

CODIGO B1
M-21670

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL Y ACADÉMICA DE CIENCIAS
DE LA NUTRICIÓN



“EFECTO CARDIOPROTECTOR DEL CONSUMO DEL EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE LA CHÍA (*Salvia hispánica*) SOBRE EL COLESTEROL TOTAL EN *Rattus norvegicus* VARIEDAD *Wistar* CON HIPERCOLESTEROLEMIA INDUCIDA EXPERIMENTALMENTE AREQUIPA 2015”

Tesis presentada por las Bachilleres:
ANCO CHOQUEHUANCA ARELY
MASSIEL
SIVANA COLQUE SAYDA CARIDAD,
Para optar el Título Profesional de
Licenciadas en Nutrición Humana.

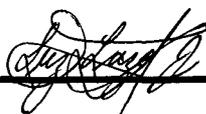
AREQUIPA - PERU
2015

Ubicación Física - B-1
K-02-01-26

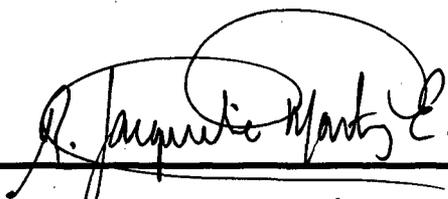
JURADO CALIFICADOR



**Mg. CARMEN RODRÍGUEZ MORE
PRESIDENTA**



**Mg. LUZ LAZO JIMÉNEZ
SECRETARIA**



**Dra. JACQUELINE MARTÍNEZ ESPINOZA
MIEMBRO**

DEDICATORIA

A Dios el creador de todas las cosas por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera y ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de experiencias y sobre todo felicidad.

En especial con mucho amor y cariño a mis padres José y Doris que son el motor de mi vida por su apoyo incondicional, consejos, comprensión, amor, por su ayuda en los momentos difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona mis valores, mis principios, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos. Todo lo que soy es gracias a ellos.

A mis hermanas Ruth y Fanny que más que mis hermanas son mis verdaderas amigas que siempre han estado junto a mí y han estado brindándome su apoyo incondicionalmente.

Eres el reflejo de mi hermana de una de las mujeres que más quiero en esta vida. Tu mi pequeña Saori, tus sonrisas, tus gestos, tu cariño son grandes manifestaciones de afecto, son una gran bendición de Dios para nuestra familia.

A mi abuelita Victoria a quien nunca pudo físicamente estar en los momentos de mis logros, se desde el cielo siempre me cuida y me guía para que todo salga bien ahora está en mi corazón, en mi esencia sus últimos gestos fueron estudiar y aquí estoy culminando este gran paso.

A mis abuelitos Elías y Juana porque siempre estuvieron en cada logro mío porque creyeron en mí y siempre tuve su apoyo incondicional y a toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

Arely Massiel Anco Choquehuanca

DEDICATORIA

A Dios por cada segundo que me brinda, por cada uno de mis sentidos, sin ellos no hubiese logrado este sueño, por haberme brindado una familia y dado la dicha de ser madre sin todo ello no estaría dando este gran paso, no solo me dio los medios necesarios sino me desbordo en atenciones frente a las dificultades que se me presento.

A cada miembro de mi familia mi madre siempre alentándome y brindándome su amor, a mi padre por haberme brindado la vida, a mis hermanas con ser un ejemplo a seguir sus acciones son para mi más que palabras, a mi hermano menor y a mis sobrinos por regalarme una sonrisa. Siempre serán mi motivación para seguir adelante y puedan estar muy orgullosos de mí.

A mi esposo Luis Miguel por haberme brindado su compañía, apoyo moral, estímulo y todos esos sentimientos maravillosos y necesarios para continuar y por haberme hecho mama de una hermosa bebe.

A mi hija Darla Solang mi principal motivación en este recorrido, mi luz, mi fuerza, ánimo y compañía porque sin ella no lo hubiese logrado, en los momentos más difíciles fue ella quien me impulso a seguir. El cansancio, la fatiga, la falta de ánimo, pues con ella era menor casi inexistente, a pesar de lo difícil que es hacer varias cosas al mismo tiempo pues siempre la dicha de ser madre me impulso a continuar.

Sayda Caridad Sivana Colque

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer primero a Dios por que nos dio el don de la perseverancia para alcanzar nuestra meta.

Agradecemos a nuestra asesora Mg. María Collantes, sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamental para el logro de esta gran meta, a su manera, ha sido capaz de ganarse nuestra lealtad y admiración, así como sentirnos en deuda con ella por todo lo recibido durante el periodo de tiempo que ha durado esta tesis.

A nuestras compañeras y compañeros ya que con ellos vivimos los buenos y malos momentos que solo se viven en la Universidad y que con algunos más que compañeros fuimos verdaderamente amigos ¡Muchas Gracias!

Índice

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Índice	
Resumen	13

Capítulo I

Introducción

14

Introducción	15
1.1. Justificación	16
1.2. Planteamiento del problema	18
1.3. Hipótesis	18
1.4. Objetivos	18
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos específicos	18
1.5. Variables	19
1.5.1. Variable independiente	19
1.5.2. Variable dependiente	19
1.6. Indicadores	19
1.6.1. Indicadores de la variable independiente	19
1.6.2. Indicadores de la variable dependiente	19
1.7. Operacionalización de variables.	20



Capítulo II. Marco Teórico

21

2.1. Antecedentes	22
2.2. Origen y descripción taxonómica de la planta y semilla de la chía	23
2.2.1. Origen de la planta y de la semilla de Chía	23
2.2.2. Botánica y jerárquica taxonómica	24
2.2.3. Composición de la semilla chía, sus propiedades nutricionales y biodisponibilidad	27
2.2.4. Ácidos grasos poliinsaturados en la semilla de Chía	27
2.2.4.1. Ácidos grasos Omega-3	29
2.2.4.2. Importancia de Ácido Eicosapentanoico (EPA) y Ácido Docosahexanoico (DHA)	31
2.2.4.3. Ácidos grasos Omega-6	32
2.2.4.4. Balance Omega-6 / Omega-3	32
2.2.4.5. Fuentes alimentarias de ácidos poliinsaturados	34
2.2.5. Proteínas y aminoácidos contenidos en la semilla de Chía	36
2.2.6. Vitaminas y Minerales	39
2.2.7. Antioxidantes	40
2.2.8. Biodisponibilidad	41
2.2.9. Obtención y aplicación de los subproductos de la Chía	42
2.2.10. Colesterol	43
2.2.10.1. Concepto	43
2.2.10.2. Fuentes de colesterol	44
2.2.10.2.1. Fuentes exógena	44
2.2.10.2.2. Fuente endógena	45
2.2.10.2.3. Funciones	45
2.2.10.4. Metabolismo del colesterol	46
2.2.11. Triglicéridos	47
2.2.11.1. Secreción y utilización de los triglicéridos de la dieta	47
2.2.12. Lipoproteínas	49

2.2.12.1. Concepto y funciones	49
2.2.12.2. Quilomicrones	50
2.2.12.2.1. Metabolismo	50
2.2.12.3. Las Lipoproteinas de muy baja densidad (VLDL)	51
2.2.12.4. Metabolismo	51
2.2.12.5. Las Lipoproteinas de alta densidad (HDL)	52
2.2.12.5.1. Metabolismo	52
2.2.12.6. las Lipoproteinas de baja densidad (LDL)	53
2.2.12.6.1. Metabolismo	53
2.2.13. Las Dislipidemias	54
2.2.13.1. Definición	54
2.2.13.2. Clasificación Etiopatogenica	54
2.2.13.2.1. Hiperlipidemias primarias	54
2.2.13.2.2. Hiperlipidemias secundarias	55
2.2.14. Aterosclerosis	56
2.2.14.1. Mecanismo de la Aterogenesis	57

Capítulo III.

Metodología 59

3.1. Tipo de Estudio	60
3.2. Diseño de estudio	60
3.3. Lugar de Experimentación	60
3.4. Unidades Experimentales	60
3.4.1. Criterios de Inclusión	60
3.4.2. Criterios de Exclusión	61
3.5. Formulación y extracción del extracto acuoso	61
3.6. Producción de hipercolesterolemia experimental	63
3.7. diseño Experimental	64
3.7.1. Descripción de diseño experimental	65
3.8. Determinación de colesterol	66
3.8.1. Procedimiento	66

3.9. Determinación del HDL-C	67
3.9.1. Fundamento	67
3.9.2 Procedimientos	67
3.10. Método del índice de Castelli	68
3.10.1. Fundamento	68
3.10.2 Procedimiento	68
3.11. Recursos	68
3.11.1. Recursos de materiales-equipos y reactivos	68
3.11.2. Recursos humanos	70
3.12. presupuesto	70
3.13. tratamiento estadístico	71

Capítulo IV.
Resultados y Discusión 72

4.1. Resultados	73
4.2. Discusión	84

Capítulo V.
Conclusiones y Recomendaciones 87

Conclusiones	88
Recomendaciones	89
Bibliografía	90
Anexos	

Índice de Tablas

Tabla N° 1	
Jerarquía taxonómica de la chía	26
Tabla N° 2	
Contenido de ácidos grasos en la semilla de la chía	28
Tabla N° 3	
Funciones eicosanoides	30
Tabla N° 4	
Valores de omega 3 y omega 6 en alimentos de origen animal y vegetal	35
Tabla N° 5	
Composición de ácidos grasos presentes en el aceite de la chía	36
Tabla N° 6	
Contenido de aminoácidos de la semilla y harina desengrasada de la chía	38
Tabla N° 7	
Vitaminas y elementos esenciales en semilla en semilla y harina desengrasada de la chía	39
Tabla N° 8	
Composición lipídica de complejos lipídicos	50

Índice de Cuadros

Cuadro N° 1	
Comparación del extracto acuoso de la semilla de la chía (Salvia hispánica) sobre los niveles de colesterol total (CT) en basal, a los 15; 30 y 45 días, unidades experimentales con hipercolesterolemia	73
Cuadro N° 2	
Comparación del extracto acuoso de la semilla de la chía (Salvia hispánica) sobre los niveles de colesterol HDL (HDL-C) en basal, a los 15; 30 y 45 días, unidades experimentales con hipercolesterolemia	76
Cuadro N° 3	
Comparación del extracto acuoso de la semilla de la chía (Salvia hispánica) en el Índice de Castelli a los 30 días en unidades experimentales con hipercolesterolemia	79
Cuadro N° 4	
Comparación del Índice de Castelli en unidades experimentales con hipercolesterolemias que recibieron extracto acuoso de la semilla de la chía (Salvia hispánica) a los 45 días.	82

Índice de Gráficos

Grafico N° 1

Comparación del extracto acuoso de la semilla de la chía (Salvia hispánica) sobre los niveles de colesterol total (CT) en basal, a los 15; 30 y 45 días, unidades experimentales con hipercolesterolemia

75

Grafico N° 2

Comparación del extracto acuoso de la semilla de la chía (Salvia hispánica) sobre los niveles de colesterol HDL (HDL-C) en basal, a los 15; 30 y 45 días, unidades experimentales con hipercolesterolemia

78

Grafico N° 3

Comparación del extracto acuoso de la semilla de la chía (Salvia hispánica) en el Índice de Castelli a los 30 días en unidades experimentales con hipercolesterolemia

81

Grafico N° 4

Comparación del Índice de Castelli en unidades experimentales con hipercolesterolemias que recibieron extracto acuoso de la semilla de la chía (Salvia hispánica) a los 45 días

83

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se determinó el efecto cardioprotector del consumo del extracto acuoso de la semilla de la Chía *Salvia hispánica* sobre el colesterol total en *Rattus norvegicus* variedad *Wistar* con hipercolesterolemia inducida experimentalmente Arequipa-2015.

Para lo cual se emplearon 40 unidades experimentales *Rattus norvegicus* variedad *Wistar* en los cuales se realizó la determinación basal del colesterol total y colesterol de alta densidad (C-HDL), por el método enzimático. Luego se indujo a hipercolesterolemia durante 15 días para volver a determinar el colesterol total y C-HDL el día 15. Se dividió en 5 grupos de 8 unidades cada uno y se le administro extracto acuoso de savia hispánica, en diferentes dosis de acuerdo al grupo de tratamiento durante 30 días por vía orogastrica: 1; 1.5y 2 g/kg de peso de extracto acuoso en el tratamiento 1; 2 y 3 respectivamente, en el tratamiento control y el tratamiento blanco se administró su dieta habitual, a los 30 y 45 días finalizando así el tratamiento. Con los resultados obtenidos se determinó el efecto cardioprotector con el Índice de Castelli.

Los resultados obtenidos en el presente estudio se nota que el tratamiento 1(1.0g. de extracto acuoso), tratamiento 2(1.5g. de extracto acuoso) presenta mayor efectividad en mejorar los niveles de colesterol total (CT) a los 30 y 45 días frente a los otros tratamientos. En relación a los valores de C-HDL se obtuvieron valores similares a los 30 días y 45 días por los tratamientos 1,2 y 3. En relación al Índice de Castelli a los 30 días se nota que los tratamientos 1 y 2 presentan riesgo bajo y el tratamiento 3 nos indica un riesgo moderado, a los 45 días los tratamientos 1,2 y 3 presenta un índice de Castelli de riesgo moderado.

De acuerdo a los resultados obtenidos demuestran que los tratamientos 1 y 2 a los 30 días puede ser considerado como una alternativa en el manejo de hipercolesterolemia para disminuir los niveles de colesterol total y HDL-C.

Capítulo I.

Introducción

Introducción

Las enfermedades cardiovasculares son altamente prevalentes y es la causa más frecuente de muerte en las diferentes partes del mundo aunque esa mortalidad muestra una tendencia decreciente en los países desarrollados, aumenta en los países emergentes, como en el nuestro, a medida que disminuye la prevalencia de las enfermedades infecciosas o por desnutrición.

El origen de esta enfermedad es multifactorial, un gran avance para su prevención es la identificación mensurable de los denominados factores de riesgo cardiovascular que predisponen al desarrollo de esta afección.⁹ Las enfermedades del aparato circulatorio se encuentran entre las primeras causas de muerte en un 18.2% de las muertes registradas, afectando principalmente a personas de 50 años a más, dentro de las enfermedades circulatorias de mayor incidencia se encuentran las hiperlipidemias que en la década del 2000 al 2010 registro un incremento del 41.9% y así mismo el 100% de las muertes registradas, principalmente del sexo masculino con un 58% y el sexo femenino el 42% de todos las muertes registradas al nivel nacional.⁹

Hoy en día sabemos del interés que existe en las personas de conocer más con respecto a la medicina alternativa u opcional, que muchas enfermedades no han sido erradicadas por los medicamentos convencionales y ha despertado cierta inclinación hacia las plantas medicinales en lo que ha creado interés por las terapias alternativas en el uso de productos naturales, los cuales requieren estudio para comprobar su efectividad y lograr un mejor aprovechamiento de estos productos naturales.¹⁰

El objetivo general de este trabajo es lograr el efecto cardioprotector con el método del índice de Castelli, parámetro con el objetivo de medir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, teniendo en cuenta tanto el colesterol total y C-HDL mediante el consumo del extracto acuoso de la semilla de la Chía, preparación en agua de la semilla de la Chía, que contiene la porción biológicamente activa en ratas con hipercolesterolemias inducidas experimentalmente.

1.4. Justificación

Las enfermedades cardiovasculares son altamente prevalentes y es la causa más frecuente de muerte en las diferentes partes del mundo aunque esa mortalidad muestra una tendencia decreciente en los países desarrollados, aumenta en los países emergentes, como en el nuestro a medida que disminuye la prevalencia de las enfermedades infecciosas o por desnutrición. El origen de esta enfermedad es multifactorial, un gran avance para su prevención es la identificación mensurable de los denominados factores de riesgo cardiovascular que predisponen al desarrollo de esta afección.⁹

Las enfermedades del aparato circulatorio se encuentran entre las primeras causas de muerte en un 18.2% de las muertes registradas, afectando principalmente a personas de 50 años a más, dentro de las enfermedades circulatorias de mayor incidencia se encuentran las hiperlipidemias que en la década del 2000 al 2010 registro un incremento del 41.9% y así mismo el 100% de las muertes registradas, principalmente del sexo masculino con un 58% y el sexo femenino el 42% de todos las muertes registradas al nivel nacional.⁹

Las acciones dirigidas a disminuir los efectos de las enfermedades cardiovasculares buscan mantener y controlar los niveles de colesterol y triglicéridos, una de las formas es el consumo de alimentos adecuados acompañado de actividad física favoreciendo así el control de estos componentes.⁹

Hoy en día sabemos del interés que existe en las personas de conocer más con respecto a la medicina alternativa u opcional, que muchas enfermedades no han sido erradicadas por los medicamentos convencionales y ha despertado cierta inclinación hacia los plantas medicinales en lo que ha creado interés por las terapias alternativas en el

uso de productos naturales, los cuales requieren estudio para comprobar su efectividad y lograr un mejor aprovechamiento de estos productos naturales.¹⁰

Los antioxidantes de la semilla de la Chía como las antocianinas, ácido alágico y otros, que en nuestro organismo lo utilizan para defenderse de los radicales libres que pueden causar ciertas enfermedades digestivas, el envejecimiento prematuro y una relación importante en el desequilibrio del colesterol sanguíneo. Logrando una protección contra las cardiopatías.¹¹

La semilla de la chía exterioriza una composición nutricional de gran interés para todo aquel que cuida su salud y alimentación 20% de proteína de origen vegetal 25% de fibra soluble y 45% de aceite entre otros nutrientes. La chía es una fuente generosa de ácidos grasos omega 3 y omega 6 de hecho, es la fuente de origen vegetal con mayor concentración de los mismos. De esta manera lograr el consumo de la Chía como una alternativa de poder escoger su tratamiento natural y económico a diferencia de un tratamiento farmacológico, pudiendo obtener los mismos o mejores resultados.¹²

El Índice de Castelli es un parámetro con el objetivo de medir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, teniendo en cuenta tanto el colesterol total y C-HDL. Por lo tanto un índice de Castelli bajo indica que la relación de colesterol bueno respecto al total es alto y de tal manera corremos un riesgo menor de enfermedad coronaria, mientras que un índice de Castelli alto indica precisamente lo contrario, un riesgo mayor de enfermedad coronaria. En conclusión un alto índice de Castelli indica un bajo efecto cardioprotector y un bajo Índice de Castelli indica un alto efecto cardioprotector.⁶

El proyecto tiene el propósito demostrar el efecto cardioprotector del consumo del extracto acuoso de la semilla de la Chía sobre el colesterol total en ratas con hipercolesterolemia mediante el Índice de Castelli.

1.5. Planteamiento del problema

- ¿Cuál será el efecto cardioprotector del extracto acuoso de la semilla de Chía (*Salvia hispánica*) sobre el colesterol total en ratas con hipercolesterolemia inducida experimentalmente?

1.6. Hipótesis

- Existe efecto cardioprotector del extracto acuoso de la semilla de Chía (*Salvia hispánica*) en colesterol total en ratas con hipercolesterolemia inducida experimentalmente.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Determinar el efecto cardioprotector del consumo del extracto acuoso de la semilla de Chía (*Salvia hispánica*) sobre el colesterol total en ratas con hipercolesterolemia inducidas experimentalmente.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Inducir a los grupos de unidades experimentales a hipercolesterolemia por medio de una dieta hiperlipídica.
- Elaborar el extracto acuoso de la semilla de la Chía para los diferentes grupos de unidades experimentales.

- Determinar el colesterol total y colesterol HDL de los diferentes grupos de unidades experimentales, al inicio (basal), a los 30 días y a los 45 días después de la ingesta.
- Determinar el efecto cardioprotector mediante el índice de Castelli de los diferentes grupos de unidades experimentales, a los 30 días y a los 45 días después de la ingesta.

1.5. Variables

1.5.1. Variable Independiente

- Extracto acuoso de la semilla de la Chía (*Salvia hispánica*)

1.5.2. Variable Dependiente

- Colesterol total
- Efecto cardioprotector

1.6. Indicadores

1.6.1. Indicadores de la Variable Independiente

- Preparación el extracto de la semilla de la chía a diferentes condiciones (1.0; 1.5 y 2.0 g/día)

1.6.2. Indicadores de la Variable Dependiente

- Colesterol total mg/dl en sangre
- Colesterol HDL mg/dl en sangre
- Índice de Castelli

1.7. Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
COLESTEROL TOTAL (Variable dependiente)	Es una molécula de grasa necesaria para el organismo de los animales en general y de la especie humana en particular.	Colesterol Total Normal Alto	< 200mg/dl > 240 mg/dl
EFECTO CARDIOPROTECTOR (Variable dependiente)	Existen dos tipos de colesterol el LDL y el HDL. El LDL transporta el colesterol a las células y órganos del cuerpo, si los niveles de LDL son muy elevados o el número de receptores es muy escaso origina el depósito de colesterol en las paredes vasculares originando la obstrucción sanguínea. Prevenir el daño vascular coronario y de los miocitos cardíacos, lo cual se obtiene por mecanismos internos del organismo y a través de diversos fármacos.	Colesterol LDL Normal alto	60-129 mg/dl >160 mg/dl
		Colesterol HDL Normal Ideal Riesgo Alto	<60mg/dl 35-65 mg/dl >65 mg/dl
EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE LA CHÍA (variable independiente)	Preparación en agua de la semilla de la Chía que contiene la porción biológicamente activa sin el residuo celular	Índice de Castelli	
		Riesgo bajo Riesgo mod. Riesgo alto	< 4.5 4.5-7.0 > 7.0
		1ra dosis Ext. Acuoso de chía	1.0 g.
		2da dosis Ext. Acuoso de chía	1.5 g.
		3ra dosis Ext. Acuoso de chía	2.0 g.

Capítulo II.
Marco Teórico

2.1. Antecedentes

Según Lombargo Y. (2009)¹. En su investigación titulada "Semilla de la chíá para tratar síndrome metabólico" de la Facultad de Bioquímica y Ciencia biológicas de la Universidad Nacional del Litoral de Chile, refiere que la semilla de la chíá (*Salvia hispánica*) tiene alta concentración de ácido alfa-linolénico, perteneciente a la serie omega-3, cuyo consumo elevado se asocia con una reducción del riesgo de enfermedad cardiovascular. A lo largo de seis meses los efectos de la sustitución parcial de la grasa dietaría por semilla de la chíá en un modelo animal particular: ratas sedentarias y con alto consumo de sacarosa que desarrollaron dislipidemias (alteraciones del colesterol y otros lípidos en la sangre), moderada hiperglucemia, resistencia a la insulina, esteatosis hepática (hígado graso) y adiposidad visceral, "todas estas alteraciones bioquímicas-metabólicas semejantes a las presentes en el síndrome metabólico del humano". Lombargo mostró en este estudio que los roedores que ingirieron chíá redujeron la adiposidad visceral, la resistencia insulínica, la esteatosis hepática y los niveles de colesterol, triglicéridos y glucemia plasmáticos.

Por otro lado Tosco G. (2000)² en su investigación titulada "Los beneficios de la Chíá en animales", de la Unión Química De Argentina (UQA), refiere que los huevos de gallinas alimentadas con dietas de chíá al 7% y al 14% tienen una relación alfa-linazalenico: DHA de 1.8 y 3.1, respectivamente. Esta relación entre el ácido graso esencial alfa-linazalénico metabolito DHA es igual a la encontrada en la leche humana.

Según Wayne C. (2006)³. En su investigación realizada en España titulada "Chía el increíble supernutriente", comprobó que la Chíá es el alimento de los corredores. Wayne, lo comprobó en el mismo, puesto que en cada carrera que realizaba, llevaba una cantidad de 10 a 20 gr de la

semilla de la chía, lo que le brindaba resistencia. Según las revisiones bibliográficas científicas que realizó Wayne, llegó a la conclusión que la semilla de la chía es un supernutriente por la cantidad de omega 3 que aporta, ya que por cada 2 cucharadas soperas se obtiene 4g de omega 3, lo que lo convierte en un alimento cardioprotector.

También Silva M. (2006)⁴. En su trabajo de investigación titulado: "La Chía (*Salvia hispánica*.), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables", encontró que los ácidos grasos insaturados principalmente tres, son: Acido Linolénico (C18:3n- 3), Acido Linoleico (C18:2n- 6) y ácido Erúcido (C18:1n- 9), siendo el Linolénico el de mayor abundancia en la semilla de Chía, lo que representa una importancia nutricional destacable porque éste participa como precursor de otros ácidos grasos esenciales y además da origen a ciertas Prostaglandinas, Leucotrienos y Tromboxanos con actividad antiinflamatoria, anticoagulante y antiagregante.

Gutiérrez G, (2012)⁵. En el trabajo de investigación que se titula "Evaluación del efecto hipolipemiante de los extractos de la semilla de chía (*Salvia hispánica*), en ratones con dieta normolipidémica e hipercolesterolémica". Nos refiere que utilizó 96 ratones con un peso aproximado de 28g., alimentados con dieta normolipidémica (DNL) (dieta molida de alimento estándar en pellets Rodent diet (5001) y agua purificada además de dieta hipercolesterolémica (DHL) (colesterol 1%, colato de sodio 0.5 %, mantequilla 5.0 %, fructosa 30 %, caseína 10 %, alimento de rata 53.5%) (Matsuda, et al, 1986) y agua purificada. Se ocupó semilla del estado de Colima, administrando sus extractos como son: semilla entera (S), harina integral (HI), harina desgrasada (HD) y aceite de la semilla (AS) en dosis de 1.3 g/kg de peso para S, HI y HD y de 2 g/kg. de peso para el AS. El aceite se extrajo con hexano por 8 horas. Gutiérrez observó disminución del 31% en la concentración de colesterol

total con respecto al grupo control; agregándose aceite de maíz en ambas dietas, una reducción de 14% y 8% en la dieta normolipidémica (DNL) con harina integral y harina desgrasada respectivamente y una disminución del 4% y 25% en ambas dietas con la semilla entera. Los Triglicéridos disminuyeron alrededor de 26 % con todos extractos en ambas dietas. Las HDL aumentaron 6% con el AS en la DHL y disminuyendo 8% en una dieta hiperlipidémica (DNL); de igual manera aumento 15% en la DNL y disminuyó 11% en la DHL con la semilla.

Según Croda, M. y col, (2014)⁶, En el trabajo de investigación titulada “Evaluación del riesgo cardiovascular empleando el Índice Castelli y los criterios Framingham en estudiantes universitarios de la Facultad de Nutrición de la Universidad Veracruzana” Se realizó un estudio de tipo descriptivo observacional y transversal en el que determinaron el riesgo coronario empleando el Índice de Castelli y los criterios de Framingham. Se utilizaron pruebas bioquímicas para la determinación del Índice de Castelli. En 338 estudiantes de la Facultad de Nutrición de los cuales 98 fueron varones y 240 mujeres de entre 18 y 26 años de edad. Croda determinó la concentración de glucosa, colesterol total, colesterol HDL, y triglicéridos y de acuerdo a los datos obtenidos por el Índice de Castelli, el 4% de la población estudiada presentaron riesgo cardiovascular, sin embargo, de acuerdo con el criterio de Framingham, la misma población tiene un 6% de factor de riesgo. La prueba de Castelli muestra que hay una similitud en el riesgo coronario entre hombres y mujeres, mientras que con la prueba complementaria de Framingham se demuestra que el sexo masculino presenta un mayor riesgo.

Según Chaves E y Romero N,(2011)⁷. En el trabajo de investigación materno infantil titulado “Índice aterogénico en pacientes perimenopáusicas”. Realizaron un estudio observacional, retro prospectivo, transversal en 173 pacientes en periodo pre y pos menopáusicos, se

calculó el Índice de Castelli como predictor de riesgo cardiovascular y se encontró que el 70.4% de pacientes pre menopáusicas se encontraban en riesgo bajo comparado con el 9.3% de pacientes post menopáusicas en contraste con el riesgo alto coronario 22% de pacientes postmenopáusicas y únicamente el 1.8% en periodo pre menopáusicas.

Según Collantes M;(2009)⁸ En el trabajo de investigación titulada “efecto del consumo de polymnia sonchifolia (yacón) en los niveles de lípidos en pacientes dislipidémicos” estudio de tipo prospectivo, pre experimental y analítico. Muestra, no aleatoria, conformada por 50 pacientes. Grupo control, conformado por 18 pacientes mientras que el grupo de tratamiento por 32 pacientes. El consumo de yacón redujo significativamente ($p<0.05$) los niveles de (lipoproteínas de muy baja densidad) VLDL de (38.1 a 30.2mg/dl), (lipoproteínas de alta densidad) LDL de (184.1 a 153.6 mg/dl), colesterol total de (267 a 230.1 mg/dl) y triglicéridos de (185.2 a 149.4 mg/dl) sin modificar los niveles de (lipoproteínas de baja densidad) HDL, los cuales se mantuvieron similares hasta el final del estudio. Para determinar el riesgo de enfermedades coronarias se evaluó con el Índice de Castelli el cual disminuyó (de 6.0 a 5.0).

2.3. Origen y descripción taxonómica de la planta y semilla de la Chía

2.3.1. Origen de la planta y de la semilla de Chía

La semilla de chía empezó a ser usada para la alimentación humana en la época precolombina, alrededor del año 3500 a.c. Tomo importancia por ser uno de los cultivos básicos en el centro de México y América central entre los años 1500 y 1900 a.c.¹⁰

El uso de la semilla y sus subproductos se remonta a la época de los Mayas y los Aztecas, quienes empleaban la semilla como alimento, medicina, ofrenda a los dioses y materia prima

para producir un aceite que era empleado como base en pinturas decorativas y ungüentos cosméticos. La harina tostada, otro de sus subproductos, era utilizada para la elaboración de una popular bebida nutritiva denominada “Chía fresca” (agua, limón, chía). Pero años después del descubrimiento de América, los cereales aportados por los españoles desplazaron su cultivo, el cual casi llegó a desaparecer. Su cultivo solo sobrevivió en las áreas montañosas de México y Guatemala y a finales del siglo pasado, el interés por la chía resurgió por considerarla buena fuente de Omega -3, fibra alimentaria, proteína y antioxidantes.¹⁰

2.3.2. Botánica y jerárquica taxonómica

La chía (*Salvia hispánica*), es una especie que pertenece a la familia de aromáticas como la menta, el tomillo, el romero y el orégano. En la tabla 1 se muestra la información sobre la jerarquía taxonómica de la chía.¹

Tabla 1. Jerarquía taxonomía de la Chía

Jerarquía	Descripción
Reino	Plantae – Planta
Subreino	<i>Trachaeobionta</i> - Planta vascular
División	<i>Magnoliophyta</i> - Angiosperma
Clase	Magnoliopsida - Dicotiledónea
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	Labiales
Familia	Lamiaceae - Menta
Género	<i>Salvia</i> L – Salvia
Especie	<i>Salvia hispánica</i> L.

Fuente por: Jaramillo Garses, Yamileth.

La Chía (Salvia Hispánica), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables [tesis para optar el grado de licenciatura de especialista en alimentación y Nutrición]. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista; 2013

Su planta tiene una altura entre un 1,0 y 1,5 metros, y sus tallos son ramificados, de sección cuadrangular con pubescencias cortas y blancas. Las hojas opuestas con bordes aserrados miden de 80 a 100 cm de longitud, y 40 a 60 mm de ancho. Sus flores de color azul intenso o blancas se producen en espigas terminales, esta descripción morfológica de las flores fue abordada por Martínez. Las semillas son ovales, suaves, brillantes y miden entre 1.5 y 2.0 mm de longitud. Según la variedad su color puede ser blanco o negro grisáceo con manchas irregulares que tienden a un color rojo oscuro.¹²

2.3.3. Composición de la semilla chía, sus propiedades nutricionales y biodisponibilidad

La chía es una semilla oleaginosa que además de su alto contenido de Omega -3 presenta en su composición otros componentes de gran interés para la nutrición humana, como la fibra, las proteínas, los antioxidantes, las vitaminas y algunos minerales. A continuación se describirá de manera detallada la composición de la semilla y su importancia con relación al valor nutritivo.¹³

2.3.4. Ácidos grasos poliinsaturados en la semilla de Chía

La semilla de Chía contiene entre un 0.25 y 0.38 g aceite / g semilla, donde los mayores constituyentes son los triglicéridos, en el que los ácidos grasos poli – insaturados están presentes en altas concentraciones, algunos autores han descrito el contenido de ácidos grasos poliinsaturados presentes en la semilla de chía.¹³

En la tabla 2 se describen los contenidos de algunos ácidos grasos reportados.

Tabla 2. Contenido de ácidos grasos (g/kg total de ácido graso) en semilla de Chía

Ácido graso según el tamaño de la cadena e instauraciones	(Peiretti & Gai, 2009)	(R. Ayerza, 1995)	(Ciates Ayerza, 1996)	& (Heuer, Yaniv, Ravina, 2002)	(R. Ayerza, Wayne Coates, 2004)
C _{16:0}	71 ± 0,64	62-71	64-79	76-87	66-77
C _{18:0}	33 ± 0,41	31-37	24-32	26-30	27-36
C _{18:1 n-9}	60 ± 0,48	73-82	60-66	61-63	68-133
C _{18:2 n-6}	188 ± 0,25	198-208	170-201	174-187	180-211
C _{18:3 n-3}	641 ± 0,87	607-634	632-678	635-651	542-642
P/S*	7.9 ± 0,66	7.6-8.8	7.7-9.3	7.3-7.8	6.7-8.7
n-6/ n-3	0.29 ± 0,00	0.31-0.33	0.25-0.32	0.27-0.29	0.29-0.38

Fuente por: Jiménez, P. composición química de la semilla de la Chía. Tomo I. Chile: Universidad de Chile; 2011

Según el contenido de ácidos grasos reportados existe una alta concentración entre los rangos tanto para los ácidos grasos saturados como los insaturados. Entre los ácidos grasos saturados se destaca que el ácido palmítico C_{16:0} se encuentra en una relación 2:1 con el ácido esteárico, C_{18:0}, respectivamente.¹³

Los resultados encontrados de los ácidos grasos insaturados versan sobre tres principalmente: ácido α -linolénico (C_{18:3 n-3}), ácido linoleico (C_{18:2 n-6}), y ácido erúxico (C_{18:1 n-9}), siendo el α -linolénico el de mayor abundancia en la semilla de Chía, lo que representa una importancia nutricional destacable porque éste participa como precursor de otros ácidos grasos esenciales y además da origen a ciertas prostaglandinas, Leucotrienos y Tromboxanos con actividad antiinflamatoria y antiagregante (PGE₃, PGI₃, TXA₄ Y LTB₅).¹³

2.3.4.1. Ácidos grasos Omega -3

Los ácidos grasos omega -3 son aquellos que derivan del ácido α -linoléico, donde este actúa en el cuerpo humano como un sustrato para la transformación del ácido Eicosapentaenoico (EPA) y ácido Docosahexaenoico (DHA), mediante la acción de las enzimas de saturación y elongación.¹³

El ácido α - linoléico a pesar de ser el principal precursor del DHA y EPA desarrolla una mínima conversión, de allí la importancia del consumo de alimentos que se conviertan en una fuente directa de EPA y DHA.¹³

Las fuentes de alimentos más ricas en Omega -3 son los aceites de pescado, en especial los de aguas frías, en estos animales se pueden encontrar en forma de EPA y DHA debido al consumo de los pescados del fitoplancton. Mientras que una de las mejores fuentes vegetales reportadas es el aceite de Chía (<60%), seguido por la linaza (57%), la colza, la soja, el germen de trigo y las nueces (entre 7 y 13%)¹³

En la Tabla 3 se muestra las funciones de los Eicosanoides como vemos a continuación.

Tabla 3. Funciones de los Eicosanoides (Charro - Salgado, 2006)

Eicosanoide	Función
Tromboxano A ₂	Agregación plaquetaria Vasoconstricción
Tromboxano A ₃	Biológicamente inactivo
Prostaglandinas I ₂	Antiagregación plaquetaria
Prostaciclina I ₂	Vasodilatación
Prostaglandinas I ₃	Antiagregación plaquetaria
Prostaciclina I ₃	Vasodilatación
Leucotrienos B ₄	Efecto proinflamatorio Estimulación de la quimiotaxis
Leucotrieno B ₅	Adhesión celular Efecto antiinflamatorio Inhibición de la quimiotaxis Inhibición de la adhesión celular

Fuente por: Jimenez, P. composición química de la semilla de la Chía. Tomo I. Chile: Universidad de Chile; 2011

En las últimas décadas, el interés de las investigaciones se han centrado principalmente, en el alto contenido de los ácidos grasos poli – insaturados (PUFAs, por sus siglas en inglés) de cadena larga, entre los cuales se destaca los ácidos grasos: el Omega-3, que se encuentra en pescados azules y se caracterizan por tener los ácidos grasos de cadenas más largas como EPA y DHA, mientras que en las fuentes vegetales se encuentra como ALA, y el Omega -6, ambos ácidos grasos son de gran importancia por ser considerados esenciales para el ser humano, ya que el organismo humano no posee las enzimas necesarias para sintetizarlos y se hace necesario obtenerlos a partir de la dieta, además de tener una alta demanda en la salud, por intervenir en la prevención de enfermedades cardiovasculares, siendo anti trombótico, anti inflamatorio, anti rítmico, favoreciendo la estabilización plaquetaria, entre otros.¹³

2.3.4.2. Importancia de Ácido Eicosapentanoico (EPA) y Ácido Docosahexanoico (DHA)

Como se mencionó anteriormente el ácido alfa linolénico es precursor de EPA y DHA y deben ser suministrados por la dieta. Estudios han revelado que el aumento en la ingesta de ácido alfa linolénico por un período de semanas a meses muestra un aumento en la proporción de EPA en los lípidos del plasma, eritrocitos, leucocitos, plaquetas, pero no se observa un incremento de DHA.¹⁰

Algunos estudios de seguimiento indican que realmente existe una conversión del ácido alfa linolénico en EPA, pero que se ve limitada en los seres humanos masculinos y con una transformación posterior en DHA relativamente bajo (Burdge GC, 2002; Emken, Adlof, & Gulley, 1994). La conversión fraccional de ácido linolénico de cadena más larga de PUFA Omega-3 es mayor en mujeres, posiblemente debido a un efecto regulador de los estrógenos.¹⁰

Por otra parte, la EPA y DHA pueden tener funciones potenciales individuales en la función de organismo humano, puesto que los suplementos enriquecidos con EPA mejoraron significativamente la angustia psicológica y los síntomas depresivos durante las transiciones de la menopausia y se han indicado como un agente anti – inflamatorio anti – caquexia efectiva (Lucas M. 2009). Por otro lado, el DHA es esencial para el crecimiento y el desarrollo funcional del cerebro, en

bebés, además de ser requerido en el mantenimiento de la función normal del cerebro en adultos.¹³

2.3.4.3. Ácidos grasos Omega -6

Los ácidos grasos Omega -6 derivan del ácido linoléico (LA) el cual por medio de enzimas desaturasas y elongasas va a ser precursor del ácido graso Gamma Linoléico (GLA) el cual se encuentra en algunos aceites vegetales y ácido araquidónico (AA) que es uno de los ácidos grasos más importantes asociados a los fosfolípidos de membrana, además puede ser oxidado de compuestos Eicosanoides importantes en la señalización célula -célula.¹⁰

A diferencia de los ácidos grasos Omega-3, los Omega -6, por lo general va a ser generadores de Prostaglandinas, Tromboxanos y Leucotrienos (PGE₁, PGE₂, PGI₂, TXA₂, LTB₄), estimulantes del sistema inmune, vasoconstrictores y procoagulantes, con perfil por tanto potencialmente pro inflamatorio, proalergizante a nivel cardiovascular.¹³

2.3.4.4. Balance Omega-6 / Omega-3

En el período paleolítico, los humanos se caracterizaban por tener una dieta baja en calorías por el consumo de grasas (20-25%), un consumo bajo en grasas saturadas (< 6%) y el consumo de ácidos grasos trans que llegó a ser prácticamente despreciable.¹⁰

Debido a la alimentación de estos humanos estaba basada en alimentos ricos en Omega -3 como vegetales, pescado, huevo, bayas lograron mantener en equilibrio adecuado entre Omega 6/ Omega3, lo que contribuyó en forma significativa a la evolución humana, influyendo y permitiendo el desarrollo cerebral o cognitivo de las especies.¹³

La importancia de la relación Omega-3/ Omega-6 para la salud humana también es bien conocido, ya que muchos estudios antropológicos, nutricionales y genéticos indican que una relación de ácidos grasos muy bajo promueve la patogénesis de muchas enfermedades, incluyendo enfermedades cardiovasculares, cáncer, osteoporosis, enfermedades inflamatorias y autoinmunes, mientras que el aumento de los niveles de ácidos grasos poliinsaturados Omega-3 (PUFA) ejercen supresores. Mientras que una relación de Omega - 3 / Omega 6 más alta es deseable con el fin de reducir de algunas enfermedades crónicas. Debido a que muchos de ellos son multifactorial, la proporción óptima de ácidos grasos Omega -3 / Omega -6 varía con la enfermedad considerada.¹³

En la actualidad, con la aparición de la revolución industrial, donde por ejemplo, la dieta occidental tiene un valor calórico proveniente de las grasas que se encuentran por encima de la recomendada (30-35%), donde se observa un mayor consumo de grasas saturadas (>10%), ácidos grasos, Omega-6 y de esta forma a un desbalance en la relación Omega-6 /Omega -

3, llegando incluso a las relaciones 20-30:1, respectivamente y donde el aumento en dieta de grasas Trans también es significativo.¹³

En general, el porcentaje de grasas saturadas en las dietas aumenta debido al confinamiento y el contenido excesivo de energía de la dieta de alimento para el ganado. Además, el contenido de ácido graso Omega-6 aumentó considerablemente como resultado del incremento (hasta 70%) de granos ricos en Omega-6 y aceites provenientes de los mismos.¹⁰

Es debido a este aumento que el balance Omega-6/Omega-3 se ha ido perdiendo, además porque los alimentos que son ricos en Omega-3 no se consumen tanto a pesar de estar presentes en alimentos como la semilla de Chía.¹⁰

2.3.4.5. Fuentes alimentarias de ácidos poliinsaturados

Existen estudios que demuestran la presencia de fuentes de omega 3 y 6, tanto de origen animal como vegetal, lo que influye principalmente en el contenido de cada uno de ellos haciendo más llamativos ciertos productos por los industria encargada de la obtención de aceites con alto valor agregado para ser empleados como materia prima y para los consumidores que buscan cada día una alimentación más saludable.¹⁰

En la tabla 4 se muestran los valores de omega 3 y 6 reportados para alimentos de origen animal y vegeta

Tabla 4. Valores de Omega 3 y 6 reportados para alimentos de origen animal y vegetal

Fuente	Alimento	Oleico	ALA	Cantidad (graso)		/% ácido		Método de extracción	Referencia
				EPA	DHA	LA	AA		
	Sardina	-	0.76	0.95	3.1	1.05	0.96	FSC-CO ₂	(Leiste, RoZl ares, Hiol, Serpent & Comeau, 2006)
Animal	Sardina	596	0.49	10.1	16.3	1.43	1.38	SOXHLER	(Rubio, Rodríguez et al.)
	Salmón	14.	1.4	7.9	7.9	9.3	0.67	FSC-CO ₂	
	Lino	16.1 ± 0.8	50.0 ± 1.2			14.3 ± 0.7	NR	SOXHLER	(Pradhan, Meda, Rout, Naik & Dalai, Teh & Birch)
	Lino	17.5 ± 0.6	55.0 ± 0.8			16.2 ± 0.5	NR	FSC-CO ₂	
	Lino	14.7 ± 0.5	53.8 ± 0.8			15.6 ± 0.4	NR	Prensado	(L. Follegantti - Romero.2009)
	Lino	15.2 ± 0.63	59.34±1.34			16.66 ± 0.4	NR	Prensado	
Vegetal	Sacha	8.43	50.45			34.12	0.14	FSC-CO ₂	
	Inchi	8.41	50.41			34.08	0.16	SOXHLER	
	Canola	66.8-68.3	7.8-9.0			15.1 - 16.1	0.5- 0.7	FSC-CO ₂	
	Canola	66.8-67.2	8.4-8.7			15.3 - 15.8	0.5- 0.8	FSC-Propano	(Pederssetti et al , Teh & Birch)
	Canola	57.12 ±0.20	12.21 ± 0.18			24.01 ± 0.04	-	Prensado	

Fuente por: Jiménez, P. composición química de la semilla de la Chía. Tomo I. Chile: Universidad de Chile; 2011

En la tabla 5 se describen la composición de los ácidos grasos presentes en el aceite de Chía, de acuerdo al método de extracción Omega 3 y 6.



Tabla 5. Composición de los ácidos grasos presentes en el aceite de Chía de acuerdo al método de extracción

Fuente	Método de extracción	C18:1	C18:2	C18:3	Referencia	Observación
Chía	Solvente	5.3 ± 1.1	19.7 ± 0.0	65.6 ± 0.8	Vanesa Y. Ixtaina 2011	Semilla Argentina
Chía	Presión	5.4 ± 0.4	20.3 ± 0.2	64.5 ± 0.2		
Chía	Solvente	5.8 ± 0.3	16.6 ± 1.2	69.3 ± 1.0		Semilla Guatemala
Chía	Presión	5.5 ± 0.4	17.5 ± 0.2	66.7 ± 0.4	Marcela L Martínez	Caracterización de la semilla
Chía	No reportado	7.4 ± 0.8	22.0 ± 0.1	60.5 ± 1.2	2012	
Chía	FSC-CO ₂	4.1	20.9	62.3	Vanesa Y. Ixtaina 2010	
Chía	Soxhlet	6.8	19.6	61.3		
Chía	FSC-CO ₂	6.28-7.28	17.51-18.15	63.45-66.0	José Antonio Rocha 2011	Promedio de diferentes condiciones y extracción

Fuente por: Jimenez, P. composición química de la semilla de la Chía. Tomo I. Chile: Universidad de Chile; 2011

De acuerdo con los datos reportados, el método de extracción o el origen entre Argentina y Guatemala no tienen una variación significativa con respecto al contenido de los ácidos grasos mencionados, por esta razón es necesario evaluar la calidad e inocuidad exigida en los mercados mundiales, en los cuales compiten productos libres de solventes orgánicos, características ofrecidas por los métodos de extracción por fluidos supercríticos o por prensado.¹⁰

2.3.5. Proteínas y aminoácidos contenidos en la semilla de Chía

La Chía contiene aproximadamente un 20% de proteína, nivel que resulta más alto que el que contiene algunos cereales tradicionales como el trigo (13.7%), el maíz (9.4%), el arroz (6.5%), la avena (16.9%) y la cebada (12.5%).¹⁰

Las semillas de Chía además de tener un alto contenido de proteínas se han hecho interesantes comparadas con otras semillas como el trigo, la avena, la cebada y el centeno por no tener gluten.¹⁰

Si se hace un análisis del contenido de sus aminoácidos, se puede encontrar que el aporte de lisina es relativamente alto, cisteína y metionina se puede comprobar favorablemente con otras semillas oleaginosas. Los aminoácidos de la Chía no tienen factores limitantes en una dieta para adultos, lo cual significa, que ésta puede ser incorporada en la dieta humana y ser mezclada con otros granos, a fin de reproducir una fuente equilibrada en proteínas.¹³

Existen estudios donde muestran las diferencias en el perfil lipídico expresado en granos del aminoácido con respecto al contenido general de nitrógeno (g aminoácido / 16gN) que dependen del método de extracción, como se detalla en la tabla 6.¹³

Tabla 6. Contenido de aminoácidos de hidrolizado de proteínas de las semillas de la Chía

Aminoácido	Extracción por solvente	Extracción prensado g aminoácido/16g N
Ácido aspártico	7.64	7.36
Treonina	3.43	3.23
Serina	4.86	4.43
Ácido glutámico	12.4	13.65
Glicina	4.22	4.03
Alanina	4.31	4.41
Valina	5.1	5.32
Cisteína	1.47	1.04
Metionina	0.36	0.36
Isoleucina	3.21	3.35
Leucina	5.89	5.99
Triptófano	---	1.29
Tirosina	2.75	2.75
Fenilalanina	4.73	4.77
Lisina	4.44	3.6
Histidina	2.57	2.45
Arginina	8.9	8.63
Prolina	4.4	3.92
Total	80.64	80.81

Fuente por: Jaramillo Garses, Yamileth. La Chía (Salvia Hispánica), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables [tesis para optar el grado de licenciatura de especialista en alimentación y nutrición]. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista; 2013

El contenido de lisina es bastante alto, metionina y cisteína se comparan de forma favorable con otras oleaginosas.¹³

Según los resultados mostrados en la anterior tabla, la presencia de aminoácidos esenciales para los niños como el triptófano dependerá del método de extracción de aceite a partir de la semilla de chía, de allí que por el método de prensado se podrá alcanzar un contenido de 1.29g /16g N, pero por el método convencional de extracción con solventes orgánicos no se reporta ningún contenido del mismo.¹³

2.3.6. Vitaminas y Minerales

Las semillas de Chía, se ha caracterizado por ser una buena fuente de Vitaminas y Minerales del complejo B como la Niacina, tiamina, ácido fólico y Vitamina A. Además la semilla de Chía es una fuente excelente de Calcio, Fósforo, Magnesio, Potasio, Hierro, Zinc y Cobre, como se muestra la tabla 7. Otra de las grandes ventajas de esta semilla es su bajo contenido en Sodio.¹⁰

Tabla 7. Contenido de Vitaminas y elementos esenciales en semillas y harina desengrasada de Chía

Nutriente	Chía	
	Semilla entera	Harina desengrasada
Macro elementos (mg/100g)		
Calcio	714	1180
Potasio	700	1100
Magnesio	390	500
Fósforo	1067	1170
Micro elementos (mg/100g)		
Aluminio	2.0	4.3
Boro	---	1.4
Cobre	0.2	2.6
Hierro	16.4	20.4
Manganeso	2.3	6.8
Molibdeno	0.2	---
Sodio	---	2.9
Zinc	3.7	8.5
Vitaminas (mg/100g)		
Niacina B3	6.13	11.30
Tiamina B1	0.18	0.79
Riboflavina B2	0.04	0.46
Vitamina A	44IU	---

Fuente por: Jaramillo Garses, Yamileth. La Chía (Salvia Hispánica), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables [tesis para optar el grado de licenciatura de especialista en alimentación y nutrición]. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista; 2013

Dentro de los micro elementos reportados se destaca que los niveles de Hierro encontrados en las semillas de Chía y en la harina remanente después de extraer el aceite son muy elevados y representan una cantidad inusual para la semilla, comparada con otros productos tradicionales conocidos como

fuentes ricas de Hierro. Cada 100 g de porción comestible, 6; 1.8 y 2.4 veces más cantidad de Hierro que la espinaca, las lentejas y el hígado vacuno, respectivamente.¹³

2.3.7. **Antioxidantes**

El análisis de la torta obtenida después de la extracción del aceite en las semillas de Chía ha demostrado que poseen una fuerte actividad antioxidante. Estos antioxidantes hacen que la Chía sea una fuente de ácidos grasos Omega -3 estable.¹²

El ácido clorogénico y el ácido cafeico son los antioxidantes más importantes en la semilla Chía, aunque también se ha encontrado que contiene miricetina, quercetina y kaempferol flavonoides. Estos compuestos son tanto primarios y sinérgicos que contribuyen a la fuerte actividad antioxidante de la semilla de la Chía.¹²

Algunas investigaciones han demostrado que el quercetin es un potente antioxidante que puede impedir la oxidación de los lípidos, proteínas y DNA y sus propiedades son significativamente más efectivas que los flavonoles no – ortohidroxi. El ácido cafeico y el ácido clorogénico, contenidos en la semilla de Chía, ha demostrado tener una fuerte actividad contra los radicales libres y los procesos oxidativos en general, inhibiendo la peroxidación de los lípidos. Estas propiedades antioxidantes son significativamente más fuertes que las del ácido ferúlico y las de los antioxidantes comunes como la vitamina C (ácido ascórbico) y la vitamina E (α - tocoferol).¹²

La Chía cuya oxidación es mínima o no existe, ofrece un significativo potencial dentro de la industria alimentaria, dado

que las otras fuentes de EPA y DHA como son los productos marinos y de ácido alfa linolénico como el lino, exhiben una descomposición rápida debido a la ausencia de antioxidantes adecuados.¹²

2.3.8. Biodisponibilidad

La biodisponibilidad de nutrientes entendida de diferentes formas, de acuerdo al enfoque de las investigaciones, puede definirse como: la proporción de un nutriente que el organismo absorbe de los alimentos y utiliza para las funciones corporales normales que usualmente involucra absorción, utilización y/o disposición.¹⁰

De acuerdo con la definición planteada para la biodisponibilidad, es necesario que aquellos compuestos ingeridos, ya sea por medio de un alimento, un suplemento o un fármaco, que pueden ser considerados por tener una causa – efecto en la salud del consumidor, deberá ser sometido a estudios específicos para determinar la efectividad en diversos factores gastrointestinales, hasta el tipo de población que la consume.¹⁰

De allí, que los Omega 3 hayan sido objeto de estudio de varios investigadores con el fin de evaluar la presentación en la que pueden ingerirla los consumidores.¹⁰

2.3.9. **Obtención y aplicación de los subproductos de la Chía**

Aceite de Chía

En los últimos años ha habido un desarrollo paralelo de las especies de plantas prometedoras poco explotadas como fuente de aceites dietéticos o de la especialidad, con cantidad significativamente de aceites o una alta proporción de ácidos grasos nutricional, medicinal o industrialmente deseables. La composición de los aceites vegetales es importante desde el punto de vista nutricional. Por lo tanto, los ácidos grasos Omega -3 juegan un papel muy importante en la Fisiología, especialmente durante el crecimiento fetal e infantil.¹⁰

Es de ahí que la calidad de estos aceites comestibles es tan importante pues se ve influenciada en la aceptación del consumidor por ser un factor primario de la formulación.¹⁰

A pesar de la amplia gama de fuentes de aceites vegetales, el consumo mundial está dominada por la Palma, Soja, Colza, Girasol y aceites con 38.1; 35.7, 17.8 y 18.2 millones de toneladas consumidas al año, respectivamente.¹⁰

En la actualidad, el aceite de la semilla de la Chía, no es ampliamente utilizado, comercialmente a pesar de que tiene características muy adecuados para aplicaciones industriales y pueda contribuir a las dietas humanas saludables y en términos de rendimiento, constituye aproximadamente entre el 25% y el 38% del peso.¹⁰

2.3.10. Colesterol

Dada la naturaleza del presente trabajo, y considerando que este tema es ampliamente conocido y difundido es que se ha visto por conveniente mostrar en esta oportunidad sólo algunos de los aspectos teóricos más importantes.¹⁵

2.3.10.1. Concepto

El colesterol es un esterol que se encuentra ampliamente distribuido en todas las células del organismo pero especialmente en las del tejido nervioso.¹⁵

El colesterol es una sustancia en polvo es inolora, blanca y de aspecto un tanto grasoso.¹⁵

Así mismo, es un constituyente esencial de las membranas celulares, se encuentra solamente en los animales. En las plantas hay esteroides relacionados pero estos no son absorbidos en el aparato digestivo.¹⁵

El colesterol es un esteroide presente en el organismo, su nombre químico es de 3- hidroxil, 5-6 colesteno.¹⁵

La síntesis de colesterol endógeno se realiza a partir de compuestos simples como el acetil Co -A, después se convierte en mevalonato. Seis de estas moléculas se condensan para formar el escualeno, este luego se cicliza por acción de una ciclasa formando el lanosterol para luego ser convertido en colesterol.¹⁵

No obstante conviene señalar que también existe una fuente exógena que corresponde al colesterol de la dieta

el cuál es absorbido a nivel intestinal y transportado por los Quilomicrones. Este colesterol puede ejercer un efecto regulatorio sobre aquel que se sintetiza endógenamente inhibiendo cuando sus niveles son altos a la principal enzima reguladora la Beta OH, BETA metil glutaril, Co-A reductasa.¹⁵

2.3.10.2. Fuentes de Colesterol

2.3.10.2.1. Fuentes Exógena

Este está constituido por el colesterol dietario estando presente en todos los productos de origen animal dentro de los cuales podemos citar:¹⁵

- Cerebro
- Yema de huevo
- Vísceras (hígado)
- Carnes de res, cordero, aves, pescado, etc.

El colesterol de éstas fuentes se encuentra principalmente como ésteres de colesterol el cual debe sufrir la acción de un colesterol esterasa favorecido en su acción por las sales biliares, liberando al colesterol libre y al ácido graso esterificante, los cuales se absorberán bajo la forma de micelas para esterificarse y ser transportados en los quilomicrones.¹⁵

2.3.10.2.2. Fuente Endógena

A nivel celular existe una vía de síntesis, ya que no todo el colesterol del organismo proviene de la dieta, buena parte de él se sintetiza y no hay duda de su importancia en la nutrición humana, ya que la mayor parte del contenido total de colesterol que tiene el organismo humano se encuentra en el cerebro, nervios periféricos, tejido conjuntivo y músculos.¹⁵

2.3.10.2.3. Funciones

Dentro de las funciones más importantes del colesterol se mencionan las siguientes:



- **Función estructural.-** Se refiere al hecho de que al colesterol es un constituyente de todas las membranas celulares.¹⁵
- **Función hormonal.-** Se refiere a que el colesterol es un precursor de las hormonas esteroides, adrenales y gonadales.¹⁵
- **Función vitamínica.-** El colesterol es un precursor de la vitamina D.
- **Función de digestión de lípidos:** El colesterol es precursor de los ácidos biliares hepáticos el cual constituye uno de los principales productos de su

metabolismo y que juegan un rol destacado en la emulsificación de los lípidos digeridos facilitando su absorción como miscelas a través de la micro vellosidad.¹⁵

2.2.12.4. Metabolismo del colesterol

Considerando de que el colesterol ya sea de origen dietario o el sintetizado endógenamente al igual que los demás lípidos son insolubles en agua por lo cual estos deben constituirse en estructuras solubles en el medio acuoso que constituye el plasma sanguíneo, por lo que este tendrá que ser transportado bajo la forma de pequeñas partículas llamadas lipoproteínas.¹⁷

Así, las lipoproteínas son partículas esféricas compuestas de cientos de moléculas de lípidos y proteínas; a excepción de las HDL nacientes que tiene forma discoidal.¹⁷

En cada una de ellas se distinguen dos componentes: El núcleo hidrofóbico constituido por lípidos neutros (triglicéridos y ésteres de colesterol) y una interfase o envoltura hidrofílica integrada por una mono capa superficie de lípidos polares (fosfolípidos y colesterol libre) y cola o porción apolar.¹⁷

Las apolipoproteínas específicas para cada tipo de lipoproteínas se posicionaran principalmente en la superficie, extendiéndose en algunos de los casos al centro de la partícula. Esta apolipoproteínas participa en la

estructura y sirve de ligamento para los receptores celulares y modulan la actividad de enzimas claves.¹⁷

2.2.13. Triglicéridos

Los triglicéridos constituyen la grasa de depósito y actúan como una reserva energética. Aunque no son marcadores aterogénicos, facilitan que el colesterol se adhiera a las paredes de las arterias.¹⁵

Por otra parte las grasas se pueden almacenar casi libres de agua y además tienen el valor calórico más alto. Producen más energía al utilizarse, por cada gramo de grasa que se oxida se obtiene 9 kcal, mientras que se obtienen solo 4 kcal al oxidar 1 gramo de carbohidrato o de proteína.¹⁵

2.2.11.1. Secreción y utilización de los triglicéridos de la dieta

Las gotitas lipídicas constituidas casi completamente por triglicéridos se acumulan en las células de la mucosa intestinal, posteriormente se liberan a la linfa en forma de lipoproteínas llamadas quilomicrones.¹⁶

Los quilomicrones pasan desde la linfa a la sangre venosa, la mayor parte de los triglicéridos se elimina por acción de una enzima hidrolítica que es la lipoproteína lipasa (LPL) que está unida a la superficie de las células endoteliales de los capilares.¹⁶

El glicerol de los triglicéridos se obtiene de la glucosa que pasa del plasma sanguíneo a los adipocitos. El transporte de glucosa a los adipocitos se ve

estimulado por la insulina, parte de los ácidos grasos que se incorporan a los triglicéridos se sintetizan dentro del adipocito a partir de la glucosa.¹⁶

El resto se libera al plasma sanguíneo en forma de triglicéridos, contenidas en las lipoproteínas plasmáticas como quilomicrones o lipoproteínas de muy baja densidad (C- VLDL). En ambos casos los triglicéridos de las lipoproteína lipasa (LPL) de modo que sus ácidos grasos no puedan atravesar el endotelio capilar y a continuación penetrar en el adipocito.¹⁶

La insulina igualmente facilita este proceso estimulando la producción de la lipoproteína lipasa (LPL).¹⁶

Para abandonar el adipocito, los triglicéridos deben hidrolizarse a ácidos grasos y glicerol. Los ácidos grasos se liberan a la sangre y se transportan como ácidos grasos libres, formando un complejo físico con la albúmina (proteína plasmática más abundante), el glicerol producido por la lipólisis no puede ser empleado por los adipocitos debido a la ausencia de la enzima glicerol quinasa, por tanto el glicerol se libera al aspa y se transporta hacia el hígado, que lo transforma en glucosa a través de la gluconeogénesis.¹⁶

Los ácidos grasos libres se movilizan en grandes cantidades desde los adipocitos durante los períodos de ayuno, ansiedad, ejercicio físico. De este modo los tejidos del organismo tienen garantizado un aporte de energía circundante constante durante los períodos

comprendidos entre las comidas y en situaciones estresantes.¹⁶

2.2.14. Lipoproteínas

2.2.12.1. Concepto y funciones

Las lipoproteínas son macromoléculas que estructuralmente están formadas por una parte lipídica y una proteica.¹⁸

Los fosfolípidos componen las membranas celulares y lipoproteínas y hacen más solubles a estas estructuras. Los lípidos son solubles en grasa y para circular en la sangre que es un medio acuoso forman complejos lipoproteicos denominados lipoproteínas.¹⁸

Las lipoproteínas están constituidas por un núcleo central de triglicéridos y ésteres de colesterol (lípidos no polares), recubiertos por una capa de proteínas, fosfolípidos y colesterol libre, ordenados de tal manera que la parte no polar queda hacia el interior dirigida al medio acuoso. Las lipoproteínas constituyen un medio de transporte y reservorio circulante para los lípidos. El lugar de origen en el organismo, las diferentes densidades que permiten clasificarlas y la composición lipídica de los diferentes complejos lipídicos mayores que se describen en la Tabla N° 1.¹⁸

Tabla N° 8. La composición lipídica de los diferentes complejos lipídicos

Lipoproteína	Origen	Densidad	% Proteína	% TG	% PL	% CE	% CL
QM	Intestino	<0.95	1-2	85-88	8	3	1
VID	Hígado	0.95-1.006	7-10	50-55	18-20	12-15	8-10
IDL	VID	1.006-1.019	10-12	25-30	25-27	32-35	8-10
LDL	VID	1.019-1.063	20-22	10-15	20-28	37-48	8-10
HDL2	Intestino Hígado QM, VID	1.063-1.125	33-35	5-15	32-43	20-30	8-10
HDL3	Intestino Hígado QM, VID	1.125-1.21	55-57	3-13	26-46	15-30	2-6

QM = quilomicrones, VLDL = Very Low density lipoprotein; IDL = Intermediate density lipoproteína; LDL = Low density lipoprotein; HDL = High-density lipoprotein

Fuentes por: Mataix, Nutrición humana, tomo I y tomo II. MMU .Editorial océano. Barcelona - España. 2012

2.2.12.2. Quilomicrones

Son las lipoproteínas de mayor tamaño. Tienen un diámetro de 100 – 500 nm y una densidad menor de 0.940, por lo que tienden a formar un sobrenadante en el plasma al dejarlo en reposo. Por su carga eléctrica, no migran del punto de aplicación en una electroforesis y están constituidos en un 85% por triglicéridos, la mayor parte de origen dietario.¹⁸

2.2.13.2.1. Metabolismo

Son sintetizados en el retículo endoplasmático de las células epiteliales situadas dentro del intestino delgado, contienen Apo(Apoproteínas) B-48, Apo E y Apo C-II, los quilomicrones originarios del intestino, en la circulación sanguínea y a través de la Apo C-II.¹⁶

2.2.13.3. Las Lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL)

Tiene un diámetro de 30-100 nm, una densidad entre 0.940 y 1.019. Su componente lipídico fundamental son los triglicéridos (55%) de origen endógeno, aunque contienen un 20% de colesterol libre y esterificado.¹⁹

2.2.13.4. Metabolismo

Transportan triglicéridos provenientes de los ácidos grasos en exceso de la dieta, algún colesterol libre y ésteres de colesterol; contienen Apo B-100, Apo C-I, Apo C-II, Apo III y Apo E. Las lipoproteínas de muy baja densidad (C-VLDL) son transportadas del hígado por medio de los capilares hasta el tejido muscular y adiposo, donde liberan los ácidos grasos libres que podrán ser reconvertidos en triglicéridos y almacenados o serán oxidados para producir energía.¹⁹

La pérdida de triglicéridos (por medio de la lipoproteína lipasa) de las lipoproteínas de muy baja densidad (C-VLDL) las lleva a la conversión de lipoproteínas de muy baja densidad remanentes o lipoproteínas de densidad intermedia (IDL). Estas donan los fosfolípidos y mediante la acción de la enzima plasmática (LCAT) pueden ser removidas de la circulación sanguínea a través de los hepatocitos, con una consecuente pérdida de triglicéridos y el resto de las lipoproteínas de densidad intermedia (IDL) serán convertidas en lipoproteínas de baja densidad (C-LDL) durante este proceso las lipoproteínas de densidad intermedia (IDL) pierden la Apo E pero conservan la Apo B-100.²⁰

2.2.13.5. las lipoproteínas de alta densidad (HDL)

Tienen un diámetro de 20-25 nm, una densidad entre 1063 y 1210, migran en la zona de las alfa globulinas y contienen un 18% de colesterol.¹⁸

2.2.13.5.1. Metabolismo

Las lipoproteínas de alta densidad (C-HDL) son sintetizadas en el hígado y en el intestino delgado, como partículas pequeñas, ricas en proteínas que no contienen ésteres de colesterol y posee relativamente poco colesterol libre.¹⁸

En esta fase, tiene la forma de pequeñas partículas de forma discoidal y son designadas por las lipoproteínas de alta densidad nacientes (Helen). En términos de composición, existe una ligera diferencia entre las que son producidas en el hígado y las del intestino delgado; en cuanto el hígado es capaz de sintetizar las lipoproteínas de alta densidad constituidas por Apo A-I y Apo A-II; el intestino delgado es apenas capaz de sintetizar las primeras. En términos de funciones, aun no se sabe las funciones para la Apo A-II, más se sabe que la Apo A-I, es el constituyente más abundante de todas las moléculas de las lipoproteínas de alta densidad (C-HDL), tiene como principal función, en el mecanismo de transporte reverso del colesterol, la activación

de la enzima LCAT y la interacción con el transportador ABC (ATP - Bandung Casetes). Las moléculas de las lipoproteínas de alta densidad (C-HDL) realizan el flujo de colesterol libre en exceso, presente en las células, por tres mecanismos distintos, vía transportador ABC-A1, vía SR-B1 difusión pasiva.¹⁸

2.2.13.6. Las lipoproteínas de baja densidad (LDL)

Tienen un diámetro de 20-25 nm y una densidad entre 1.019 y 1.063. Su migración electroforética se realiza en la zona de la beta globulinas y están constituidas fundamentalmente por colesterol alrededor de un 47%.¹⁹

2.2.13.6.1. Metabolismo

Son muy ricas en colesterol y ésteres, las lipoproteínas de baja densidad (C-LDL) contienen como principal apolipoproteína a la Apo B-100, que es reconocida por receptores específicos en la membrana plasmática de los tejidos extra hepáticos o de los hepatocitos. Estas lipoproteínas contienen la enzima Acilo- Coa- colesterol Acetil transferasa (ACAT), catalizador de la reacción de esterificación de colesterol libre a ésteres de colesterol.¹⁹

2.2.14. Las Dislipidemias

2.2.13.1. Definición

Llamadas también hiperlipoproteinemias (HLP), dislipoproteinemias, considerándose así a diversas condiciones patológicas o trastornos resultantes de las anomalías, alteraciones en la síntesis, transporte, captura celular o degradación de las lipoproteínas del plasma, con su consecuente alteración de las concentraciones de lípidos y lipoproteínas en la sangre. También cuando estas concentraciones exceden el límite de la normalidad.¹⁸

Los lípidos que se miden en la sangre son en realidad fracciones lipídicas unidas a proteínas transportadoras (apoproteínas), que les permite disolverse en el medio acuoso de la sangre. De otra manera circularían en forma de gotas de grasa, provocando embolias.¹⁹

2.2.13.2. Clasificación Etiopatogenica

2.2.13.2.1. Hiperlipidemias Primarias

Base genética causante de los trastornos. La determinación genética, permite discernir dentro del mismo fenotipo manifestaciones clínicas y riesgo cardiovascular diferentes conduciendo así al diseño de un tratamiento clínico farmacológico más ajustado al patrón clínico del paciente.¹⁸

Las dislipidemias primarias son trastornos innatos del metabolismo lipídico; pueden ser familiares o no familiares.¹⁸

A. Hipercolesterolemia

La hipercolesterolemia se caracteriza por los niveles elevados de colesterol en sangre, principalmente en la forma de lipoproteínas de baja densidad (C-LDL), resultando de la sobreproducción y /o subutilización de las lipoproteínas de baja densidad (C-LDL), que pueden tener dos orígenes distintos: hipercolesterolemia familiar o una dieta muy rica en colesterol. Este aumento que se asocia a problemas coronarios, depende de la dieta, el sexo, el estilo de vida y la síntesis endógena. De esta manera, en la concentración de colesterol en sangre intervienen factores hereditarios y dietéticos, junto a otros relacionados con la actividad física.¹⁸

2.2.14.2.2. Hiperlipidemias Secundarias

Fruto de una entidad o alteración metabólica más generalizada, subyacente y que se pone de manifiesto en el estudio de la hiperlipoproteinemia. Tiene un gran interés por su elevada frecuencia y por su asociación a enfermedades muy frecuentes.¹⁶

Las hiperlipidemias secundarias se producen como consecuencia de un desorden subyacente que altera el metabolismo intermediario.¹⁶

2.2.15. Aterosclerosis

La aterosclerosis es una enfermedad de las arterias, en la cual el material graso conocido como placa ateromatosa, se deposita en el interior de la pared arterial, ocasionando un deterioro progresivo y una reducción del flujo sanguíneo desde las arterias hasta el músculo cardíaco conduce a los síntomas como dolor cardíaco. Los síntomas de la aterosclerosis no se manifiestan hasta que se produce una complicación.¹⁷

La aterosclerosis se inicia cuando unos monolitos migran desde el flujo sanguíneo hacia el interior de la pared arterial y se transforman en células que acumulan materia grasa. Con el tiempo, estos monolitos cargados de grasa se acumulan y producen engrosamientos irregularmente repartidos por el revestimiento interno de la arteria. Los ateromas pueden localizarse en cualquier arteria de tamaño grande y mediano, pero por lo general, se forman donde las arterias se ramifican.¹⁷

Las arterias afectadas por el ateroma pierden su elasticidad y a medida que los ateromas crecen las arterias se hacen más estrechas. Además, con el tiempo los ateromas acumulan depósitos de calcio que pueden volverse frágiles y romperse.¹⁷

Entonces, la sangre puede entrar en un ateroma roto, aumentando su tamaño y disminuyendo más la luz arterial. Un ateroma roto también puede derramar su contenido graso y desencadenar la formación de un coagulo sanguíneo (trombo). El coagulo estrecha aún más la arteria e incluso puede obstruirla o bien se desprende y pasa a la sangre hasta llegar a una arteria más pequeña, donde causara una oclusión (embolia).¹⁷

2.2.14.2. Mecanismo de la Aterogenesis

Evidentemente tiene que existir un equilibrio entre la entrada de lipoproteínas y proteínas plasmáticas en la pared arterial, la salida al plasma y el catabolismo por parte de las células arteriales. Una hipótesis a tener en cuenta sobre la aterogénesis es aquella según la cual este equilibrio está desplazado hacia la acumulación de lipoproteínas en la arteria, teóricamente ello podría deberse a un aumento de la permeabilidad endotelial, o de los niveles plasmáticos de lípidos, o una disminución de su catabolismo en la arteria.¹⁷

Diversas dislipidemias se asocian a niveles plasmáticos elevados de lipoproteínas de baja densidad (C-LDL) y a bajo niveles de lipoproteínas de alta densidad (C-HDL). Una causa común de aterosclerosis acelerada es una deficiencia de receptores de lipoproteínas de baja densidad (C-LDL). Ello puede deberse

a un defecto hereditario o a una dieta rica en colesterol y grasas saturadas. El aumento de los niveles plasmáticos de lipoproteínas de baja densidad (C-LDL) incrementa la proporción de la acumulación de lipoproteínas de baja densidad (-LDL) en arterias. Se sabe que las lipoproteínas de baja densidad (-LDL) y los residuos de las lipoproteínas ricas en triglicéridos pueden fijarse a los proteoglicanos en la matriz extracelular de la pared arterial. El secuestro prolongado de las lipoproteínas al músculo liso y a las células endoteliales conduce a una lesión oxidativa de las lipoproteínas. Los oxidantes responsables de la alteración no han sido totalmente definidos, pero es probable que estén implicados los radicales libres.¹⁷

Las lipoproteínas de baja densidad (C-LDL) oxidadas constan de colesterol oxidado, epóxidos de ácidos grasos y otros derivados lipídicos de menor tamaño, así como la Apo B-100 fragmentada, que puede ser modificada covalente.¹⁷

Capítulo III.
Metodología



3.1. Tipo de Estudio

El presente estudio es de tipo experimental por que se manipuló las variables.

3.2. Diseño de estudio

El presente estudio es de tipo analítico y prospectivo por que se realizó comparaciones de los diferentes grupos de experimentación que se llevó a cabo en 45 días.

3.3. Lugar de Experimentación

El trabajo de investigación se llevó cabo en el bioterio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNSA.

3.4. Unidades Experimentales

Para el presente estudio se emplearon 40 unidades experimentales (*Rattus norvegicus* variedad *Wistar*) de 3 a 5 meses de edad, con un peso entre 250-300 gramos.

Rangos normales de colesterol total (CT) en ratas:

	2-4 meses	4-5 meses
Colesterol Total (CT)	41.1mg/dl -59.1 mg/dl	58.5 mg/dl -101.6 mg/dl
Triglicéridos	76.4 mg/dl – 132.8 mg/dl	62.4 mg/dl – 123.7 mg/dl

3.4.1. Criterios de Inclusión

- Ratas de la raza albina swis-wistar
- Animales de una misma camada
- Los animales estuvieron entre 3-5 meses de edad
- El peso aproximado de los animales fue de 250-300 gramos.

- Ratas hembras.

3.4.2. Criterios de Exclusión

- Animales que evidencian patología aguda y crónica
- Animales que integraron otros grupos de estudio
- Estudio pre-liminares del presente estudio.
- Ratas machos

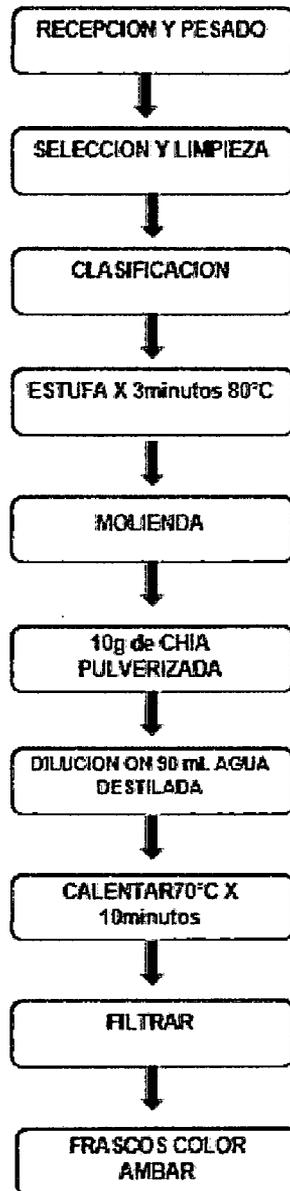
3.5. Formulación y extracción del extracto acuoso

Para la formulación de la muestra, se tomó las cantidades de la Chía pulverizado de 5; 10 y 15gr, del cual se elaboró una extracción acuosa con agua destilada completando al 100% de p/v, luego se distribuyó en muestras de 5,10 y 15ml en frascos de color ámbar protegidos herméticamente hasta su administración. Para su obtención de extractos acuosos se tuvo en cuenta los siguientes pasos.¹³

El material vegetal, se adquirió de la tienda de Santa Natura Ubicada en calle San Agustín 203 cercado- Arequipa. Registro Sanitario (Acogido al Art.103 del D.S. N° 007-98-S.A.) , seco cuidadosamente con papel absorbente, luego se llevó a una estufa a 80°C durante 3 minutos, luego se realizó la molienda en un mortero, se pulverizó y se guardó en frascos de vidrio color ámbar, se rotuló y se cerró herméticamente, finalmente para la extracción acuosa, se tomó 10gr de la Chía pulverizada y se agregó 90ml de agua destilada, calentándose a 70°C por 10minutos para luego filtrar

El extracto acuoso de la chía se suministró después de haber provocado hipercolesterolemia durante los primeros 15 días del tratamiento, se administró durante los 30 días restantes al tratamiento culminando a los 45 días.

Flujo grama de Obtención del Extracto Acuoso de la Chía



Fuente: Elaboración propia

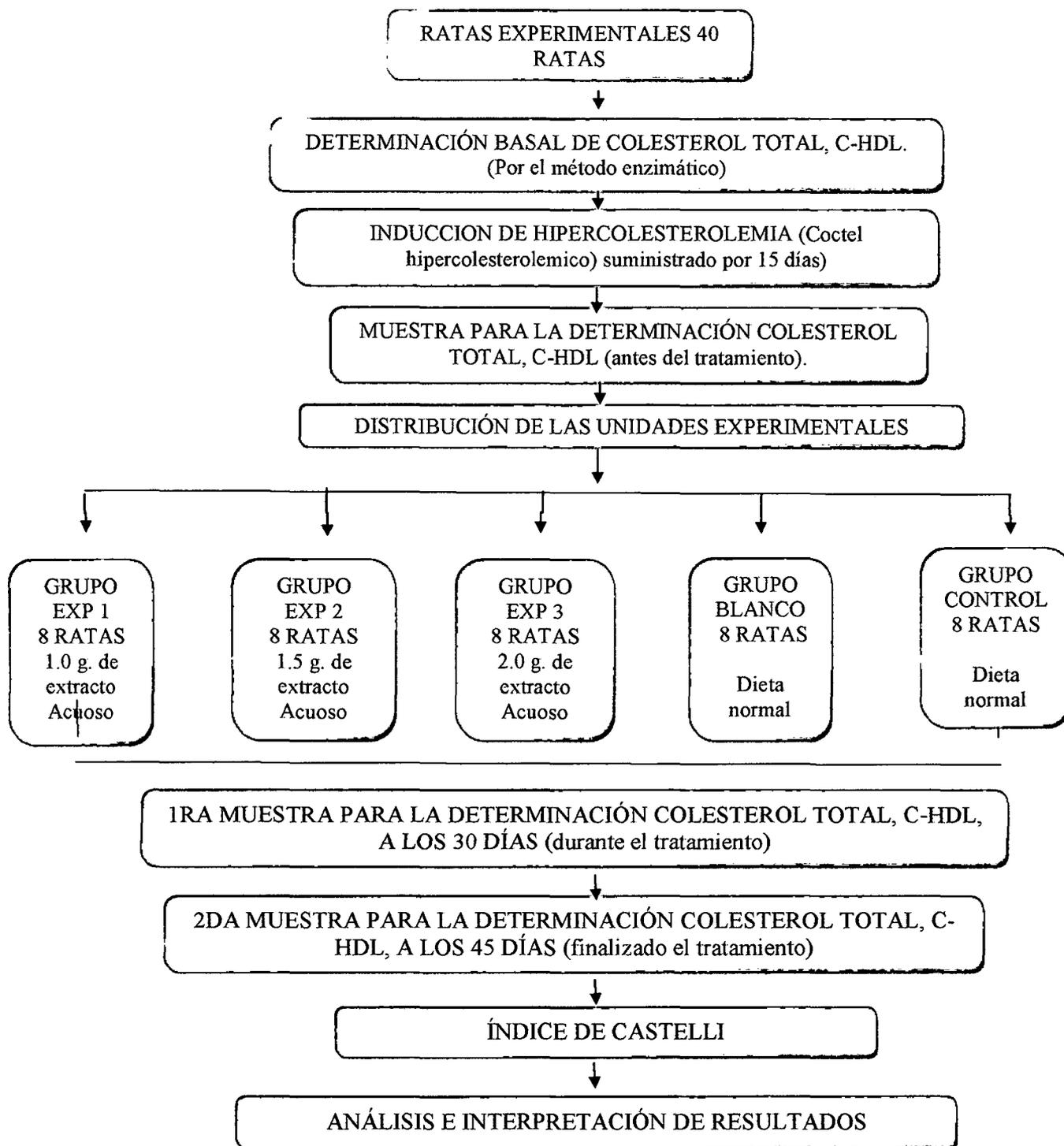
3.6. Producción de hipercolesterolemia experimental

El coctel lipídico para inducir hipercolesterolemia en los animales de los grupos experimentales, consistió en añadir a su dieta habitual de manteca de cerdo que contiene una concentración de ácido mirístico, estimulando la síntesis de colesterol puro en una proporción de 0.125% por peso, tal como se describe a continuación.

- Alimento concentrado: 50g/kg de peso vivo del animal
- Manteca de cerdo: 9.13g/kg de peso vivo del animal
- Colesterol puro: 1.25 g/kg de peso vivo del animal

El coctel lipídico se suministró desde el 1er día al 15avo día del tratamiento por vía oral gástrica mediante una sonda de acero inoxidable.

3.7. Diseño Experimental



Fuente: Elaboración propia

3.7.1. Descripción de Diseño Experimental

Se emplearon 40 unidades experimentales *Rattus norvegicus* variedad *Wistar* en los cuales se realizó la determinación basal del colesterol total y colesterol de alta densidad (C-HDL). Por el método enzimático, luego se indujo a hipercolesterolemia (coctel lipídico a base de alimento concentrado, Manteca de cerdo y Colesterol puro suministrado) durante 15 días para volver a determinar el colesterol total y C-HDL el día 15.

Se dividió en 5 grupos de 8 unidades cada uno y se le administro extracto acuoso de *Salvia hispánica*, en diferentes dosis de acuerdo al grupo de tratamiento durante 30 días por vía orogastrica: en el tratamiento 1, se le proporcionó 1 g. de extracto acuoso, en el tratamiento 2 se le proporcionó 1.5 g. de extracto acuoso, en el tratamiento 3 se le proporcionó 2.0 g. de extracto acuoso, el tratamiento se administró en horas de la mañana.

Se determinó colesterol total y colesterol HDL, extrayendo muestras sanguíneas los días 30,45. Finalizando así el tratamiento.

Con los resultados ya obtenidos de colesterol total y HDL se determinó el efecto cardioprotector atravez del método del índice de Castelli.

Para finalizar nuestro trabajo de investigación se realizó el análisis interpretación de resultados obtenidos para llegar a las conclusiones.



3.8. Determinación de Colesterol¹⁷

El colesterol es oxidado enzimáticamente por el colesterol oxidasa (CHOD), previa

Hidrolisis enzimática de los esteres mediante una lipasa de origen fungal .El agua oxigenada (H_2O_2) generada en la oxidación permite la unión oxidativa del fenol con la 4-aminoantipirina mediante una reacción catalizada por la peroxidasa (POD). El indicador final es la quinoneimina.

3.8.1. Procedimiento

La linealidad se extiende a 600 mg/dl. Las muestras que excedan de este valor deberán ser diluidas con solución de cloruro de sodio al 0.9% y reensayados. Multiplique el resultado por el factor de dilución para obtener el resultado final.⁹

1. Se Colocó 1.0 ml de reactivo colesterol dentro de los tubos etiquetados como reactivo blanco, calibrador control, muestra 1, etc.
2. Se precalentó por 5 minutos a 37°C.
3. Se colocó 0.01 ml de muestra dentro del tubo apropiadamente etiquetado y mezcló bien. Se usó agua destilada como muestra para el reactivo blanco.
4. Se incubó todos los tubos a 37°C por 10 minutos.
5. Se colocó en cero su instrumento a 520 nm usando el reactivo blanco.
6. Se Leyó y registró las absorbancias para el calibrador, control y problemas.

3.9. Determinación del HDL-C

3.9.1. Fundamento

Los quilomicrones VLD y LDL, son precipitados por adición de ácido fosfotungstínico e iones de Magnesio. Luego de la centrifugación, la fracción HDL está contenida en el sobrenadante. La cuantificación posterior se realizó utilizando el reactivo para determinar colesterol.¹⁰

3.9.2 Procedimientos

La linealidad se extiende a 600 mg/dl. Las muestras que excedan de este valor deberán ser diluidas con solución de cloruro de sodio al 0.9% y reensayados. Multiplique el resultado por el factor de dilución para obtener el resultado final.¹⁰

1. Se colocó 1.0 ml de reactivo colesterol dentro de los tubos etiquetados como reactivo blanco, calibrador, control, muestra 1, etc.
2. Se precalentó por 5 minutos a 37°C.
3. Se colocó 0.01 ml de muestra dentro del tubo apropiadamente etiquetado y mezcló bien. Se usó agua destilada como muestra para el reactivo blanco.
4. Se incubó todos los tubos a 37°C por 10 minutos.
5. Se colocó en cero su instrumento a 520 nm usando el reactivo blanco.
6. Se leyó y registró las absorbancias para el calibrador, control y problemas.

3.10. Método del Índice de Castelli⁸

3.10.1. Fundamento

Mediante este método permite medir y conocer el efecto cardioprotector estrogénico en el metabolismo lipídico.

3.10.2 Procedimiento

1.- Se tuvo en cuenta los niveles de colesterol total y de colesterol HDL en las unidades experimentales con hipercolesterolemia en los diferentes días.

2.- el Índice de Castelli se calculó mediante la fórmula:

$$\text{Índice de Castelli} = \frac{\text{Colesterol total}}{\text{Colesterol HDL}}$$

3.- Luego se clasificó el riesgo teniendo en cuenta lo siguiente:

- ✓ Riesgo bajo: < 4.5
- ✓ Riesgo moderado : 4 – 5.7
- ✓ Riesgo alto > 7

3.11. Recursos

3.11.1. Recursos de Materiales-Equipos y Reactivos

Material de Laboratorio

- Frascos ámbar de tapa herméticas
- Termómetro
- Jaulas
- Viveras
- Micro pipeta de 0.01ml

- Jeringas
- Soporte
- Tubos de cultivo
- Pipetear o dosificador de 1.0ml
- Balanzas

Equipos

- Espectrofotómetro o colorímetro calibrado a 520 nm. Marca (ABBE)
- Incubadora capaz de mantener a 37°C. marca (Boeko)
- Cronometro. marca (Boeko)

Reactivos

- Colesterol esterasa 150u/L.
- Alimento habitual
- Goteros
- Beberos
- Comederos
- Equipo para el sacrificio de los animales
- Estufa
- Mortero
- Balanza analítica
- Jaulas individuales
- Vasos de precipitación
- Varilla de vidrio
- Mechero de bunsen
- Tamiz de malla # 40

3.11.2. Recursos Humanos

- Asesor docente Adscrito al Departamento de Ciencias de la Nutrición.
- Personal técnico de la Facultad de Medicina.
- Bachilleres de Nutrición.

3.12. Presupuesto

	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	UNIDAD	TOTAL
RECURSOS HUMANOS	40	Ratas	20	800.00
	3	Asesores	250	750
	1	Personal de laboratorio	20	2400
	1	Estadístico	100	100
	1	Redactor	100	100
MATERIALES	80	Impresiones de fichas de control	0.2	16
		Útiles de escritorio (lapiceros, lápiz, borradores, etc.)	50	50
	54kg	Chía	12	648
	100	Impresiones de resultados de exámenes de sangre	0.2	20
OTROS		Costo de llamadas	100	100
		Pasajes	180	180
		Imprevistos	300	300
TOTAL				5594

3.13. Tratamiento Estadístico

Para el presente estudio se realizó las siguientes pruebas estadísticas

- Medidas de tendencia central y de dispersión promedio y desviación estándar
- Para medir el efecto de los tratamientos se realizó el análisis de varianza a una probabilidad de $P < 0.05$.²¹

Capítulo IV.
Resultados y Discusión

4.1. Resultados

CUADRO N° 1
COMPARACIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE CHIA
(*Salvia Hispánica*) SOBRE LOS NIVELES DE COLESTEROL TOTAL (CT)
EN BASAL, A LOS 15; 30 Y 45 DÍAS, UNIDADES EXPERIMENTALES
CON HIPERCOLESTEROLÉMIA

Tratamiento	CT Basal	CT 15 días	CT 30 días	CT 45 días
Tratamiento Blanco	53.0 ± 7.8	92 ± 8.80	98 ± 10.20	106 ± 9.70
	A	A	A	A
Tratamiento Control	58.2 ± 4.20	99.0 ± 9.40	79.2 ± 7.10	84.2 ± 8.80
	A	A	A	A
Tratamiento Experimental 1 1.0g de Extracto Acuoso	61.0 ± 5.10	107 ± 9.80	86.2 ± 6.20	99 ± 9.20
	A	A	A	A
Tratamiento Experimental 2 1.5g de Extracto Acuoso	63.4 ± 5.70	102 ± 9.60	92.4 ± 7.20	96 ± 8.80
	A	A	A	A
Tratamiento Experimental 3 2.0g de Extracto Acuoso	65.8 ± 5.9	110 ± 10.2	96.8 ± 10.2	102 ± 10.40
	A	A	A	A

Fuente: Base de datos

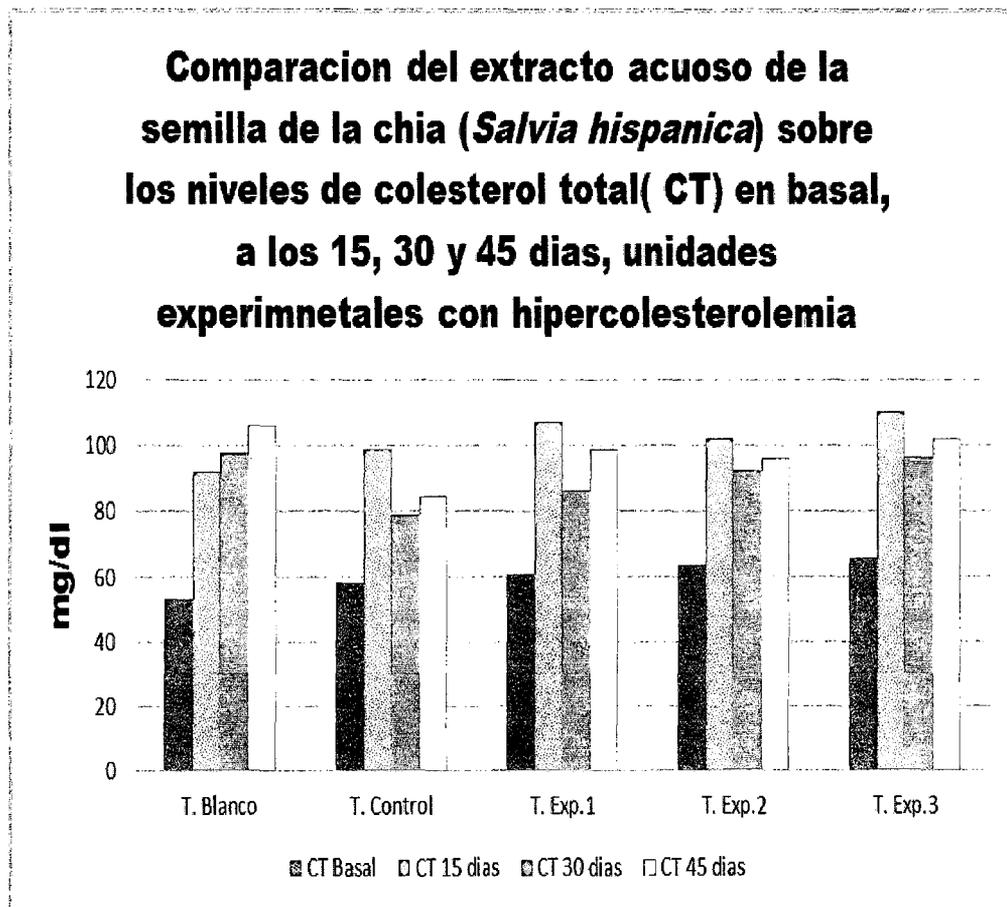
Letras iguales AA = no hay diferencia significativa
 Letras desiguales AB= si hay diferencia significativa

Interpretación

En el cuadro No. 01 se muestra la comparación del Extracto Acuoso de la semilla Chía sobre los niveles de colesterol total (CT) en la determinación basal, y diferentes días en unidades experimentales con hipercolesterolemia, en la que se nota que en la determinación basal los datos de colesterol total es de 53.0, 58.2, 61.0, 63.4 y 65.8 por los tratamientos blanco, control y tratamientos experimentales 1; 2 y 3 respectivamente, valores similares. Al realizar la prueba estadística correspondiente nos indicó que si hay diferencia correspondiente ($p \leq 0.05$), a los 15 días nos reporta los valores hipercolesterolemicos, lo que es de 92, 99, 107, 102 y 110 por los tratamientos blanco, control y experimentales 1; 2 y 3 respectivamente, en lo que el tratamiento blanco y tratamiento control los valores han aumentado a 92 y 99 respectivamente y al realizar la prueba estadística a $p \leq 0.05$, nos indica que si hay diferencia significativa; en relación a los tratamientos experimentales presentan los niveles más altos correspondientes al tratamiento experimental 3, que es de 110 y al tratamiento experimental 1, que es de 107, finalmente el experimental 2 que reporta el valor 102, al realizar el tratamiento estadístico nos indica que estos 3 tratamientos no muestran diferencias significativas, pero si difieren en los tratamientos blanco y control. Después de recibir los resultados de los tratamientos correspondientes a los 30 días nos reporta que con los tratamientos control y experimental 1, han disminuido 22 y 21 respectivamente, en cambio el experimental 3 ha disminuido 10; aumentado ligeramente el tratamiento blanco, es decir de 92 a 98; al realizar la prueba estadística ($p \leq 0.05$), nos indica que si hay diferencia estadística entre los tratamientos en lo que se reporta a los 45 días, y se observa, que en el tratamiento control ha aumentado 2 y el tratamiento experimental 1 subió a 13, tratamiento control aumento en 6 y en el tratamiento blanco

ha ido aumentando también, al realizar la prueba estadística correspondiente se observa que no hay diferencia significativa. Según los resultados obtenidos se puede deducir que en los tratamientos experimentales y en lo que respecta al consumo del extracto acuoso nuestra mayor efectividad en relación a mejorar los niveles de colesterol total.

Gráfico Nro. 1



Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 2
COMPARACIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE CHÍA
(*Salvia Hispánica*) SOBRE LOS NIVELES DE COLESTEROL HDL (HDL-
C) EN BASAL, A LOS 15; 30 Y 45 DÍAS EN UNIDADES EXPERIMENTALES
CON HIPERCOLESTEROLEMIA

Tratamientos	Basal	HDL-C 15 días	HDL-C 30 días	HDL-C 45 días
	± DS	± DS	± DS	± DS
Tratamiento blanco	8.04 ± 2.80	17.2. ± 2.80	21.0 ± 4.20	25.0 ± 4.40
	A	A	C	A
Tratamiento control	10.20 ± 2.90	28.56 ± 1.60	28.0 ± 2.80	26.0 ± 2.20
	A	B	A	A
Tratamiento 1 Experimental 1.0 g Extracto Acuoso	7.80 ± 2.60	11.80 ± 1.40	23.0 ± 1.80	24.0 ± 1.80
	A	B	B	A
Tratamiento Experimental 2 1.5 g de Extracto Acuoso	7.44 ± 2.20	09.90 ± 1.60	25.0 ± 1.60	22.0 ± 1.60
	A	B	B	A
Tratamiento Experimental 3 20 g Extracto Acuoso	8.20 ± 3.40	8.20 ± 1.65	21.00 ± 1.40	23.0 ± 1.80
	A	B	B	A

Fuente: Base de Datos

Letras iguales AA = no hay diferencia significativa
Letras desiguales AB si hay diferencia significativa

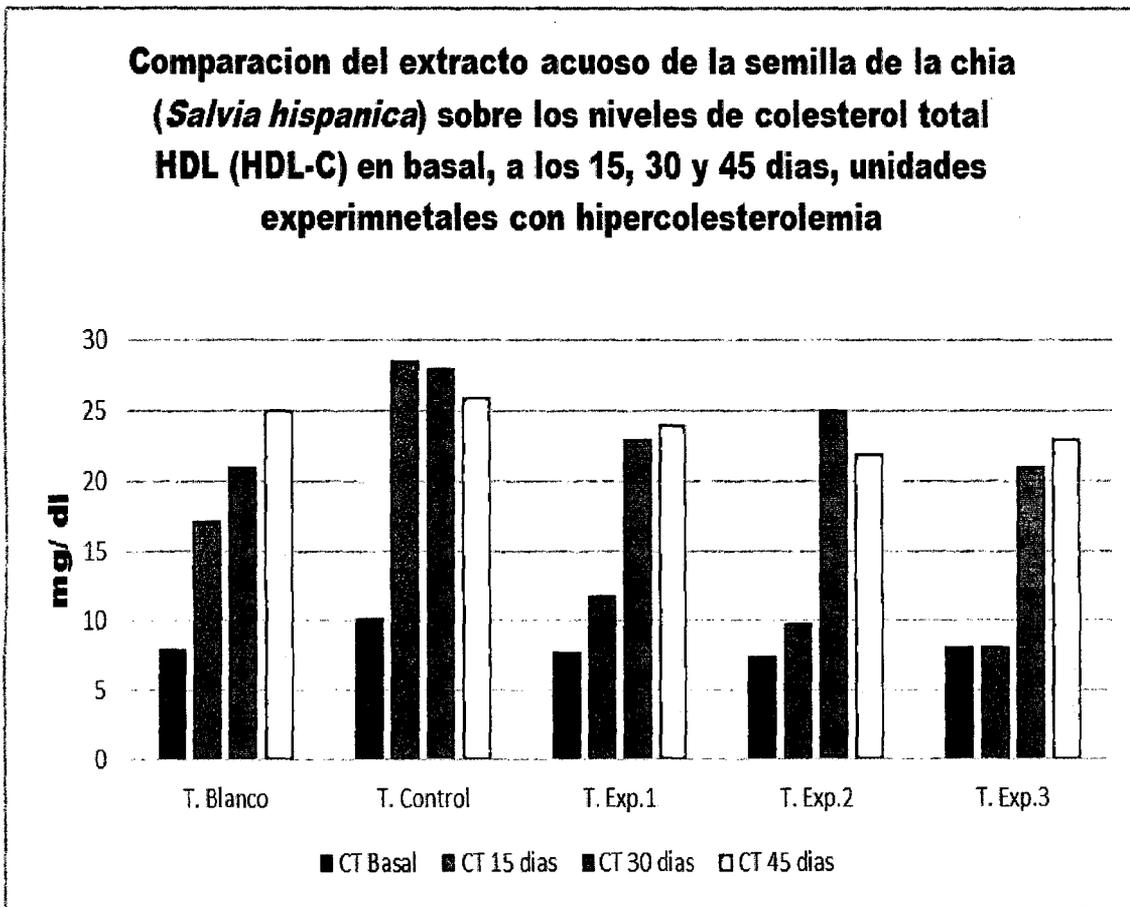
Interpretación

En el siguiente cuadro No. 02, se presenta la comparación. En los niveles de colesterol (HDL-C), determinación basal y en los diferentes tratamientos experimentales en unidades experimentales con hipercolesterolemia que recibieron extracto acuoso de la semilla de Chía considerando también un tratamiento blanco y control, en relación a los valores basales se presenta los valores de 8.04, 10.20, 7.80, 7.44 y 8.20 que corresponde a los tratamientos blanco, control y tratamientos experimentales 1; 2 y 3 respectivamente, cuyos valores son similares y se confirma con el tratamiento estadístico correspondiente, es decir si hay diferencia significativa entre los diversos tratamientos; y al producir hipercolesterolemia a las unidades experimentales durante 15 días, nos muestra los datos de 17.2, 28.56, 11.80, 09.90 y 8.20 que corresponde a los tratamientos blanco, control y experimentales 1;2 y 3 respectivamente, que en relación a los valores basales han disminuido 1.6; 4.0; 2.46, en lo que corresponde a los tratamientos control y a los experimentales 1;2 y 3 si se presenta ninguna modificación, y en relación al tratamiento blanco aumento 9.16; al realizar el tratamiento estadístico a $p \leq 005$ nos indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos control experimentales 1, 2 y 3 pero si hay diferencia significativa con el tratamiento control, y de acuerdo a los resultados obtenidos el de mayor efectividad corresponde al tratamiento experimental 1; a los 30 días aplicado los tratamientos, nos reporta los valores de 28.0, 23.0, 25.0 y 21.00 que corresponde a los tratamientos control, experimentales 1; 2 y 3 respectivamente, mostrando mayor efectividad el tratamiento experimental 2 y el realizar el tratamiento estadístico nos indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Finalmente los valores de HDL-C han permanecido casi constante, es decir, presenta pequeñas fluctuaciones, incluyendo el tratamiento blanco, control.

Al realizar la prueba estadístico correspondiente nos indica que si hay diferencias significativas entre los tratamientos.

Gráfico Nro. 2



Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 3
COMPARACIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE LA CHÍA
(*Salvia hispánica*) EN EL ÍNDICE DE CATELLI A LOS 30 DIAS EN
UNIDADES EXPERIMENTALES CON HIPERCOLESTEROLEMIA

Tratamiento	Colesterol total	Colesterol HDL Y Total	Índice de Castelli	Calificación
Tratamiento blanco	98	21.0	4.66	RM
Tratamiento control	79.2	28.00	2.82	RB
Tratamiento Experimental 1 1.0g Extracto Acuoso	86.2	23.0	3.74	RB
Tratamiento Experimental 2 1.5 g Extracto Acuoso	92.4	25.0	3.69	RB
Tratamiento Experimental 3 2.0g Extracto Acuoso	96.8	21.0	4.60	RM

Fuente: Base de Datos

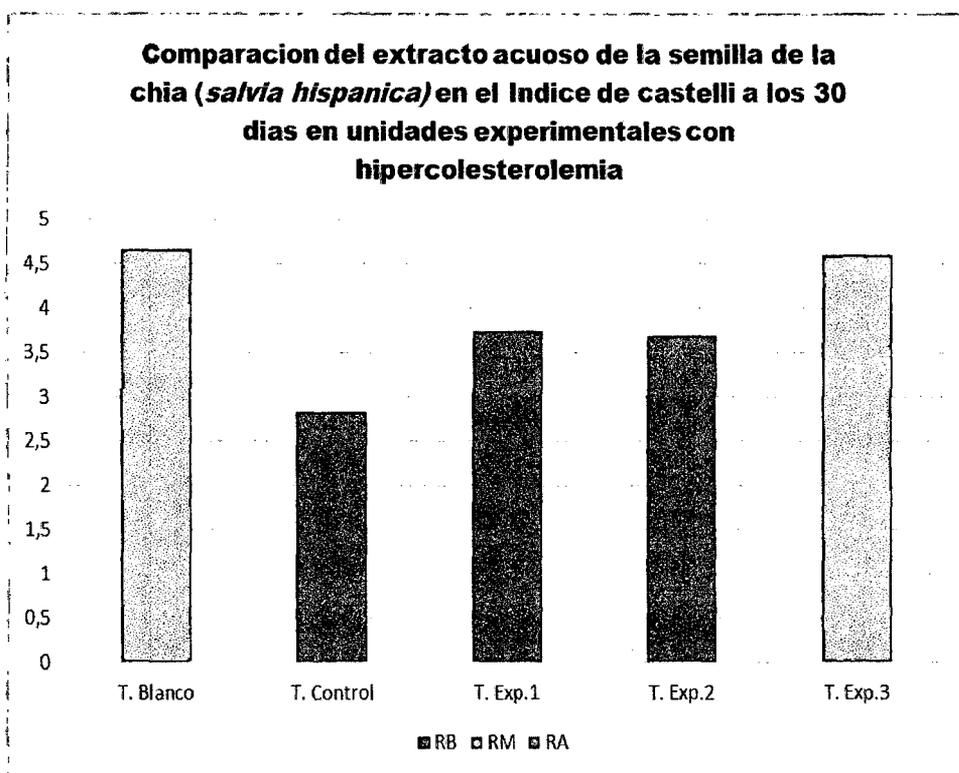
RB = Riesgo bajo < 4.5
 RM = Riesgo moderado 4 -5.7
 RA = Riesgo alto > 7

Interpretación

En el cuadro N° 3, nos muestra la composición del Índice de Castelli en unidades experimentales con hipercolesterolemia, a los que en los tratamientos experimentales 1 y 2 se observa que presenta 3.74 y 3.69 respectivamente que son considerados de riesgo bajo, en cambio el tratamiento experimental 3 presenta 4.60 considerado de riesgo moderado, tratamiento control presenta el índice de Castelli de 2.82 considerado Riesgo bajo, valor menor que los tratamientos experimentales 1 y 2.

Con relación a los resultados obtenidos se pueden deducir que tanto los tratamientos experimentales 1 (1.0 g extracto seco de la semilla de la chía) y el tratamiento experimental 2 (1.5 g extracto seco de la semilla de la chía) muestra mayor efectividad en el tratamiento de las unidades hipercolesterolemicas, al realizar el tratamiento estadístico correspondiente nos indican que no hay diferencia estadística entre dichos tratamientos.

Gráfico N° 3



Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N°4
COMPARACION DEL ÍNDICE DE CASTELLI EN UNIDADES
EXPERIMENTALES CON HIPERCOLESTEROLEMIAS QUE RECIBIERON
EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE LA CHÍA (*Salvia hispánica*) A
LOS 45 DIAS

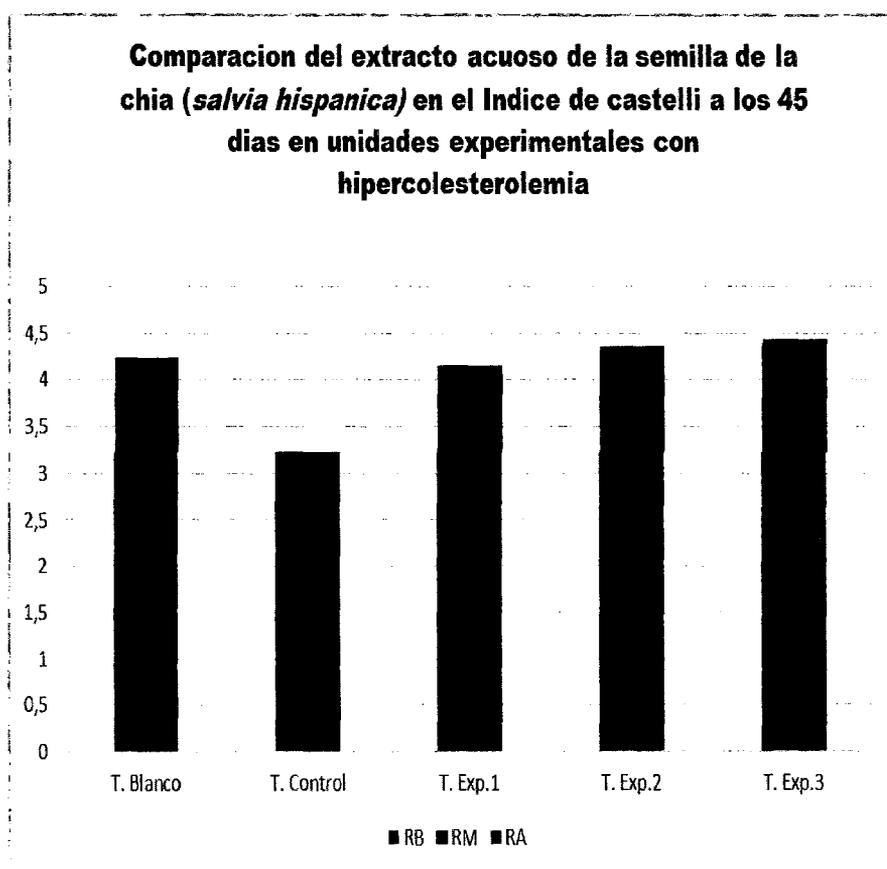
TRATAMIENTO	COLESTEROL TOTAL (C.T)	COLESTEROL HDL (C.HDL)	ÍNDICE DE CASTELLI	CALIFI CACIÓN
TRATAMIENTO BLANCO	106	25.0	4.24	RM
TRATAMIENTO CONTROL	84.2	26.0	3.23	RB
TRATAMIENTO EXPERIMENTAL 1 1.0g DE EXTRACTO ACUOSO	99	24.0	4.15	RM
TRATAMIENTO EXPERIMENTAL 2 1.5g DE EXTRACTO ACUOSO	96	22.0	4.36	RM
TRATAMIENTO EXPERIMENTAL 3 2.0g DE EXTRACTO ACUOSO	102	23.0	4.43	RM

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación

En el cuadro N°4 se muestra la comparación del índice de Castelli en unidades experimentales con hipercolesterolemia que recibieron el extracto acuoso de semilla de la Chía a los 45 días donde se puede apreciar que los valores obtenidos son de 4.15; 4.36 y 4.43 que corresponden a los tratamientos experimentales 1; 2 y 3 respectivamente que son considerados de riesgo moderado.

Gráfico N° 4



Fuente: Elaboración Propia

4.2. Discusión

Se observa que en la mayoría de las familias no tienen acceso al tratamiento farmacológico, es por lo tanto que buscan otras alternativas, buscando información a los especialistas de otros mecanismos y uno de ellos son los alimentos de origen vegetal, que no solo aportan micronutrientes sino que ahí se encuentran ciertos componentes fitoquímicos que pueden prevenir, retardar o curar ciertas enfermedades. Por ello se han realizado estudios que nos muestran su efectividad debido a sus componentes.

Por tal motivo nosotras decidimos estudiar el efecto cardioprotector del consumo del extracto acuoso de la Chía (*Salvia hispánica*) sobre el colesterol total en ratas con hipercolesterolemia inducidas experimentalmente.

La Chía, es una semilla oleaginosa que contiene 0.25g y 0.38 g de aceite donde los mayores constituyentes son los triglicéridos en el que los ácidos grasos poliinsaturados están presentes en altas concentraciones como ácido alfa-linolénico, ácido linoleico, siendo el alfa-linolénico el de mayor abundancia en la semilla de la Chía lo que representa un importancia nutricional destacable porque este participa como precursor de otros ácidos grasos esenciales y además da origen a ciertas prostaglandinas, leucotrienos y tromboxanos con actividad antiinflamatoria, anticoagulante y antiagregante, así mismo la Chía contiene antioxidantes, como las antocianinas, ácido alagico y otros que nuestro organismo producen defendiéndose de los radicales libres que pueden ser utilizados por las enfermedades digestivas, envejecimiento prematuro y una relación importante en desequilibrio del colesterol sanguíneo. Logrando una protección contra las cardiopatías.

Al analizar los resultados obtenidos, se aprecia que los niveles basales de colesterol total y HDL-C, no presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$), a los 15 días en la que las unidades experimentales fueron sometidas a tener hipercolesterolemia estas aumentaron, luego fueron sometidas a los diferentes tratamientos que en el primer análisis de colesterol total se muestra que disminuyen a 86.2 y 92.4 correspondiente a los tratamientos 1 y 2 respectivamente, provocando el efecto del consumo de la Chía, debido al contenido de las antocianinas que permiten regular la concentración de colesterol total.

A los 45 días, en el segundo análisis después de consumir los diversos tratamientos nos reportan que los valores no aumentan considerablemente, es decir el aumento es de 99 y 96 principalmente en relación a los valores de HDL-C, a los 30 días después de haber sometido a los diversos tratamientos aumentan los valores de HDL-C a 23 y 25 que corresponden a los tratamientos 1 y 2 y a los 45 días después del tratamiento son casi similares 24 y 22 que corresponden a los tratamientos 1 y 2, deduciendo que presenta mayor efectividad a los 30 días después del tratamiento final.

Relacionado al índice de Castelli presenta mejor efectividad a los 30 días del tratamiento 1 y 2 que reporta riesgo bajo esto es saludable al comparar con otros estudios como el de Lombargo, la Chía tiene una alta concentración alfa-linolenico, de la serie omega3 cuyo consumo se asocia a una reducción del riesgo de enfermedad cardiovascular.

Y en la que Lombargo (2009) realizo en estudiar de la semilla de la chía (*Salvia hispánica*) que presenta alta concentración de ácido alfa-linolenico de la serie de omega 3 cuyo consumo se asocia con una reducción del riesgo de enfermedad cardiovascular, por otro lado Tosco G. (2000) realizo un estudio sobre los beneficios de la chía; en la que

encuentran DHA de 1:8 y 3:1 respectivamente, valores similares encontrados en la leche humana, además su efecto sobre los niveles de triglicéridos y colesterol, se debe al contenido de los ácidos grasos insaturados que en tres ácido linolenico(c18:3n-3), ácido linolenico(c18:2n-6), y ácido oleico(c18:1n-9), siendo el linolenico el de mayor importancia nutricional destacable porque este participa como precursor de otros ácidos grasos esenciales y además da origen a ciertas prostaglandinas, anticoagulantes y antiagregante, de los obtenidos en un estudio realizado por M, (2006)⁴

Asi mismo, en un estudio según Croda M. (2014)⁶ de evaluación del riesgo cardiovascular empleando el índice de Castelli en estudiantes universitarios, que determinan el riesgo coronario, cuyos resultados fueron similares con nuestro estudio, que de acuerdo al índice de Castelli, el 4% de la población estudiada presenta riesgo cardiovascular, mostrando que hay una similitud con el riesgo coronario entre hombres y mujeres



Capitulo V.
Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

1. Si existe efecto cardioprotector del extracto acuoso de la semilla de la Chía (Salvia hispánica) sobre el colesterol total en ratas con hipercolesterolemia inducida experimentalmente.
2. Los valores de colesterol total obtenidos a los 45 días, de mayor efectividad corresponden al tratamiento 1(1g/kg de peso de extracto acuoso) y 2(1.5 g/kg peso de extracto acuoso).
3. Los valores de colesterol HDL obtenidos a los 45 días, de mayor efectividad correspondiente al tratamiento 1; 2 y 3 son valores similares.
4. Los valores obtenidos a los 45 días del Índice de Castelli de mayor efectividad corresponden a los tratamientos 1 y 2 presentando un riesgo bajo de padecer enfermedades cardiovasculares.

Recomendaciones

1. Presentar esta investigación del extracto acuoso de la semilla de la chía (*Salvia hispánica*.) como terapia alternativa de 15 días para las personas que padecen de hipercolesterolemias, ya que presenta interés nutricional por su contenido de omegas que contribuyen al efecto cardioprotector y de esta forma mejorar la salud de las personas.
2. Difundir las propiedades cardioprotectoras de la semilla de la chía (*salvia hispánica*) encontrados en el presente estudio.
3. Realizar nuevos estudios fotoquímicos para cuantificar los componentes presentes en la semilla de la chía (*salvia hispánica*) e investigar nuevas propiedades.
4. Promover el consumo de la semilla de la chía (*salvia hispánica*) en la dieta de la población.

Bibliografía

1. Lombargo Y. Prueban la semilla de chía para tratar el síndrome metabólico. FUNCEI [en línea]. 2014. [5 de julio del 2014]; no 4045 URL disponible en:
<http://www.docsalud.com/articulo/4045/prueban-la-semilla-de-chia>
2. Tosco G. Los beneficios de la chía en humanos y animales. UQA [en línea].2000.[3 de julio del 2014]; no 2046 URL disponible en:
<Http: www.uqa.com.ar>
3. Wayne Coates. el increíble Supernutriente. [en línea] .new york: Ute Korner Literary; 2000 [5 de julio del 2014]. URL disponible en:
<http://books.google.com.pe/books>
4. Silva M. caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (*salvia hispánica*). Aplicación en Tecnología de Alimentos. [tesis doctoral].Argentina. Universidad Nacional de la Plata.2013. disponible en:
<http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle>
5. García G, Gretel E; Garduño Siciliano, L; Beltrán O. Evaluación del Efecto Hipolipemiante de los extractos de la semilla de Chía (Salvia Hispánica). En ratones con dieta normolipidémica e hipercolesterolémica. En: XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica VII Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica X Jornadas Científicas de Biomedicina y Biotecnología Molecular. México: Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (IPN); 2012.
6. Croda, M; Lopez, J. Evaluación del Riesgo Cardiovascular empelando el Índice de Castelli en estudiantes de Nutrición. Mexico.2014.

7. Chávez, E; Romero, N. Índice alergénico en pacientes pre menopáusicas. Vol. 111.Nº 2. Mayo – Agosto archivo de Investigación de Materna Infantil. México.2011.
8. Callantes M. Efecto del consumo de Polimnia Sonchifolia (yacón) en los niveles de lípidos en pacientes dislipidémicos. Renut. Perú. Facultad De Ciencias de la Salud. Universidad Peruana Unión. 2009.
9. Elea. Chía la mayor vegetal de omega3.[sitio en internet] disponible en :

www.chiacaps.com/docs/monografia_chia.pdf. Acceso el 20 de Julio 2015.
10. Jaramillo Garses, Yamileth. La Chía (Salvia Hispánica), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables [tesis para optar el grado de licenciatura de especialista en alimentación y nutrición]. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista; 2013.
11. Gonzales Jiménez, Francisco. Caracterización de compuestos fenólicos presentes en la semilla y aceite de la Chía (Salvia Hispánica), mediante electroforesis capilar [tesis para optar el grado de maestro en ciencias de alimentos].México; Instituto Politécnico Nacional; 2010.
12. Salgado M; Cedillo D; Beltrán M. Estudio de las propiedades funcionales de la semilla de Chía (Salvia Hispánica) y de la fibra dietaría obtenida de la misma. Realizada en el VII Congreso Nacional de Ciencias de los Alimentos III Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos Guanajuato; 2010.
13. Jiménez, P. composición química de la semilla de la Chía. Tomo I. Chile: Universidad de Chile; 2011.
14. Túnez Galván A; Determinación de perfil lipídico. En: Bermúdez de la Torre J, Dir. Perfil lipídico. Tomo II. Córdoba, Masson; 2008 Departamento de Bioquímica y Biología Molecular; 2008. p. 200-250.

15. Blanco de Alvarado T. Alimentación en Nutrición. Fundamentos y nuevos criterios. Tomo I. Lima – Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2007.
16. Sacha Duran H. La gran revolución de las grasas. 1ra edición. Lima- Perú: Universidad Peruana Unión. 2005.
17. Mataix, Nutrición humana, tomo I y tomo II. MMU .Editorial océano.Barcelona - España. 2012.
18. Organización Panamericana de Salud. Conocimientos actuales sobre Nutrición.octava edición. Internacional Life Sciences.Whashinton-EE.UU.2001.
19. Murray Garey L .Bioquímica de marper.16va edición. Editorial el moderno. México.2004
20. Grannony, W. Fisiología médica. Editorial el manual moderno. México.2000
21. Pinedo E, De Alvarado E. Metodología de la Investigación, Manual para el Desarrollo de personal de Salud. 2ª ed. Organización Panamericana de la Salud PALTEX; 2004.

Anexos

ANEXO 1

FICHA DE CONTROL DE COLESTEROL TOTAL Y C-HDL

TRATAMIENTO 1

(1.0GR DE LA SEMILLA DE LA CHÍA)

Fecha de toma de muestra:

Sexo:

raza:

LIPIDOS	BASAL Antes del tratamiento	Muestra del hipercolesterolemia Antes del tratamiento	con	A los 30 días del tratamiento	A los 45 días del tratamiento
COLESTEROL TOTAL					
HDL-C					

ANEXO 2

FICHA DE CONTROL DE COLESTEROL TOTAL Y C-HDL TRATAMIENTO 2 (1.5 GR DEL EXTRACTO ACUOSO LA SEMILLA DE LA CHÍA)

Fecha de toma de muestra:

Sexo:

raza:

LIPIDOS	BASAL Antes del tratamiento	Muestra con hipercolesterolemia Antes del tratamiento	A los 15 días del tratamiento	A los 30 días del tratamiento
COLESTEROL TOTAL				
HDL-C				

ANEXO 3

FICHA DE CONTROL DE COLESTEROL TOTAL Y C-HDL

TRATAMIENTO 3

(2.0 GR DEL EXTRACTO ACUOSO DE LA SEMILLA DE LA CHÍA)

Fecha de toma de muestra:

Sexo:

raza:

LIPIDOS	BASAL Antes del tratamiento	Muestra con hipercolesterolemia Antes del tratamiento	A los 15 días del tratamiento	A los 30 días del tratamiento
COLESTEROL TOTAL				
HDL-C				

ANEXO 4
FICHA TECNICA

Composición de las semillas de chía por 100g	
Nutriente	Contenido
Calorías (Kcal)	472
Carbohidratos (g)	47,87
Proteínas (g)	16,62
Grasas (g)	26,25
<i>de las cuales saturadas (g)</i>	10,54
<i>de las cuales monoinsaturadas (g)</i>	7,26
<i>de las cuales poliinsaturadas (g)</i>	7,28
Fibra (g)	38
Vitamina B1 o tiamina (mg)	0,87
Vitamina B2 o riboflavina (mg)	0,17
Vitamina B3 o niacina (mg)	5,82
Vitamina B5 o ácido pantoténico (mg)	0,94
Vitamina B9 o ácido fólico (mcg)	114
Vitamina C (mg)	15,7
Vitamina A (UI)	36
Calcio (mg)	529
Magnesio (mg)	77
Fósforo (mg)	604
Potasio (mg)	1031
Sodio (mg)	39
Zinc (mg)	5,32
Cobre (mg)	1,66
Manganeso (mg)	1,36

ANEXO 5

FOTOGRAFIAS

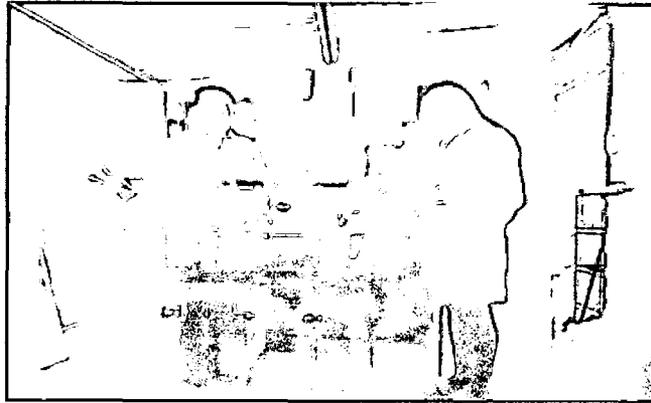


Imagen 1. En esta imagen se aprecia el bioterio de la facultad de ciencias Biológicas de la escuela de Nutrición lugar donde se llevó a cabo nuestro trabajo de investigación.

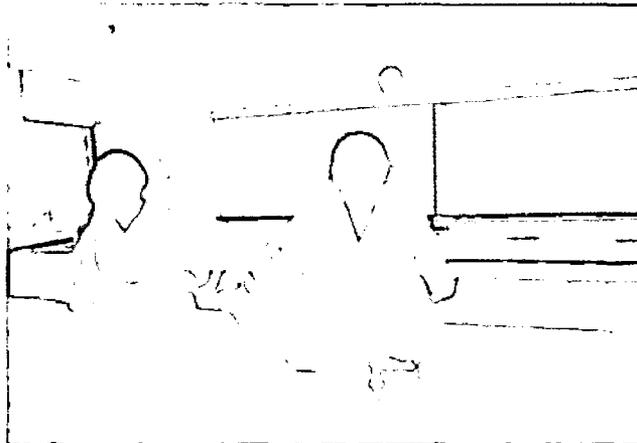


Imagen 2 En esta imagen se aprecia el momento cuando las ratas fueron pesadas antes de empezar con a dieta en el laboratorio de la escuela de Nutrición.

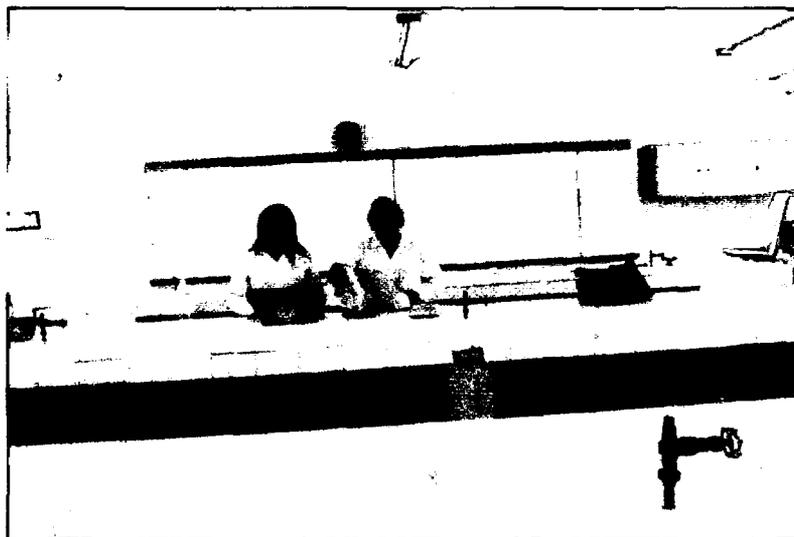


Imagen 3 en esta imagen se aprecia el segundo pesajes a las unidades de experimentación en el laboratorio de la escuela de nutrición

