 3.1.4 Volumetría de neutralización

La volumetría de neutralización comprende un conjunto de reacciones que tienen lugar entre un ácido y una base con la correspondiente formación de sal y agua. Mediante estos métodos, utilizando una solución valorada de algún ácido se puede realizar la determinación cuantitativa de sustancias que se comportan como base (acidimetría) o, empleando una solución valorada de algún álcali, se pueden determinar cuantitativamente sustancias que se comportan como ácidos (alcalimetría).

El punto de equivalencia de una volumetría es un punto teórico que se alcanza cuando la cantidad de valorante añadido es químicamente equivalente a la cantidad de analito en la muestra. El punto de equivalencia es el resultado ideal (teórico) que se busca en toda valoración. Dado que el punto de equivalencia es un resultado teórico, su determinación experimental es imposible, en su lugar podemos estimar su posición al observar un cambio físico relacionado con la condición de equivalencia. A dicho cambio físico se le llama punto final de la volumetría.

La forma más común de observar el punto final de una volumetría es agregar un indicador químico a la disolución de analito para producir un cambio físico observable cerca del punto de

equivalencia. Entre los cambios típicos de los indicadores se incluyen la aparición o desaparición de color, cambio de color, o aparición o desaparición de turbidez.

En los métodos de valoración ácido base, se emplean como indicadores sustancias orgánicas que cambian de color en función de la variación de pH durante el transcurso de la valoración. El color de los indicadores cambia en un cierto intervalo de pH el cual depende exclusivamente de las propiedades del indicador y es independiente de la naturaleza del ácido o de la base que constituyen los reaccionantes.

Así una sustancia que pretenda ser empleada como indicador en la volumetría de neutralización, debe cumplir los siguientes requisitos.

- El color del indicador debe cambiar bruscamente en un pequeño intervalo de pH.
- El color del indicador debe ser lo más intenso posible.
- La cantidad de base o ácido (reaccionantes) que reaccione con el indicador debe ser tan insignificante que no altere los resultados de la valoración.
- El cambio de color del indicador debe ser un proceso plenamente reversible.

Se conocen muchos indicadores de pH, y sus constantes de ionización aparentes se distinguen muy nítidamente. Por eso, las zonas de viraje de diferentes indicadores cubren prácticamente toda la escala de pH, comenzando por pH 0 a pH 12 y mayor. Lo expuesto se ilustra en la Tabla N° 1.

Como regla general de selección de los indicadores: “en una valoración ácido base, se pueden utilizar como indicadores solo aquellos cuyo rango de viraje se hallen total o parcialmente dentro de los límites del salto brusco de la curva de valoración”.

**Tabla N° 1.** Algunos indicadores ácido base y sus intervalos de viraje.<sup>1</sup>

Indicador	Disolvente	Concentración	Tipo de indicador	Color		Zona de viraje
				Forma ácida	Forma alcalina	
Amarillo de alizarina	Agua	0.1	Ácido	Amarillo	Violeta	10.1-12.1
Timolftaleina	Alcohol al 90%	0.1	Ácido	Incoloro	Azul	9.4 - 10.6
Fenolftaleina	Alcohol al 60%	0.1 y 1.0	Ácido	Incoloro	Rojo	8.2 - 10
Purpura de cresol	Alcohol al 20%	0.5	Ácido	Amarillo	Purpureo	7.4 - 9.0
Rojo neutro	Alcohol al 60%	0.1	Base	Rojo	Amarillo castaño	6.8 - 8.0
Rojo de fenol	Alcohol al 20%	0.1	Ácido	Amarillo	Rojo	6.8 - 8.0
Azul de bromotinol	Alcohol al 20%	0.05	Ácido	Amarillo	Azul	6.0 - 7.6
Tornasol	Agua	1	Ácido	Rojo	Azul	5.0 - 8.0
Rojo de metilo	Alcohol al 60%	0.1 y 0.2	Base	Rojo	Amarillo	4.4 - 6.2
Anaranjado de metilo	Agua	0.1	Base	Rosa	Amarillo	3.0 - 4.4
Azul de bromofenol	Agua	0.1	Ácido	Amarillo	Azul	3.0 - 4.6
Tropeolina	Agua	0.01, 0.1 y 1.0	Base	Rojo	Amarillo	1.4 - 3.2
Violeta cristalino	Agua	-		Verde	Violeta	0.0 - 2.0

Fuente: Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2015). Fundamentos de química analítica (9ª ed.). Editorial McGraw-Hill.

### 3.2 Carne de Res

En la actualidad, dentro de la numerosa oferta de alimentos que existen, los productos de origen animal son altamente apreciados por los consumidores de comunidades más o menos desarrolladas, considerándose, desde siempre, un alimento muy nutritivo y asociado con una buena salud y prosperidad. Más en particular, en los países occidentales, la carne tiene un papel muy importante en la alimentación humana. Paralelamente, a mayor grado de desarrollo del país, mayor es su consumo.

La carne es un elemento esencial en la dieta, ya que proporciona a nuestro organismo gran cantidad de nutrientes:

- Agua: entre un 60 – 80 % de su peso.

- Proteínas: posee entre el 20 – 25 % de proteína, que proviene básicamente del tejido muscular, parte fundamental de las carnes. La proteína de éstas es de alto valor biológico (alrededor de un 40% de sus aminoácidos son esenciales, es decir, que el organismo no puede sintetizar y por ello deben ser aportados por la dieta) y se necesitan diariamente. Al aumentar la edad del animal, aumenta la cantidad de tejido conjuntivo y éste tiene menor cantidad de metionina y otros aminoácidos esenciales.
- Sustancias nitrogenadas no proteicas: en la carne también podemos encontrar aminoácidos libres, péptidos, nucleótidos, creatina, etc.
- Grasas: El contenido en grasa de las carnes es muy variable, desde un 3 a un 30 % de su composición. La cantidad y calidad de ella depende de factores tales como edad, sexo, alimentación y zona de la canal. Aproximadamente la mitad de su contenido en grasas son saturadas (destacando el ácido palmítico y el esteárico), mientras que la otra mitad son insaturadas predominando los ácidos grasos monoinsaturados. La grasa es uno de los tres agentes palatables de los alimentos por lo que su presencia en la carne, además de ser vehículo de vitaminas liposolubles, hace que podamos diferenciar los distintos tipos de carne y disfrutar de su consumo. La carne de los rumiantes, al igual que la leche, es una fuente de ácidos grasos trans naturales, los cuales, según recientes estudios, no parecen tener el mismo efecto sobre la salud que los obtenidos industrialmente de fuentes vegetales para fabricar productos de panadería y repostería que ejercen un mayor impacto sobre la enfermedad cardiovascular. Por otro lado, no debemos olvidar que muchos derivados cárnicos, como los embutidos, suelen tener un contenido graso superior y es por ello por lo que se recomienda moderar su consumo.
- Vitaminas: En las carnes destaca el contenido de vitaminas del grupo B, tales como la B1 (tiamina), B3 (niacina), B6 Y B12, además de vitamina A, en forma de retinol. Las carnes también poseen pequeñas cantidades de otras vitaminas como la E, el ácido pantoténico y la biotina.
- Minerales: La carne es una excelente fuente natural de hierro y zinc de elevada biodisponibilidad. Aproximadamente entre de un 30 a un 60 % del hierro de la carne es de alta biodisponibilidad (hierro hemo) y la presencia de esta en una ingesta del día puede aumentar la absorción del hierro presente en otros alimentos. Una adecuada ingesta de este mineral juega un papel muy importante en la prevención de la anemia ferropénica. Por todo

ello, es especialmente importante el consumo de carne para personas con anemia ferropénica o con riesgo de padecerla ya que el hierro que obtenemos de los vegetales (lentejas, espinacas...) es principalmente no hemo, que es de menor biodisponibilidad.

En el caso del zinc, su disponibilidad aumenta también en presencia de la proteína. Sin un adecuado aporte del grupo de las carnes, pueden aparecer deficiencias nutricionales de este mineral. Además, las carnes, contienen cantidades significativas de otros minerales como cobre, magnesio, selenio, fósforo, cromo y níquel.

Ganado vacuno: La carne de ternera tiene un contenido en macronutrientes diferente en función de la edad de sacrificio y de la pieza de consumo. Destaca su contenido en proteínas de alto valor biológico. Las partes más magras tienen alrededor de 6 g de grasa por 100 gramos de alimento completo, mientras que las de más contenido lipídico superan los 20 g por 100 gramos de alimento. Aporta, entre los minerales, principalmente hierro hemo, además de zinc, ambos de alta biodisponibilidad, magnesio y fósforo. También es una carne en la que destacan las vitaminas del grupo B. Para mejorar el perfil calórico de nuestra dieta actual se recomienda que a la hora de elegir la carne de ternera que vamos a comer, se opten por los tipos y piezas más magras, relegando las carnes grasas a un consumo más esporádico (más especialmente en los casos en que las personas tengan alguna enfermedad como: dislipemias, enfermedades cardiovasculares...). A continuación, y como novedad, se presenta el contenido en energía y nutrientes de las distintas piezas de carne de vacuno.

**Tabla N° 2.** Contenido de energía y macronutrientes de distintas piezas de carne de vacuno por 100 g<sup>5</sup>

Pieza	Humedad (g)	Cenizas (g)	Energía (Kcal)	Proteína bruta (g)	Grasa bruta (g)	Hidratos de carbono (g)
Lomo	68.5	1	166	20.6	8.8	1.1
Solomillo	72.8	1.1	126	22.2	4.1	Tr
Cadera	70.4	1.1	145	22.7	6	Tr
Contra	72.6	1.2	122	22.6	3.5	Tr
Morcillo	73.8	<1	126	21.7	4.4	Tr
Aguja	73.7	1.1	122	21.1	4.2	Tr
Espaldilla	71.5	1	139	21.2	5.8	0.5
Falda	63.3	1	230	18.8	17.2	Tr
Tapa	74.4	1	108	22.5	2	Tr
Aleta	74.7	1.1	116	21.8	3.2	Tr

Fuente: Determinación de macronutrientes y micronutrientes en el despiece de carne de las principales especies de abasto. FEN-FEDECARNE (2009).

**Tabla N° 3.** Contenido de sodio, sal, hierro y zinc de distintas piezas de carne de vacuno por 100g<sup>5</sup>

Pieza	Sodio (mg)	Sal (NaCl mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)
Lomo	90	0.23	1.5	3.6
Solomillo	100	0.2	2.2	4.2
Cadera	100	0.2	1.7	3.3
Contra	100	0.2	1.4	2.9
Morcillo	100	0.2	2	5.7
Aguja	100	0.2	2.4	5.4
Espaldilla	120	0.2	2.1	4.9
Falda	110	0.2	1.7	4.7
Tapa	90	0.23	1.6	3.7
Aleta	100	0.2	1.9	3.3

Fuente: Determinación de macronutrientes y micronutrientes en el despiece de carne de las principales especies de abasto. FEN-FEDECARNE (2009).

**Tabla N° 4.** Contenido en lípidos de distintas piezas de carne de vacuno por 100 g<sup>5</sup>

<b>Pieza</b>	<b>AGM (g)</b>	<b>AGS (</b>	<b>AGP (G)</b>	<b>AGTrans (g)</b>
Lomo	4.13	4.06	0.61	0.38
Solomillo	1.92	1.086	0.32	0.17
Cadera	2.93	2.76	0.31	0.28
Contra	1.78	1.46	0.26	0.11
Morcillo	2.16	2.01	0.23	0.15
Aguja	1.9	2.03	0.27	0.19
Espaldilla	2.71	7.41	0.68	0.02
Falda	8.84	7.65	0.71	0.72
Tapa	1	0.88	0.12	0.07
Aleta	1.62	1.29	0.3	0.1

Fuente: Determinación de macronutrientes y micronutrientes en el despiece de carne de las principales especies de abasto. FEN-FEDECARNE (2009).

Lomo, vacuno.

Pieza que se localiza en el centro de la espalda del animal, perteneciente al despiece del cuarto trasero. Es una de las piezas más valoradas del vacuno, junto con el solomillo. Es una carne de gran ternera, magra, jugosa, tierna y melosa, recubierta por una capa de tejido conjuntivo y grasa.



**Figura N° 1.** Lomo vacuno.<sup>5</sup>

Porción comestible: 100 gramos por cada 100 gramos de producto fresco.

Fuente de nutrientes Proteínas de calidad, grasa monoinsaturada y saturada, hierro y zinc de elevada biodisponibilidad. Valoración nutricional El lomo de vacuno es una parte con un valor calórico medio, 166 kcal por 100 g, unas 250 kcal por ración. Su contenido en grasa es moderado, aproximadamente un 8,8 %, y se ve incrementado si se consume la grasa visible que le acompaña. Como la mayor parte de la carne de vacuno, presenta cantidades similares de ácidos grasos saturados y monoinsaturados y bajas concentraciones de poliinsaturados. Su proteína es de alto valor biológico. Aporta, en comparación con otras zonas de la carne de vacuno, valores moderados de hierro, zinc y sodio, este último concretamente 135 mg por ración, un 6% de las recomendaciones diarias.

Preparaciones culinarias más adecuadas: Ideal para prepararlo frito, a la parrilla o a la plancha. También se suele asar cuando se prepara en roast-beef.

**Tabla N° 5.** Composición de Lomo vacuno.<sup>5</sup>

	<b>Por 100 g de porción Comestible</b>	<b>Por ración (150 g)</b>
<b>Energía (Kcal)</b>	166	249
<b>Proteína (g)</b>	20.6	30.9
<b>Lípidos (g)</b>	8.8	13.2
<b>Hidratos de carbono (g)</b>	1.1	1.7
<b>Agua (g)</b>	68.5	102.8
<b>Sodio (mg)</b>	90	135
<b>Hierro (mg)</b>	1.5	2.3
<b>Zinc (mg)</b>	3.06	5.4
<b>Ácidos grasos saturados</b>	4.06	6.09
<b>C 14:00 Mirístico (g)</b>	0.27	0.41
<b>C 16:00 Palmítico (g)</b>	2.25	3.38
<b>C 18:00 Esteárico (g)</b>	1.36	2.03
<b>Ácidos grasos monoinsaturados</b>	4.13	6.1
<b>C 16:1 Palmitoleico (g)</b>	0.31	0.96
<b>C 18:1 Oleico (g)</b>	3.22	4.83
<b>Ácidos grasos Poliinsaturados</b>	0.61	0.92
<b>C 18:2 Linoleico (g)</b>	0.45	0.67
<b>C 18:3 Linolénico (g)</b>	0.03	0.09
<b>C 20:4 Araquidónico (g)</b>	0.08	0.12
<b>C 20:5 Eicosapentaenoico (EPA) (g)</b>	0.1	0.01
<b>C 22:6 Docosahexaenoico (DHA) (g)</b>	Tr	Tr
<b>Total, de ácidos grasos Trans (g)</b>	0.38	0.57

Fuente: Determinación de macronutrientes y micronutrientes en el despiece de carne de las principales especies de abasto. FEN-FEDECARNE (2009).

### **3.3 Determinación de proteína en corte lomo de res por el método de Kjeldahl.**

La forma más habitual es su cuantificación de forma indirecta y aproximada, bien a partir del contenido en nitrógeno de la muestra, o bien deduciendo su cantidad a partir del contenido de uno o dos aminoácidos particulares que conforman la proteína, fáciles de identificar y de cuantificar por su reactividad química específica. Este segundo procedimiento conlleva una mayor inexactitud.

Desde hace más de 100 años se está utilizando el método Kjeldahl para la determinación del nitrógeno en una amplia gama de muestras (alimentos y bebidas, piensos, forrajes, fertilizantes) para el cálculo del contenido en proteína. También se utiliza el método Kjeldahl para la determinación de nitrógeno en aguas residuales y suelos.

Es un método oficial descrito en múltiples normativas: AOAC, USEPA, ISO, Farmacopeas y distintas Directivas Comunitarias. La convención general, sobreentendida, es que la totalidad del nitrógeno de la muestra está en forma proteica, aun cuando la realidad es que, según la naturaleza del producto, una fracción considerable del nitrógeno procede de otros compuestos nitrogenados (bases púricas y pirimidínicas, creatina y creatinina, urea, amoníaco, etc.), por ello se denomina “proteína bruta” o “proteína total” a la obtenida por este método.

#### **3.3.1 Fundamentos del método de Kjeldahl y sus etapas.**

El método Kjeldahl mide el contenido en nitrógeno de una muestra. El contenido en proteína se puede calcular seguidamente, presuponiendo una proporción entre la proteína y el nitrógeno para el alimento específico que está siendo analizado, tal y como explicaremos más adelante.

Este método puede ser dividido, básicamente en 3 etapas: digestión o mineralización, destilación y valoración. El procedimiento por seguir es diferente en función de si en la etapa de destilación el nitrógeno liberado es recogido sobre una disolución de ácido bórico o sobre un exceso conocido de ácido clorhídrico o sulfúrico patrón. Ello condicionara la forma de realizar la siguiente etapa de valoración, así como los reactivos empleados. En este artículo docente se explica el primer procedimiento, cuando el nitrógeno se atrapa sobre ácido bórico.

El método de Kjeldahl consta de tres etapas:

-Digestión: El nitrógeno orgánico se convierte en  $\text{NH}_4^+$

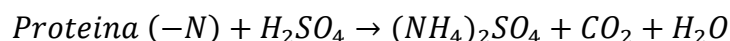
-Destilación: NH<sub>3</sub> es destilado y recogido en un recipiente receptor

-Valoración: Se determina el Nitrógeno.

### 3.3.2 Digestión.

El objetivo del procedimiento de digestión es romper todos los enlaces de nitrógeno de la muestra y convertir todo el nitrógeno unido orgánicamente en iones amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). El carbono orgánico y el hidrógeno forman dióxido de carbono y agua. En este proceso la materia orgánica se carboniza dando lugar a la formación de una espuma negra. Durante la digestión, la espuma se descompone y finalmente se convierte en un líquido claro que indica que la reacción química ha terminado.

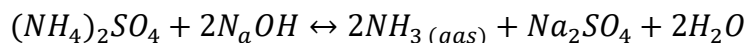
Para ello, la muestra se mezcla con ácido sulfúrico a temperaturas entre 350 y 380 °C. Cuánto más alta sea la temperatura, más rápido será el proceso de digestión. La digestión también se puede acelerar con la adición de sales y catalizadores. Se añade sulfato de potasio y/o sulfato de sodio para aumentar el punto de ebullición del ácido sulfúrico y se añaden catalizadores para aumentar la velocidad y la eficiencia del procedimiento de digestión. También se pueden añadir agentes oxidantes para mejorar aún más la velocidad. El tiempo de digestión depende de la estructura química de la muestra, la temperatura, las cantidades de sal sulfato y de catalizador.



Una vez la digestión ha finalizado, se deja enfriar la muestra a temperatura ambiente, se diluye con agua y se trasvasa a la unidad de destilación.

### 3.3.3 Destilación

La muestra ácida se neutraliza por medio de una solución concentrada de hidróxido sódico. Durante el proceso de destilación los iones amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) se convierten en amoníaco (NH<sub>3</sub>) que es arrastrado al vaso receptor por medio de una corriente de vapor de agua (destilación al vapor).



El vaso receptor para el destilado se llena con una solución absorbente para capturar el gas amoníaco disuelto. La solución absorbente más común es el ácido bórico [B(OH)<sub>3</sub>] en solución

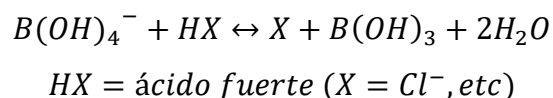
acuosa al 2-4%. También pueden utilizarse otros ácidos, dosificados con precisión, como el ácido sulfúrico o clorhídrico para capturar el amoníaco en forma de iones amonio solvatados.

### 3.3.4 Valoración

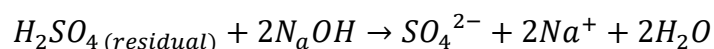
La concentración de los iones amonio capturados puede determinarse por medio de dos tipos de valoración:

- Cuando se utiliza el ácido bórico como solución absorbente, posteriormente se lleva a cabo una valoración ácido-base utilizando una solución estandarizada de ácido sulfúrico o clorhídrico. El rango de concentración de la solución utilizada varía entre 0,01 mol/L a 0,5 mol/L dependiendo de la cantidad de iones amonio presentes.

La detección del punto final se puede realizar manualmente, con una valoración **colorimétrica**, utilizando una combinación de indicadores. La combinación de indicadores de rojo de metilo y azul de metileno se utiliza con frecuencia en muchos métodos. El punto final de la valoración también se puede determinar potencio-métricamente con un **electrodo de pH**. Esta valoración se llama **valoración directa**.



- Cuando se utiliza una solución valorada de ácido sulfúrico como solución absorbente, el ácido sulfúrico residual (es decir, el exceso que no reacciona con NH<sub>3</sub>) se valora con una solución estandarizada de hidróxido sódico y la cantidad de amoníaco se calcula por diferencia. El punto final se detecta con un indicador de color, el más utilizado es el rojo de metilo. Esta valoración se llama **valoración indirecta o por retroceso**.



## **CAPITULO IV**

## **4.0 PRODUCTO FINAL.**

### **4.1 Título de la Practica.**

#### **4.1.1 Elaboración de la práctica de laboratorio para la determinación de proteína en corte lomo de res por medio del método de Kjeldahl.**

### **4.2 Introducción:**

La presente práctica tiene como objetivo la elaboración del procedimiento de laboratorio para la determinación del contenido de proteína en corte lomo de res, a partir del nitrógeno proteico utilizando el método de Kjeldahl.

Como es bien sabido el método de Kjeldahl se basa en tres etapas: Digestión, Destilación y valoración aplicando estas etapas se busca verificar teóricamente el porcentaje de proteína a partir del nitrógeno proteico presente en la muestra analizada, se describe la información general de la muestra, su preparación para ser procesada utilizando equipo moderno que ayudan a realizar el análisis más prácticos y permitiendo de manera automatizada obtener los porcentajes deseados de la muestra a analizar .

Al obtener el porcentaje de proteína en la muestra se pueden obtener los resultados mediante fórmulas establecidas el cual será comparado con tablas establecidas por INCAP 2012 Composición de alimentos en 100 gramos de Porción comestible.

### **4.3 Objetivos.**

4.3.1 Describir detalladamente cada etapa del procedimiento: digestión, destilación y valoración.

4.3.2 Analizar la importancia del método de Kjeldahl en la evaluación nutricional de alimentos de origen animal, como el lomo de res.

### **4.4 Tipo de análisis y fundamento.**

El tipo de análisis seleccionado para realizar la práctica es un método volumétrico, universalmente estándar para la determinación de nitrógeno total es conocido como método de Kjeldahl-Willfart-Gunninfg. En 1883, el danés Kjeldahl trabajó en un método para determinar nitrógeno orgánico como parte de sus estudios sobre los cambios en las proteínas de los granos usados en la industria de bebidas.

El método planteado por Kjeldahl considera tres etapas fundamentales, las cuales son: Digestión, Destilación y Valoración.

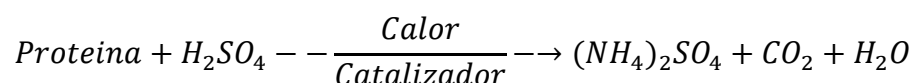
Para la etapa de digestión, Kjeldahl utilizó originalmente una solución de permanganato de potasio con el fin de oxidar toda la materia orgánica, pero los resultados obtenidos no fueron satisfactorios.

En 1885, Willfarth observó que, realizando la digestión con ácido sulfúrico concentrado y en caliente, se obtienen resultados satisfactorios. Cuatro años más tarde Gunning sugirió la adición de sulfato de potasio para elevar el punto de ebullición de la mezcla y acortar así los tiempos de digestión. De ahí el método se conoce con el nombre de los tres autores, aunque en la actualidad aparece mayoritariamente reportado como método de Kjeldahl.

Los fundamentos de cada una de las etapas se describen a continuación.

- Digestión:

Se emplea ácido sulfúrico concentrado y sulfato de cobre como catalizador, con ayuda de calor y sulfato de potasio oxidan la materia orgánica hasta CO<sub>2</sub> y agua y transforman todo el nitrógeno amínico (NH<sub>2</sub>) e imínico (NH=NH) provenientes de proteínas y aminoácidos en ión amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). La reacción general que tiene lugar es la siguiente:



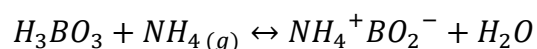
Varios catalizadores han sido empleados, entre ellos: mercurio, cobre y selenio. Cuando la digestión termina, la solución queda transparente, libre de partículas carbonosas. En el caso de haber empleado como catalizador el sulfato de cobre, la solución toma un color azul verdoso.

- Destilación:

En la muestra digerida se trata con álcali (NaOH 40% m-V) añadido en exceso, el cual reacciona descomponiendo el sulfato de amonio en amoníaco, que es volátil y se destila por arrastre con vapor. La reacción que tiene lugar es la siguiente:

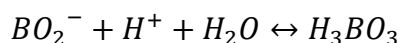


El amoníaco destilado se recoge en un Erlenmeyer con una mezcla de indicadores (bromocresol verde-rojo de metilo) y solución alcohólica de ácido bórico. La reacción que ocurre es:



-Valoración:

El borato de amonio formado se valora entonces utilizando como patrón valorante una solución estandarizada de ácido clorhídrico, según:



El punto final de la valoración estará a pH ácido, por la presencia de ácido bórico finalmente formado: El contenido de nitrógeno finalmente calculado se multiplica por un factor característico de cada alimento y se obtiene entonces el contenido de proteínas totales. Los factores de conversión utilizados para algunos alimentos se relacionan en la tabla a continuación:

**Tabla N° 6.** Factores de proteínas para algunos alimentos.<sup>11</sup>

Alimentos	Factor de proteína
Productos cárnicos	6.25
Huevos	6.25
Leche	6.38
Arroz	5.95
Maíz	6.25
Harina de trigo	5.7

Fuente: Norma COVENIN 1195-80. Norma Venezolana. Alimentos determinación de nitrógeno método de Kjeldahl.

Los factores de conversión para cada tipo de alimento han sido estimados a través de la determinación de nitrógeno total a una proteína patrón característica de cada alimento. Así por ejemplo se ha determinado que las proteínas cárnicas poseen un 16% de nitrógeno. Quiere decir que 100 g de proteínas cárnicas contiene 16 g de nitrógeno.

Entonces: Factor de conversión =  $\frac{100}{16} = 6.25$

De aquí que el factor de conversión de nitrógeno en los productos cárnicos es 6.25.

La técnica operatoria que se describe a continuación corresponde con el método de determinación de nitrógeno en el cual se emplea un equipo micro Kjeldahl, que tiene como ventaja utilizar pequeñas cantidades de muestra y reactivos.

#### **4.5 Información general de la muestra.**

La carne de res proviene del ganado vacuno y es una fuente rica de proteínas de alto valor biológico, hierro hemo, zinc, y vitaminas del complejo B, especialmente B12. El lomo de res es uno de los cortes más apreciados y costosos. Se extrae de la parte dorsal del animal, específicamente de la región lumbar, entre las costillas y la cadera.

Preparación de la muestra.

Secar en estufa el corte lomo de res a 105 °C por 12-24 horas.

#### **4.6 Desarrollo de la práctica.**

##### 4.6.1 Reactivos

- Tabletas Kjeldahl
- Ácido sulfúrico concentrado
- Hidróxido de sodio 10 N
- Ácido bórico al 4% p/v
- Ácido clorhídrico o sulfúrico
- Indicador rojo de metilo o azul de metileno

##### 4.6.2 Material y equipos

- Balanza analítica de 1 mg de sensibilidad mínima
- Tubos de mineralización
- Digestor automático de Kjeldahl
- Destilador automático de Kjeldahl
- Matraz de 500 mL
- Erlenmeyer de 500 mL

#### 4.6.3 Procedimiento.

- Triturar 100.0g de corte lomo de res previamente secado. (ver figura N° 2).
- Pesar 5.0 g de muestra en balanza analítica. (ver figura N° 3).
- Transferir la muestra pesada a los tubos de Kjeldahl y agregar las tabletas de Kjelcat para aumentar el punto de ebullición. (Ver figura N° 4).
- Colocar los tubos en una gradilla colectora. (Ver figura N° 5).
- Añadir 20.0 mL de ácido sulfúrico. (Ver figura N° 6).
- Insertar la gradilla en el Digestor automático, colocar el colector de vapores, seleccionar el método e iniciar el proceso Kjeldatermo, opera de forma totalmente automática y supervisa el proceso de digestión, el lavador de gases se pone en marcha automáticamente. (Ver figura N° 7).
- Después de 10 minutos el ácido sulfúrico reacciona con la muestra.
- Después de 30 minutos el ácido sulfúrico condensado vuelve a la solución de digestión, el humo blanco y la solución de digestión translúcida indican que la reacción está casi terminada.
- Después de 60 a 120 minutos la digestión a finalizado el humo blanco se separa de la solución de digestión translúcida.
- Se procede a la destilación y valoración: Después de enfriar se adicionan al tubo de digestión 50.0 mL de agua destilada, se pone en el soporte del destilador y se adiciona una cantidad suficiente de hidróxido sódico 10.0 N, en cantidad suficiente (50.0 mL aprox.) para alcalinizar fuertemente el medio y desplazar el amoníaco de las sales amónicas. El amoníaco liberado es arrastrado por el vapor de agua inyectado en el contenido del tubo durante la destilación, y se recoge sobre una disolución de ácido bórico al 4 % p/v. (Ver figura N° 8).
- La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realiza por medio de volumetría ácido-base del ión borato formado, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno Los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoníaco destilados. (Ver figura N° 9).



**Figura N° 2.** Triturador de carne.<sup>12</sup>



**Figura N° 3.** Pesaje de la muestra.

Fuente: Eduardo Angulo. Peso de la muestra (imagen generada por IA)



**Figura N° 4** Muestra + tabletas Kjelcat.

Fuente: Eduardo Angulo muestra + tabletas de Kjelcat (imagen generada por IA)



**Figura N° 5.** Gradilla colectora<sup>13</sup>.



**Figura N° 6.** Agregación de ácido sulfúrico a la muestra<sup>4</sup>.



**Figura N° 7.** Digestor automático de Kjeldahl<sup>14</sup>



**Figura N° 8.** Equipo para la destilación de la muestra (destilador de Kjeldahl)<sup>15</sup>.



**Figura N° 9.** Analizador automático de Kjeldahl (determina el % de nitrógeno de la muestra)<sup>16</sup>.

#### 4.6.4 Calculo.

De la valoración se puede calcular el número de equivalentes de nitrógeno recogidos y con estos datos se obtiene el porcentaje de nitrógeno en la muestra:

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{V * N * 0.014 * 100}{m}$$

Donde:

V= Volumen de ácido clorhídrico empleado en la titulación en mL.

N=Normalidad del ácido clorhídrico.

m= Peso de la muestra en gramos.

0.014 miliequivalentes del nitrógeno.

Para calcular el porcentaje de proteína basta con multiplicar por el factor de conversión de nitrógeno calculado. El contenido de nitrógeno en diferentes Proteínas es aproximadamente el 16 % por lo que multiplicando el porcentaje del nitrógeno obtenido por el factor 6.25 se obtiene la cantidad de Proteínas presentes en los alimentos.

Por lo tanto, si se tiene:

V= 6.1 ml gastados de ácido clorhídrico.

N=0.1 N

m= 5.0g

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{6.1 * 0.1 * 0.014 * 100}{5}$$

$$\% \text{ Nitrogeno} = 0.1708$$

El valor anterior 0.1708 gramos es el total del nitrógeno obtenido en la titulación con este encontramos los gramos contenidos en corte lomo de res.

$$gN/100g = 0.1708 \times 6.25$$

$$g \text{ de corte lomo de res} = 1.07$$

Por cada 5 gramos de corte lomo de res se tiene 1.07 g de proteína.

#### **4.7 Normativa para interpretar los resultados.**

4.7.1 Tabla INCAP 2012 Composición de alimentos en 100 gramos de Porción comestible La Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica (INCAP), es una referencia importante para

profesionales de la salud, nutricionistas, investigadores y otros expertos que trabajan en el campo de la nutrición en América Central y Panamá.

Esta tabla proporciona información detallada sobre la composición nutricional de una amplia gama de alimentos consumidos comúnmente en la región. Incluye datos sobre los nutrientes principales, como proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales, así como también información sobre contenido de fibra, agua y otros componentes relevantes para la salud y la nutrición.

La Tabla INCAP es valiosa para la evaluación de la ingesta dietética, el diseño de dietas balanceadas, la planificación de programas de nutrición y la investigación en el campo de la alimentación y la nutrición. Permite a los profesionales de la salud y a los planificadores de políticas tener una comprensión precisa de la composición de los alimentos locales y su impacto en la salud de la población.

Es importante destacar que estas tablas se actualizan periódicamente para reflejar cambios en la disponibilidad de alimentos y en los patrones de consumo, así como para incorporar nuevos datos de investigación sobre la composición nutricional de los alimentos.

En la siguiente tabla se describe los valores proteicos de la carne res magra por cada 100.0g

**Tabla N° 7.** Valores proteicos por cada 100.0 g<sup>10</sup>.

Código	Nombre	Agua %	Energía Kcal	Proteína g	Grasa total g	Carbohidrato g	Fibra diet.total g	Ceniza g
5021	Carne de res magra cruda	72.15	126	22.03	3.5	0.00	0.00	1.06

Fuente: Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. Tabla de composición de Alimentos de Centroamérica Segunda edición. Febrero 2012.

## **CAPITULO V**

## 5.0 CONCLUSIONES.

1. El corte lomo de res es un alimento versátil y nutritivo, también tiene beneficios importantes para la salud, comprender su composición y las propiedades de sus nutrientes, así como la importancia de los minerales en nuestra dieta, ayuda a tomar decisiones informadas sobre nuestra alimentación. Además, las técnicas analíticas permiten asegurar la calidad y composición de los alimentos que consumimos.
2. Conociendo el método de Kjeldahl se puede implementar la técnica de análisis propuesta en esta investigación se establece que puede ser usado para conocer el contenido de proteína en el corte lomo de res consumido por una gran parte de la población.
3. El documento demuestra que el método de Kjeldahl es un procedimiento teórico y normativo robusto para la determinación del nitrógeno total y, por conversión, de la proteína bruta en carne (digestión → destilación → valoración). Se constata que, si bien el método no discrimina nitrógeno no proteico, su larga aceptación (AOAC/ISO/Codex) y su fundamento químico lo hacen apropiado para evaluar el contenido proteico del lomo de res y para fines educativos y de control de calidad.
4. La práctica propuesta es completa y aplicable en un entorno académico: incluye preparación de muestra (secado, trituración), reactivos ( $H_2SO_4$ , Kjelcat, NaOH, ácido bórico), equipo (digestor y destilador automáticos, balanza analítica) y cálculos (normales y factor 6.25). El protocolo detalla tiempos y volúmenes (p. ej. 5 g muestra, 20 mL  $H_2SO_4$ , destilación con captura en borato) y contempla normativa comparativa (tablas INCAP), por lo que constituye una guía operativa adecuada para la enseñanza y para generar resultados replicables cuando se respete muestreo y manejo de la muestra.
5. Se identifican limitaciones intrínsecas del método entre ellas la incorporación de nitrógeno no proteico (bases púricas, creatina, urea) y la dependencia de condiciones de digestión/destilación que pueden alterar la exactitud del valor de «proteína bruta». El trabajo incluye recomendaciones pertinentes: ajustar condiciones de digestión (catalizadores, tiempo/temperatura), garantizar muestreo representativo y formación del personal, y promover el uso de equipos automatizados para mejorar repetibilidad y seguridad; estas medidas mitigan errores sistemáticos y elevan la validez de los resultados.

## **CAPITULO VI**

## 6.0 RECOMENDACIONES.

1. A los docentes de la Facultad de Química y Farmacia poder incluir y adecuar esta metodología de análisis de proteína de corte lomo de res por el método de Kjeldhal descrita en esta investigación, en alguna de las asignaturas para poder ampliar las competencias de los estudiantes.
2. Incentivar a los estudiantes de la Facultad de Química y Farmacia a participar en proyectos de investigación relacionados con la química analítica y la nutrición, brindándoles la oportunidad de aplicar lo aprendido en un contexto práctico y contribuir a la generación de conocimiento.
3. Para mejorar la precisión y reproducibilidad del método de Kjeldahl en el análisis de muestras cárnicas, es recomendable ajustar las condiciones de digestión, destilación y valoración según las características específicas de cada muestra. Esto incluye la selección adecuada de catalizadores y la optimización de las temperaturas de digestión.
4. Se recomienda que los profesionales y estudiantes que utilicen el método de Kjeldahl reciban capacitación continua en el manejo de los equipos y reactivos, así como en la interpretación de los resultados. Esto garantizará la correcta aplicación del método y la obtención de datos confiables.
5. Mantener una cultura de actualización con las normativas y estándares internacionales, como los establecidos por la AOAC y el Codex Alimentarius, es crucial para asegurar que los análisis realizados cumplan con los requisitos de calidad y validez reconocidos a nivel global.
6. Implementar la integración de tecnología, pues la incorporación de equipos automatizados, como digestores y destiladores automáticos, puede mejorar la eficiencia y precisión del método de Kjeldahl. Estos equipos permiten realizar análisis más rápidos y con menor margen de error, facilitando el trabajo en el laboratorio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2015). Fundamentos de química analítica (9ª ed.). Editorial McGraw-Hill.  
[https://www.surcosistemas.com.ar/virtual/ebooks/QUIMICA\\_ANALITICA\\_Novena\\_edicion.pdf](https://www.surcosistemas.com.ar/virtual/ebooks/QUIMICA_ANALITICA_Novena_edicion.pdf)
2. Day, R. A., & Underwood, A. L. (2008). Análisis químico cuantitativo (6ª ed.). Editorial Prentice Hall.
3. Hector Zumbado Hernandez (2004). Analisis químico de los alimentos métodos clásicos.  
<https://juliocruz82.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/08/analisis-quimico-de-los-alimentos-mc3a9todos-clc3a1sicos.pdf>
4. El método analítico de Kjeldahl. Disponible en: <https://www.gerhardt.de/es/know-how/metodos-analiticos/el-metodo-kjeldahl>
5. Determinación de macronutrientes y micronutrientes en el despiece de carne de las principales especies de abasto. FEN-FEDECARNE (2009).
6. Teresa Valero Gaspar, Susana del Pozo de la Calle, Emma Ruiz Moreno, José Manuel Ávila Torres Gregorio Varela Moreiras. (2010). Guía nutricional de la carne. Disponible en: <https://www.fen.org.es/aplicaciones/fedecarne-fen/pdf/guianutricion.pdf>
7. García Martínez, EM.; Fernández Segovia, I. (2012). Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/16338>
8. Compendio C. Gerhardt. Análisis de nitrógeno, El método de Joan Kjeldahl. Disponible en: [https://www.gerhardt.de/fileadmin/Redaktion/downloads/Stickstoffanalyse\\_-\\_Die\\_Methode\\_von\\_Johan\\_Kjeldahl\\_gekuerzt\\_f\\_Homepage-spa-ES.pdf](https://www.gerhardt.de/fileadmin/Redaktion/downloads/Stickstoffanalyse_-_Die_Methode_von_Johan_Kjeldahl_gekuerzt_f_Homepage-spa-ES.pdf)
9. Zumbado Fernández H. Análisis químico de los alimentos: métodos clásicos. Ciudad de La Habana: Editorial Universitaria; 2008. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/biblioues/71301?page=235>

10. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. Tabla de composición de Alimentos de Centroamérica Segunda edición. Febrero 2012.
11. Norma COVENIN 1195-80. Norma Venezolana. Alimentos determinación de nitrógeno método de Kjeldahl. Disponible en: <https://www.scribd.com/doc/47222787/1195-80>
12. Retsch GmbH. (s. f.). Molino de cuchillas GRINDOMIX GM 200. Disponible en: <https://website.cimatec.pe/wp/producto/molino-de-cuchillas-grindomix-gm200-retsche-2/>
13. Freepik Company S.L.U. (2021, 17 julio). Tubos de ensayo de vidrio en un soporte de metal: equipo de laboratorio, poca profundidad de campo [Fotografía]. Freepik. Disponible en: [https://www.freepik.es/fotos-premium/tubos-ensayo-vidrio-soporte-metal-equipo-laboratorio-poca-profundidad-campo\\_16130951.htm](https://www.freepik.es/fotos-premium/tubos-ensayo-vidrio-soporte-metal-equipo-laboratorio-poca-profundidad-campo_16130951.htm) Freepik
14. VELP Scientifica. (s. f.). DKL 12 Automatic Digestion Unit [Página de producto]. Recuperado de <https://www.velp.com/en-ww/dkl-12-automatic-digestion-unit.aspx?srsltid=AfmBOop0WYpU4PRCuEq2QGdvedcyAEu7irBg0M0ZHTZM=>
15. VELP Scientifica. (s. f.). UDK 149 Destilador automático Kjeldahl [Página de producto]. Disponible en: <https://www.velp.com/es-sa/udk-149-destilador-kjeldahl-automatiko.aspx?srsltid=AfmBOorphQGSrCMhceRsfRyCNp3fVKD0QGcLIAOUILQzeRKO259B5SAq> Velp
16. C. Gerhardt GmbH & Co. KG. (s. f.). Analizador Kjeldahl completamente automático con automuestreador [Página de producto]. Disponible en: <https://www.gerhardt.de/es/productos/analizador-kjeldahl-completamente-automatiko-con-automuestreador/>