



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**EVALUACIÓN DEL EFECTO HIPOCOLESTEROLÉMICO DEL
EXTRACTO ETANÓLICO DEL FRUTO DE *Bactris gasipaes* EN
Rattus norvegicus CON DISLIPIDEMIA INDUCIDA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

AUTORA: YESENIA ELIZABETH CUADRADO FLORES

DIRECTORA: Lic. KAREN LISSETH ACOSTA LEÓN, M.Sc

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Yesenia Elizabeth Cuadrado Flores

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, YESENIA ELIZABETH CUADRADO FLORES, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 28 de febrero de 2023

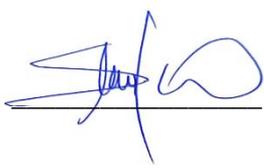
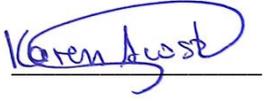
A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Yesenia Elizabeth Cuadrado Flores", with some stylized flourishes and a large initial 'Y'.

Yesenia Elizabeth Cuadrado Flores

060474454-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Trabajo Experimental, **EVALUACIÓN DEL EFECTO HIPOCOLESTEROLÉMICO DEL EXTRACTO ETANÓLICO DEL FRUTO DE *Bactris gasipaes* EN *Rattus norvegicus* CON DISLIPIDEMIA INDUCIDA**, realizado por la señorita **YESENIA ELIZABETH CUADRADO FLORES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
BQF. Byron Stalin Rojas Oviedo PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023 – 02 – 28
Lic. Karen Liseth Acosta León, M.Sc. DIRECTORA DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023 – 02 – 28
BQF. Mónica Jimena Concha Guaila, M.Sc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2023 – 02 – 28

DEDICATORIA

El presente trabajo experimental lo dedico a Dios por haberme acompañado y dado la sabiduría y fortaleza durante todo este proceso académico. A mis padres Ramiro y Faviola, quienes con su amor me han apoyado a pesar de las dificultades que se han presentado durante este camino, por aconsejarme e impartir en mí, valores y principios, los cuales han sido fundamentales para cumplir con esta meta. A mis hermanos Darío, Danny, David; a mi sobrina Scarlet, cuñada María y a mis amigos especialmente a Alisson, Isabel y Sandrita por motivarme constantemente para alcanzar mis sueños en el ámbito profesional.

Yesenia

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo experimental le retribuyo a Dios por bendecirme y ser esa guía constante, para la culminación de la etapa y el cumplimiento de metas y objetivos personales. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por la oportunidad de seguir estudiando para crecer profesionalmente. A mi tutora de tesis, Lcda. Karen Acosta León; por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, visión crítica, experiencia, paciencia y motivación han logrado que pueda terminar mis estudios con éxito. A mis padres, hermanos, familia y amigos, a quienes me encantaría agradecerles por sus consejos, apoyo, ánimo y compañía en todos los momentos. Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

Yesenia

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes de investigación.....	5
2.2. Referencias teóricas.....	6
2.2.1. <i>Colesterol</i>	6
2.2.1.1. <i>Vía endógena</i>	7
2.2.1.2. <i>Vía exógena</i>	8
2.2.1.3. <i>Funciones del colesterol</i>	9
2.2.1.4. <i>Transporte de colesterol</i>	9
2.2.1.5. <i>Alimentos ricos en colesterol</i>	10
2.2.2. <i>Hipercolesterolemia</i>	11
2.2.2.1. <i>Clasificación de hipercolesterolemias</i>	11
2.2.2.2. <i>Síntomas</i>	12
2.2.2.3. <i>Factores de riesgo</i>	12
2.2.2.4. <i>Diagnóstico</i>	13

2.2.2.5.	<i>Tratamiento</i>	14
2.2.3.	<i>Perfil lipídico</i>	16
2.2.4.	<i>Fitoesteroles</i>	16
2.2.5.	<i>Bactris gasipaes (Chontaduro)</i>	17
2.2.5.1.	<i>Taxonomía</i>	17
2.2.5.2.	<i>Hábitat.</i>	17
2.2.5.3.	<i>Distribución</i>	18
2.2.5.4.	<i>Composición química</i>	18
2.2.5.5.	<i>Usos y propiedades</i>	19
2.2.6.	<i>Animales de experimentación</i>	20
2.2.6.1.	<i>Rattus norvegicus</i>	20
2.2.6.2.	<i>Valores bioquímicos de sangre en Rattus norvegicus</i>	21
2.2.7.	<i>Técnica de extracción de sangre</i>	22
2.2.8.	<i>Fitoterapia</i>	22
2.2.9.	<i>Métodos de extracción</i>	22

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	23
3.1.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	23
3.2.	Lugar de Investigación	24
3.3.	Tipo y Diseño de Investigación	24
3.3.1.	<i>Tipo de investigación</i>	24
3.3.2.	<i>Diseño de investigación</i>	24
3.4.	Población de estudio	25
3.4.1.	<i>Población de la variable dependiente</i>	25
3.4.2.	<i>Población de la variable independiente</i>	25
3.4.2.1.	<i>Criterios de inclusión</i>	25
3.4.2.2.	<i>Criterios de exclusión</i>	25
3.5.	Material, Equipos y Reactivos	25
3.5.1.	<i>Materia prima vegetal</i>	25
3.5.2.	<i>Material biológico</i>	26
3.5.3.	<i>Materiales de laboratorio</i>	26
3.5.4.	<i>Equipos</i>	27
3.5.5.	<i>Reactivos</i>	27
3.6.	Técnica de recolección de datos	28
3.7.	Técnica de análisis de la droga vegetal	28

3.7.1.	<i>Ensayo botánico</i>	28
3.7.1.1.	<i>Recolección de la especie vegetal</i>	28
3.7.1.2.	<i>Identificación botánica</i>	29
3.7.1.3.	<i>Evaluación macromorfológica de la especie vegetal</i>	29
3.7.1.4.	<i>Evaluación micromorfológica de la especie vegetal</i>	29
3.7.1.5.	<i>Obtención de la muestra seca de <i>Bactris gasipaes</i></i>	29
3.7.2.	<i>Análisis organoléptico de la droga vegetal</i>	29
3.7.3.	<i>Análisis fisicoquímico</i>	30
3.7.3.1.	<i>Determinación del contenido de humedad</i>	30
3.7.3.2.	<i>Determinación de cenizas totales</i>	30
3.7.3.3.	<i>Determinación de cenizas solubles en agua</i>	31
3.7.3.4.	<i>Determinación de cenizas insolubles en Ácido clorhídrico</i>	31
3.7.4.	<i>Tamizaje fitoquímico</i>	32
3.7.4.1.	<i>Elaboración del extracto</i>	32
3.7.4.2.	<i>Ensayo de Sudan</i>	34
3.7.4.3.	<i>Ensayo de Dragendorff</i>	34
3.7.4.4.	<i>Ensayo de Mayer</i>	34
3.7.4.5.	<i>Ensayo de Wagner</i>	35
3.7.4.6.	<i>Ensayo de Baljet</i>	35
3.7.4.7.	<i>Ensayo de Libermann Buchard</i>	35
3.7.4.8.	<i>Ensayo de Zack</i>	35
3.7.4.9.	<i>Ensayo de Catequinas</i>	36
3.7.4.10.	<i>Ensayo Fehling</i>	36
3.7.4.11.	<i>Ensayo de Resinas</i>	36
3.7.4.12.	<i>Ensayo de Espuma</i>	36
3.7.4.13.	<i>Ensayo de Cloruro Férrico (Cl₃Fe)</i>	36
3.7.4.14.	<i>Ensayo de Bontrager</i>	37
3.7.4.15.	<i>Ensayo de Antociandina</i>	37
3.7.4.16.	<i>Ensayo de Shinoda</i>	37
3.7.4.17.	<i>Ensayo de Mucílagos</i>	37
3.7.4.18.	<i>Ensayo de Principios Amargos y astringentes</i>	38
3.7.5.	<i>Preparación del extracto hidroalcohólico liofilizado de <i>Bactris gasipaes</i></i>	38
3.7.6.	<i>Control de calidad del extracto hidroalcohólico</i>	38
3.7.6.1.	<i>Requisitos organolépticos</i>	38
3.7.6.2.	<i>Determinación de la densidad relativa</i>	38
3.7.6.3.	<i>Determinación del pH</i>	39
3.7.6.4.	<i>Determinación del índice de refracción</i>	39

3.7.6.5.	<i>Determinación de sólidos totales</i>	39
3.7.6.6.	<i>Evaluación microbiológica</i>	39
3.7.7.	<i>Actividad hipocolesterolémica del extracto hidroalcohólico del fruto de <i>Bactris gasipaes</i></i>	40
3.7.7.1.	<i>Fase de climatización de los modelos experimentales</i>	40
3.7.7.2.	<i>Selección de los modelos experimentales</i>	41
3.7.7.3.	<i>Fase de inducción de dislipidemia en los modelos experimentales</i>	41
3.7.7.4.	<i>Fase de aplicación de los tratamientos en los modelos experimentales</i>	41
3.7.7.5.	<i>Determinación de los parámetros bioquímico-lipídicos</i>	42
3.7.7.6.	<i>Análisis de resultados</i>	42

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	43
4.1.	Ensayos botánicos	43
4.1.1.	<i>Identificación de la especie vegetal</i>	43
4.1.2.	<i>Análisis macro y micromorfológico de <i>Bactris gasipaes</i></i>	43
4.1.2.1.	<i>Análisis macromorfológico de <i>Bactris gasipaes</i></i>	43
4.1.2.2.	<i>Análisis micro morfológico de <i>Bactris gasipaes</i></i>	46
4.1.3.	<i>Análisis organoléptico del fruto de <i>Bactris gasipaes</i></i>	48
4.2.	Ensayos fisicoquímicos	48
4.2.1.	<i>Determinación de cenizas</i>	48
4.2.2.	<i>Determinación de humedad</i>	49
4.3.	Tamizaje fitoquímico	50
4.4.	Control de calidad del extracto etanólico del fruto de <i>Bactris gasipaes</i>	52
4.4.1.	<i>Requisitos organolépticos</i>	52
4.4.2.	<i>Determinación de la densidad relativa</i>	53
4.4.3.	<i>Determinación del pH</i>	53
4.4.4.	<i>Determinación del índice de refracción</i>	54
4.4.5.	<i>Determinación de sólidos totales</i>	54
4.5.	Obtención del extracto etanólico del fruto de <i>Bactris gasipaes</i>	55
4.6.	Evaluación de la actividad hipocolesterolémica del fruto de <i>Bactris gasipaes</i>	55
4.6.1.	<i>Inducción de hipercolesterolemia a las ratas (<i>Rattus norvegicus</i>)</i>	55
4.6.2.	<i>Análisis de los tratamientos a base del fruto de <i>Bactris gasipaes</i></i>	56
4.6.2.1.	<i>Preparación de los tratamientos</i>	56
4.6.2.2.	<i>Análisis microbiológico de los tratamientos preparados a base del extracto etanólico del fruto de <i>Bactris gasipaes</i></i>	56

4.6.2.3.	<i>Administración de los tratamientos a los grupos de Rattus norvegicus</i>	57
4.6.3.	<i>Valores promedio del peso corporal de Rattus norvegicus durante el tratamiento</i>	58
4.6.4.	<i>Análisis estadístico del peso corporal de Rattus norvegicus durante el tratamiento</i>	59
4.6.4.1.	<i>Prueba T pareada</i>	59
4.6.4.2.	<i>Análisis ANOVA</i>	63
4.6.5.	<i>Valores promedio de colesterol total sérico durante la administración de los tratamientos</i>	66
4.6.6.	<i>Análisis estadístico de los valores de colesterol total sérico durante la administración de los tratamientos</i>	68
4.6.6.1.	<i>Prueba T pareada</i>	68
4.6.6.2.	<i>Análisis ANOVA</i>	72
4.7.	Discusión	77
4.8.	Metabolitos vinculados con la disminución de CT	79
CONCLUSIONES		81
RECOMENDACIONES		82
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Alimentos que contienen colesterol.....	10
Tabla 2-2:	Niveles normales de los tipos de colesterol.....	13
Tabla 3-2:	Valores para identificar la hipercolesterolemia.....	13
Tabla 4-2:	Fármacos empleados para tratar la hipercolesterolemia.....	15
Tabla 5-2:	Taxonomía de la especie <i>Bactris gasipes Kunt.</i>	17
Tabla 6-2:	Porcentaje de ácidos grasos del fruto del chontaduro.....	18
Tabla 7-2:	Porcentaje de tocoferoles del fruto del chontaduro	19
Tabla 8-2:	Porcentaje de los esteroides del fruto del chontaduro	19
Tabla 9-2:	Información taxonómica de <i>Rattus norvegicus</i>	21
Tabla 10-2:	Valores bioquímicos en sangre de <i>Rattus norvegicus</i>	21
Tabla 1-3:	Selección de los modelos experimentales	41
Tabla 1-4:	Taxonomía de <i>Bactris gasipaes</i>	43
Tabla 2-4:	Análisis organoléptico del fruto de <i>Bactris gasipaes</i>	48
Tabla 3-4:	Resultados de cenizas totales, solubles en agua y en ácido de la droga vegetal cruda de <i>Bactris gasipaes</i>	49
Tabla 4-4:	Resultados de humedad de la droga vegetal cruda de <i>Bactris gasipaes</i>	50
Tabla 5-4:	Tamizaje fitoquímico de los extractos del fruto de <i>Bactris gasipaes</i>	51
Tabla 6-4:	Características organolépticas del extracto etanólico de <i>Bactris gasipaes</i>	53
Tabla 7-4:	Densidad del extracto del fruto de <i>Bactris gasipaes</i>	53
Tabla 8-4:	Valores del pH del extracto del fruto de <i>Bactris gasipaes</i>	54
Tabla 9-4:	Valores del índice de refracción del extracto del fruto de <i>Bactris gasipaes</i>	54
Tabla 10-4:	Valores de sólidos totales del extracto del fruto de <i>Bactris gasipaes</i>	55
Tabla 11-4:	Valores de colesterol total al finalizar la dieta en <i>Rattus norvegicus</i>	56
Tabla 12-4:	Control microbiológico de los tratamientos preparados a base del extracto	57
Tabla 13-4:	Tratamientos administrados a los grupos de <i>Rattus norvegicus</i>	58
Tabla 14-4:	Valores promedio del peso corporal de <i>Rattus norvegicus</i> durante el tratamiento	58
Tabla 15-4:	Peso corporal en gramos de <i>Rattus norvegicus</i> del grupo blanco	60
Tabla 16-4:	Prueba aplicada al Grupo Blanco	60
Tabla 17-4:	Peso corporal en gramos de <i>Rattus norvegicus</i> del grupo CP	60
Tabla 18-4:	Prueba del grupo CP.....	60
Tabla 19-4:	Peso corporal en gramos de <i>Rattus norvegicus</i> del grupo CN.....	61
Tabla 20-4:	Prueba del grupo CN	61

Tabla 21-4:	Peso corporal en gramos de <i>Rattus norvegicus</i> del grupo Extracto de Bg 1 (25 mg/kg)	61
Tabla 22-4:	Prueba del grupo EBG 1	62
Tabla 23-4:	Peso corporal en gramos de <i>Rattus norvegicus</i> del grupo Extracto de Bg 2 (50 mg/kg)	62
Tabla 24-4:	Prueba del grupo EBG 2	62
Tabla 25-4:	Peso corporal en gramos de <i>Rattus norvegicus</i> del grupo Extracto de Bg 3 (100 mg/kg)	63
Tabla 26-4:	Prueba del grupo EBG 3	63
Tabla 27-4:	Análisis ANOVA al inicio del tratamiento	63
Tabla 28-4:	Análisis de varianza al inicio del tratamiento	64
Tabla 29-4:	Test de Tukey cada tratamiento	64
Tabla 30-4:	Análisis ANOVA al final del tratamiento	65
Tabla 31-4:	Análisis de varianza al final del tratamiento	65
Tabla 32-4:	Test de Tukey cada tratamiento	66
Tabla 33-4:	Valores promedio de Colesterol Total de <i>Rattus norvegicus</i>	67
Tabla 34-4:	Valores de colesterol (mg/dL) de <i>Rattus norvegicus</i> del Grupo Blanco	68
Tabla 35-4:	Prueba del Grupo Blanco	68
Tabla 36-4:	Valores de colesterol (mg/dL) de <i>Rattus norvegicus</i> del Grupo Control Positivo	69
Tabla 37-4:	Prueba del Grupo Control Positivo	69
Tabla 38-4:	Valores de colesterol (mg/dL) de <i>Rattus norvegicus</i> del Grupo Control Negativo	69
Tabla 39-4:	Prueba del Grupo Control Negativo	70
Tabla 40-4:	Valores de colesterol (mg/dL) de <i>Rattus norvegicus</i> del Grupo EGB 1 (25mg/kg)	70
Tabla 41-4:	Prueba del grupo EGB 1	70
Tabla 42-4:	Valores de colesterol (mg/dL) de <i>Rattus norvegicus</i> del Grupo EGB 2 (50mg/kg)	71
Tabla 43-4:	Prueba del Grupo EGB 2	71
Tabla 44-4:	Valores de colesterol (mg/dL) de <i>Rattus norvegicus</i> del Grupo EGB 3 (100mg/kg)	71
Tabla 45-4:	Prueba del Grupo EGB 3	72
Tabla 46-4:	Análisis ANOVA de los valores de CT al inicio del tratamiento	72
Tabla 47-4:	Análisis de varianza al inicio del tratamiento	72
Tabla 48-4:	Test de Tukey de CT al inicio del tratamiento	73
Tabla 49-4:	Análisis ANOVA de los valores de CT a los 15 días del tratamiento	74

Tabla 50-4:	Análisis de varianza a los 15 días del tratamiento.....	74
Tabla 51-4:	Test de Tukey cada tratamiento.....	74
Tabla 52-4:	Análisis ANOVA de los valores de CT al final del tratamiento.....	75
Tabla 53-4:	Análisis de varianza al final del tratamiento	76
Tabla 54-4:	Test de Tukey cada tratamiento de los valores de CT al final.....	76

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Estructura química de la molécula de colesterol	7
Ilustración 2-2:	Homeostasis general del colesterol en el organismo.....	8
Ilustración 3-2:	Aumento de la placa aterosclerótica.....	11
Ilustración 4-2:	Especie <i>Bactris gasipaes</i> Kunt.	17
Ilustración 1-3:	Metodología para el desarrollo de la evaluación del efecto hipocolesterolémico	23
Ilustración 2-3:	Procedimiento de preparación de extractos.....	32
Ilustración 3-3:	Ensayos fitoquímicos en el extracto etéreo	33
Ilustración 4-3:	Ensayos fitoquímicos del extracto alcohólico	33
Ilustración 5-3:	Ensayos fitoquímicos del extracto acuoso.....	34
Ilustración 1-4:	A) Palma de <i>Bactris gasipaes</i> . B) Tallo de <i>Bactris gasipaes</i>	44
Ilustración 2-4:	Hojas de <i>Bactris gasipaes</i>	44
Ilustración 3-4:	Racimos de frutos de <i>Bactris gasipaes</i>	45
Ilustración 4-4:	A) Fruto y; B) Partes de la semilla de <i>Bactris gasipaes</i>	46
Ilustración 5-4:	A) Corte longitudinal de las hojas, con suero fisiológico B) Corte transversal de	46
Ilustración 6-4:	Corte longitudinal de la raíz	47
Ilustración 7-4:	Corte longitudinal del tallo.....	47
Ilustración 8-4:	A) Corte transversal del fruto, tinción: azul de metileno B) Corte transversal del.....	47
Ilustración 9-4:	Peso corporal de <i>Rattus norvegicus</i> al inicio y final del tratamiento.....	59
Ilustración 10-4:	Test de Tukey del peso corporal al inicio del tratamiento.....	65
Ilustración 11-4:	Test de Tukey del peso corporal al final del tratamiento	66
Ilustración 12-4:	Valores de CT de <i>Rattus norvegicus</i> al inicio, 15 días y final del tratamiento... ..	67
Ilustración 13-4:	Test de Tukey de los valores de colesterol total sérico al inicio del tratamiento.	73
Ilustración 14-4:	Test de Tukey de los valores de colesterol total sérico a los 15 días del tratamiento.....	75
Ilustración 15-4:	Test de Tukey de los valores de colesterol total sérico al final del tratamiento	77
Ilustración 16-4:	Estructuras químicas de los ácidos grasos	79
Ilustración 17-4:	Estructuras químicas de los tocoferoles	80
Ilustración 18-4:	Estructuras químicas de los esteroides	80

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CERTIFICADO DEL HERBARIO DE LA IDENTIFICACIÓN DE *Bactris gasipaes*
- ANEXO B:** SELECCIÓN, LAVADO Y SECADO DEL FRUTO DE *Bactris gasipaes*
- ANEXO C:** MOLIENDA DEL FRUTO SECO DE *Bactris gasipaes*
- ANEXO D:** CONTROL DE CALIDAD DE LA DROGA VEGETAL CRUDA
- ANEXO E:** PREPARACIÓN DE LOS EXTRACTOS ETÉREO, ALCOHÓLICO Y ACUOSO
- ANEXO F:** TAMIZAJE FITOQUÍMICO DE LOS EXTRACTOS DEL FRUTO DE *Bactris gasipaes*
- ANEXO G:** PREPARACIÓN DEL EXTRACTO ETANÓLICO DEL FRUTO DE *Bactris gasipaes*
- ANEXO H:** CONTROL DE CALIDAD DEL EXTRACTO ETANÓLICO DEL FRUTO DE *Bactris gasipaes*
- ANEXO I:** CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS TRATAMIENTOS
- ANEXO J:** EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD HIPOCOLESTEROLEMIA DEL FRUTO DE *Bactris gasipaes*

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

DPPH	1,1-difenil-2-picrilhidrazilo.
HPLC	Cromatografía líquida de alta eficacia.
C-HDL	Colesterol de alta densidad.
C-LDL	Colesterol de baja densidad.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
MRFIT	Multiple Risk Factor Intervention Trial.
HF	hipercolesterolemia familiar.
HMG-CoAR	3-hidroxi-3-metilglutaril coenzima A reductasa.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto hipocolesterolémico del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes* (chontaduro) mediante la inducción de dislipidemia en *Rattus norvegicus*. Se realizaron ensayos para determinar la calidad de la materia prima: humedad, cenizas, sólidos totales, índice de refracción, pH. Para identificar los metabolitos secundarios presentes en la especie se utilizaron diversas pruebas del tamizaje fitoquímico. La extracción de metabolitos secundarios se hizo por medio del método de maceración con solventes orgánicos con su posterior concentración y liofilización. Para la cuantificación de los niveles de colesterol total de *Rattus norvegicus* se hizo por medio del equipo médico Q.Check LPTs, siendo el valor de referencia de 44-88 mg/dL. Se realizaron dos repeticiones para obtener los resultados de cada prueba. En la inducción de dislipidemia a las ratas se empleó una dieta alta en grasas con aceite de coco y leche, en cuanto a la preparación de los tratamientos se utilizó propilenglicol al 50 % y se generó tres concentraciones diferentes del extracto siendo 25, 50 y 100 mg/kg, comparándolos con atorvastatina 10 mg/kg. Para el análisis estadístico de varianzas (ANOVA) se usó la herramienta MiniTab. Se evidenció que la materia vegetal cruda tuvo una calidad buena, mientras que las condiciones de elaboración y almacenamiento del extracto etanólico fueron las adecuadas., además se observó que las ratas albinas presentaron un incremento del peso corporal con la dieta implementada y una disminución de este en conjunto con los niveles del colesterol total sérico. Se observó que el grupo tratado con dosis de 100 mg/kg tiene mayor efecto hipocolesterolémico, siendo una efectividad similar a la atorvastatina que se empleó como grupo control positivo. Se recomienda realizar otros estudios acerca del perfil lipídico sobre la especie *Bactris gasipaes*.

Palabras clave: <FITOESTEROLES>, <CHONTADURO (*Bactris gasipaes*)>, <EXTRACTO ETANÓLICO>, <DIETA DE CAFETERÍA>, <HIPERCOLESTEROLEMIA>.

0508-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the hypocholesterolemic effect of the ethanolic extract of *Bactris gasipaes* (peach palm) fruit by inducing dyslipidemia in *Rattus norvegicus*. Tests were carried out to determine the quality of the raw material: moisture, ash, total solids, refractive index, pH. Various phytochemical screening tests were used to identify the secondary metabolites present in the species. The extraction of secondary metabolites was done by means of the maceration method with organic solvents with subsequent concentration and lyophilization. The quantification of total cholesterol levels of *Rattus norvegicus* was done by means of the medical equipment Q.Check LPTs, being the reference value of 44-88 mg/dL. Two repetitions were performed to obtain the results of each test. In the induction of dyslipidemia in the rats, a high-fat diet with coconut oil and milk was used. For the preparation of the treatments, 50% propylene glycol was used and three different concentrations of the extract were generated at 25, 50 and 100 mg/kg, comparing them with atorvastatin 10 mg/kg. For the statistical analysis of variance (ANOVA), the MiniTab tool was used. It was evidenced that the crude vegetable matter had a good quality, while the processing and storage conditions of the ethanolic extract were adequate; it was also observed that the albino rats presented an increase in body weight with the implemented diet and a decrease of this in conjunction with the levels of serum total cholesterol. It was observed that the group treated with doses of 100 mg/kg had a greater hypocholesterolemic effect, with a similar effectiveness of atorvastatin, which was used as a positive control group. Further studies on the lipid profile of *Bactris gasipaes* species are recommended.

Keywords: <PHYTOESTEROLS>, <PEACH PALM (*Bactris gasipaes*)>, <ETHANOLIC EXTRACT>, <CAFETERIA DIET>, <HYPERCHOLESTEROLEMIA>.



Lic. Edison Hernán Salazar Calderón

C.I: 060318469-8

INTRODUCCIÓN

La hipercolesterolemia es un trastorno de los niveles de lípidos en la sangre que genera el aumento del colesterol total, no presenta síntomas perceptibles, sin embargo, se asocia al desarrollo de enfermedades cardiovasculares (Carrero et al, 2020, p. 126-139). Esta enfermedad se manifiesta en todo el mundo, en países desarrollados y subdesarrollados, la OMS advierte un aumento significativo de casos cada año, actualmente 30 millones de adultos de entre 20 a 59 años la padecen (Alwan et al., 2011, pp. 3 -10). En Ecuador, la tasa es del 28,3% - 40,7% (Freire et al., 2014, pp. 15 -16; Carrera, 2020, pp. 7 -9).

Considerando la crisis que atraviesa el Ecuador en cuanto desabastecimiento de medicamentos (solo el 6% del total de medicamentos son utilizados para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, hipertensión y dislipemia) acentuado por la actual pandemia de COVID-19, y el estilo de vida sedentario, con mayor consumo de alimentos procesados y consumo excesivo de azúcar, que adoptó la población durante el confinamiento (Rico, 2020, pp. 1-10); y aprovechando la fitoterapia como tratamiento alternativo para paliar, curar o disminuir la enfermedad debido a sus propiedades naturales (Mena y Calisí, 2021, pp. 1 – 7).

Se ha realizado el presente estudio con el objetivo de comprobar el posible efecto hipocolesterolémico del fruto de *Bactris gasipaes* (chontaduro), determinando en primer lugar, la calidad del fruto mediante ensayos organolépticos, botánicos y fisicoquímicos, identificando cualitativamente los metabolitos secundarios y finalmente determinando el efecto hipocolesterolémico en varias dosis del extracto etanólico.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

La hipercolesterolemia ha ganado auge en los últimos años debido a su estrecha relación con las enfermedades cardiovasculares y el alto índice de morbilidad y mortalidad que ha generado, lo que se ha convertido en preocupación mundial. Por ello, la lucha contra estas patologías requiere esfuerzos coordinados que incorporen el desarrollo de medicamentos alternativos que sean de fácil acceso y económicos (Ibrahim et al., 2022, párr. 3 -4).

El uso de plantas o medicamentos basados en fitoextractos para el tratamiento de hipercolesterolemia no es común debido a que existen datos limitados para respaldar esta práctica. Sin embargo, se han considerado a los fitoesteroles y estanoles vegetales como potentes hipocolesterolemiantes, ya que interfieren en la absorción del colesterol en el intestino humano, causando un descenso en las concentraciones de colesterol en sangre (Sharma et al., 2019, pp. 1 -2).

Entre las especies vegetales con actividad hipocolesterolemiantes destacan el guarumo (*Cecropia otusifolia*), la preñadilla (*Pilea microphylla*), el apio (*Apium graveolens*), la hoja de corazón (*Bauhinia rutilans*), el matico de monte (*Piper aduncum*) y la especie en estudio: el chontaduro (*Bactris gasipaes*), la mayoría de ellas de origen nativo de la Amazonía Ecuatoriana (De la Torre et al., 2008, pp. 190 – 197).

El consumo del fruto de *Bactris gasipaes* se asocia con efectos hipolipemiantes, ya que mejora el perfil lipídico y reduce el peso corporal. Además, se encontró actividad hipoglucemiante, aumento de HDL-C, efectos sobre la motilidad de los espermatozoides y protección del hígado. Por lo tanto, se recomienda estudiar estas propiedades (González et al., 2022, p. 3134).

1.2. Planteamiento del problema

La dislipidemia es un trastorno metabólico que se produce por cambios en los niveles séricos sanguíneos, especialmente en lipoproteínas como el colesterol total y triglicéridos, y aunque no presenta síntomas perceptibles, se asocia a diversas enfermedades especialmente aquellas relacionadas con el sistema cardiovascular. Los hábitos relacionados con la alimentación, el tabaquismo, el alcoholismo y el sedentarismo suelen ser factores que contribuyen al desarrollo de esta patología (Carrero et al., 2020, p. 126-139).

Esta enfermedad se manifiesta en todo el mundo, en países desarrollados, subdesarrollados e incluso en países pobres. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), existe evidencia de un aumento significativo de casos cada año, se conoce que la hipercolesterolemia la

padecen alrededor de 30 millones de adultos de entre 20 a 59 años, por lo que se prevé que para el 2040 habrá 7 de cada 10 muertes por esta causa, siendo los países de altos ingresos los más afectados (Alwan et al., 2011, pp. 3 -10)

En América Latina, en 2019 la tasa confirmada de hipercolesterolemia fue del 39,8 % y el 17,9 % de muertes por esta causa, que fue más frecuente en mujeres (OPS, 2017, pp. 3 -5).

A nivel de Ecuador, la tasa es del 28,3 % para el sexo masculino mientras que para el sexo femenino es del 40,7 % en una edad comprendida entre los 18 a 69 años (Freire et al., 2014, pp. 15 -16; Carrera, 2020, pp. 7 -9).

Por otro lado, los sistemas de salud pública del país atraviesan por una crisis debido al desabastecimiento de medicamentos en los establecimientos de salud. Se conoce que tan solo el 62 % del total de medicamentos necesarios han sido proporcionados desde 2014 hasta ahora, problema generado por factores, como cambios en el talento humano del Ministerio de Salud, cambios en el proceso de adquisición de medicamentos y en el presupuesto asignado a este ámbito. Actualmente, el factor más importante que conduce a la escasez de medicamentos es la actual pandemia de COVID-19, ya que la compra de medicamentos para tratar esta enfermedad ha sido una prioridad; tan solo 123 medicamentos fueron adquiridos para tratar otras enfermedades, de los cuales el 6 % fueron medicamentos para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, hipertensión y dislipemia (Mena y Calisí, 2021, pp. 1 – 7).

Recientemente, el confinamiento causado por la pandemia de COVID -19 ha incrementado el número de casos de hipercolesterolemia en el mundo, dado que la población estaba imposibilitada de realizar ciertas actividades, por lo que adoptaron un estilo de vida sedentario, un mayor consumo de alimentos procesados, consumo excesivo de azúcar, mismos que son considerados factores de riesgo (Rico, 2020, pp. 1-10).

Por tal motivo, el presente trabajo de investigación busca analizar la actividad hipocolesterolémica de una especie vegetal por medio de la inducción de colesterol en *Rattus norvegicus*.

1.3. Justificación

Por un lado, la dislipidemia es considerada un fenómeno preocupante en general, ya que representa una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en nuestro país (Freire et al., 2014, pp. 15 -16). Carrera y colaboradores mencionan que el 10,15% de la población ecuatoriana padece de esta patología, y a nivel mundial el 7,01% de los adultos. La dislipidemia es, además, precursora de enfermedades cardiovasculares como aterosclerosis, enfermedad cerebrovascular, etc. (Carrera, 2020, pp. 7 -9).

Por otro lado, la falta de medicamentos disponibles en los hospitales ecuatorianos y/o el oneroso gasto que representa adquirirlos de forma privada han llevado a los sistemas de salud y a la

población a buscar nuevas alternativas o métodos de tratamiento, ya sea de origen natural o sintético. Por ello, las personas optan por utilizar la fitoterapia como tratamiento alternativo para paliar, curar o disminuir la enfermedad debido a sus propiedades naturales; sin embargo, muchas de las plantas utilizadas no han sido científicamente probadas para determinar su eficacia y seguridad.

Además, en base a los saberes de los pobladores de La Esperanza, ubicado en la localidad de Puyo, provincia de Pastaza, indicaron que el chontaduro (*Bactris gasipaes*) posee un alto contenido de nutrientes buenos para el organismo. Además, manifiestan que al consumir el fruto de esta especie sus niveles de colesterol disminuyeron. Debido a que presenta un gran número de compuestos bioactivos para el control de la hipercolesterolemia, algunos de ellos comprobados con evidencia científica (Montúfar et al., 2021, pp. 15-20).

El desconocimiento sobre el uso medicinal de las plantas en el Ecuador ha llevado a una reducción en el uso de la fitoterapia como alternativa para mejorar la salud (Montúfar et al., 2021, pp. 15-20).

En este contexto, el objetivo del presente Trabajo de Integración Curricular fue comprobar el efecto hipocolesterolémico del fruto de *Bactris gasipaes* (chontaduro) y generar una alternativa posible de un tratamiento natural, de fácil acceso y económico.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto hipocolesterolémico del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes* (chontaduro) mediante la inducción de dislipidemia en *Rattus norvegicus*.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la calidad del fruto de *Bactris gasipaes* mediante ensayos organolépticos, botánicos y fisicoquímicos.
- Identificar cualitativamente los metabolitos secundarios presentes en el fruto de *Bactris gasipaes* a través de un tamizaje fitoquímico.
- Determinar el efecto hipocolesterolémico en varias dosis del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes* (chontaduro) en ratas con dislipidemia inducida.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

En Ecuador el análisis de la especie vegetal *Bactris gasipaes* por medio del método 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH), en cuatro diferentes concentraciones dio como resultado un porcentaje de inhibición de radicales libres de 41,97 % en una concentración de 200 µg/ml, sin embargo, en comparación con la vitamina C la acción antioxidante es menor. Además, el autor describe la presencia de metabolitos secundarios como: flavonoides, taninos, saponinas, tocoferoles, ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados y esteroides, que le dan la propiedad antioxidante a esta especie vegetal (Paredes, 2013, pp. 89 – 91).

Así mismo en otro estudio realizado por Santo y colaboradores (2020, pp. 5 – 9), realizada en la ciudad de Belém, Brasil en el año 2020, se analizó los compuestos bioactivos, perfil de ácidos grasos e índice de funcionalidad cardiovascular presentes en el aceite de palma de durazno (*Bactris gasipaes Kunth*), y se determinó que los compuestos bioactivos más abundantes son el β-caroteno, polifenoles y antioxidantes, mismos que brindan protección del cuerpo contra el estrés oxidativo, causado por las Especies Reactivas del Oxígeno (ROS) que dañan componentes celulares. Además, se encontró un alto contenido de ácidos grasos saturados, particularmente el ácido palmítico (53,74 %) y un menor contenido de ácidos grasos insaturados (46,25 %), responsables de las bajas tasas de aterogenicidad, trombogenicidad e hipercolesterolemia, factores directamente relacionados con la etiología de las enfermedades cardiovasculares.

De manera similar, Jatunov y colaboradores (2010, pp. 1 – 5), informan la presencia de carotenoides (Z- y E- β -caroteno, uv -caroteno, Z- y E- γ -caroteno, Z- y E-licopeno y xantofilas) y actividad antioxidante en el mesocarpio de frutos tanto crudos como hervidos de seis variedades de *Bactris gasipaes*. Cabe indicar que los autores mencionan que la especie que presenta fruto de piel roja contiene mayor concentración de carotenoides en un rango de 1,1-22,3 mg/100g, compuesto bioactivo beneficioso para la salud humana en la prevención de enfermedades. Los compuestos bioactivos fueron determinados por métodos de espectrofotometría y HPLC y la actividad antioxidante por el método DPPH.

Por otro lado, Daza y colaboradores evaluaron los cambios fisiológicos, texturales y fisicoquímicos de los frutos en proceso de maduración de dos variedades de *Bactris gasipaes* (roja y amarilla) que se cultivan en el Valle del Cauca, Colombia. En el estudio encontraron que ambas variedades pierden peso y sus dimensiones disminuyen debido a la pérdida de agua, así también es notable un descenso de oxígeno, por el contrario, los sólidos solubles y el contenido de grasa aumentaron con el tiempo, ya que durante su determinación los frutos pasaron de tener un 5.70

% el día 0 a un 12.67 % el día 15 en la variedad roja, mientras que para la variedad amarilla pasó de un 18.53 % a 31.30 % en el mismo período. Además, los resultados demuestran la presencia de metabolitos secundarios como terpenos, tocoferoles, ácidos grasos como: linoleico, palmítico, oleico y esteárico y esteroides (2015, pp. 65 – 73).

Restrepo y Estupiñán describen mediante un estudio realizado en Cali, Colombia, que el chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K) es fuente alimentaria con alto valor nutricional en los países tropicales por su considerable contenido de carbohidratos, proteínas, aceites, minerales y vitaminas. De acuerdo con distintas pruebas analíticas realizadas en la variedad de frutos amarillos se determinó un gran contenido de aceite (alrededor del 61 %) mientras que en la variedad de frutos rojos el contenido de proteína cruda (aproximadamente 21 %) es alto. Además, resaltan que son fuente importante de ácidos grasos poliinsaturados, como el ácido linolénico y linoleico, conocidos por su aporte a la nutrición, el crecimiento, el desarrollo hormonal y la reducción del colesterol (2007, pp. 1 – 8).

Por otro lado, San Mauro y colaboradores (2016, pp. 1-2) mediante un estudio del efecto de los esteroides vegetales en la reducción del colesterol plasmático realizada en dos hospitales de Madrid en el 2016, observaron que, al administrar 2,24 g de esteroides añadidos en 350 ml de leche comercial desnatada en dos tomas al día, los resultados entre el grupo experimental y el grupo de control fueron significativos en los parámetros de perfil lipídico: colesterol total, colesterol LDL, colesterol HDL, colesterol no-HDL, sin embargo para los valores de triglicéridos no se presentaron cambios significativos, es por esto que concluyeron que este tipo de bioactividad que contiene la leche enriquecida con fitoesteroides podría usarse como una terapia no farmacológica para controlar y manejar la hipercolesterolemia, y buscar nuevas alternativas para el manejo de la hipertrigliceridemia (2016, pp. 685-691).

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Colesterol

El colesterol es una molécula esencial para la vida y pertenece a la clase de los esteroides, específicamente a los esteroides. Está formado por 27 átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno (ver ilustración 1-2). En la naturaleza, se presenta en dos formas: en forma de colesterol libre o en forma de éster, producto de la síntesis de una molécula de colesterol con diferentes ácidos grasos (Maldonado et al., 2012, pp. 7 – 22).

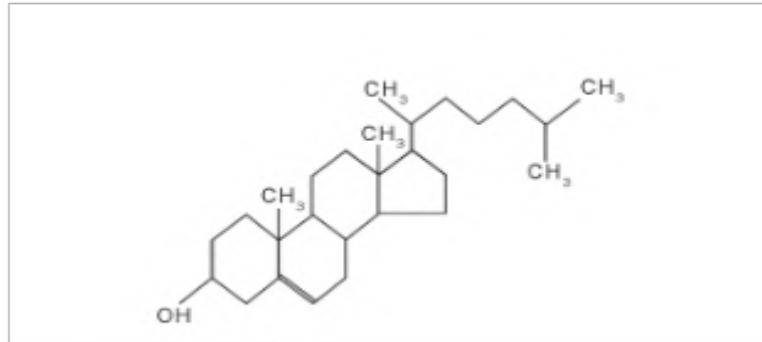


Ilustración 1-2: Estructura química de la molécula de colesterol

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Contrariamente a lo que se cree, el colesterol no es dañino para el organismo, es más bien indispensable para varios procesos importantes en los humanos, sin embargo, su exceso puede ser nocivo ya que se conoce el rol importante que desempeña el colesterol en el cuerpo pues explica por qué todas las células pueden producir o absorber colesterol de la sangre a través de ciertos receptores (Maldonado et al., 2012, pp. 7 – 22).

Existen dos fuentes o vías de obtención del colesterol en el organismo:

- la endógena
- la exógena.

2.2.1.1. Vía endógena

El colesterol proviene de la capacidad de las células del organismo de sintetizar este lípido, lo que cubre alrededor del 50% de las necesidades del cuerpo. El hígado es el principal órgano que produce y controla este compuesto, el cual trabaja secuencialmente en relación con los tejidos periféricos y el intestino, tal como se muestra en la ilustración 2-2 (Masana, 2009, pp. 3-8).

Por esta razón, el hígado juega un papel importante en la regulación del metabolismo del colesterol y los niveles séricos de colesterol LDL. En estado de equilibrio homeostático, la cantidad de colesterol producido diariamente en las heces (1100 mg, aportados por los alimentos, la bilis y descamación del epitelio intestinal) es igual a la cantidad producida por los tejidos y suplementada durante las comidas. comida con el aporte de 800 mg y aprox. 300 miligramos, respectivamente (Maldonado et al., 2012, pp. 7 – 22).

Otros órganos que producen colesterol son la corteza suprarrenal, los testículos y los ovarios (Masana, 2009, pp. 3-8).

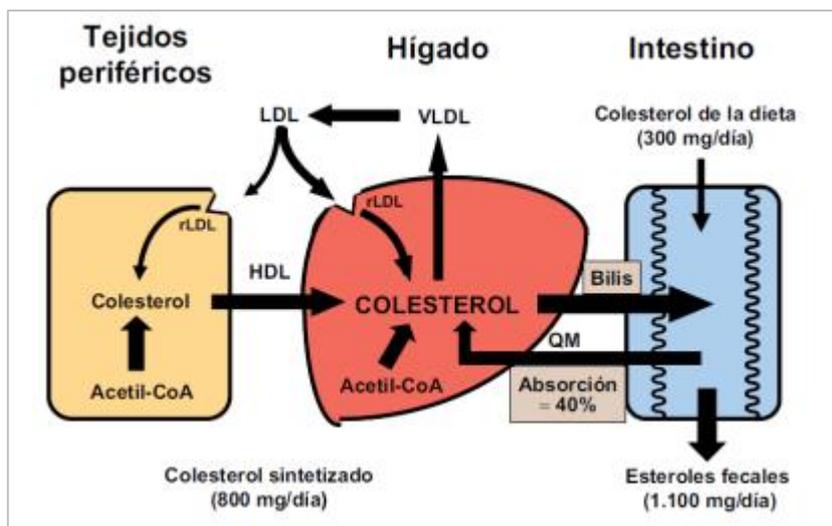


Ilustración 2-2: Homeostasis general del colesterol en el organismo

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

2.2.1.2. Vía exógena

El colesterol también procede de los alimentos generalmente de origen animal que se ingiere en la dieta, su absorción se da en la luz del intestino de una forma compleja que se da en tres fases (Maldonado et al., 2012, pp. 7 – 22):

- *Intraluminal*

En esta fase, los lípidos y las sales biliares se combinan para formar micelas mixtas (principalmente fosfolípidos y colesterol no esterificado). Posteriormente se produce su solubilización, que es un proceso que facilita la diseminación del colesterol a través de la barrera mucosa que recubre la superficie de las microvellosidades intestinales. En este punto, las micelas completan su función de transporte y se descomponen liberando monómeros de colesterol (Maldonado et al., 2012, pp. 7 – 22).

- *Mucosas*

Durante esta fase, los monómeros de colesterol están listos para ser internalizados o introducidos en los enterocitos, es decir, viajarán desde la luz intestinal hasta el citoplasma de los enterocitos a través del ribete en cepillo (Maldonado et al., 2012, pp. 7 – 22).

- *Intracelular*

En esta fase, la mitad del colesterol captado por los enterocitos difunde a través del retículo endoplásmico, donde tiene lugar la reesterificación del lípido por la enzima Acil-CoA.

2.2.1.3. Funciones del colesterol

Como menciona Ronner, el colesterol es una molécula importante porque realiza muchas funciones importantes en el cuerpo, entre ellas tenemos (2018, pp. 313-330):

- Componente indispensable de las membranas celulares;
- Predecesor de cinco tipos principales de hormonas esteroideas: prostaglandinas, andrógenos, glucocorticoides, estrógenos y mineralocorticoides. Por ejemplo, las hormonas sexuales femeninas como la progesterona y el estradiol son producidas por los ovarios mientras que las hormonas masculinas: testosterona, dihidrotestosterona son sintetizadas en los testículos;
- Las glándulas suprarrenales son las encargadas de sintetizar mineralocorticoides, andrógenos suprarrenales y glucocorticoides, la hormonal principal de este último es el cortisol, cuya función es mantener los niveles de azúcar en sangre durante el ayuno, estimular la respuesta al estrés, regular la liberación de hormonas, etc.;
- Es un productor de ácidos biliares que, junto con otros compuestos, forman sales biliares, que se utilizan para descomponer la grasa en el intestino;
- El colesterol también es un precursor de la vitamina D y favorece la absorción de calcio.
- Junto con otros lípidos, proporciona a la piel resistencia a las sustancias solubles en agua, los agentes químicos y la evaporación del agua de la piel.

2.2.1.4. Transporte de colesterol

El colesterol normalmente circula en el cuerpo entre el hígado (ya sea almacenado, sintetizado o eliminado) y otros tejidos. Al ser una molécula con baja solubilidad en agua, no puede transportarse libremente en la sangre por lo que es necesario su unión a proteínas llamadas lipoproteínas. Estas estructuras además transportan otros lípidos como triglicéridos, fosfolípidos y las vitaminas liposolubles A, D, E y K (Ronner, 2018, pp. 313-330).

Las lipoproteínas son partículas esféricas, altamente complejas que contienen lípidos poco solubles en agua como triglicéridos y ésteres de colesterol. Los fosfolípidos y las proteínas ocupan la superficie y promueven la estabilidad de las lipoproteínas. Las lipoproteínas son partículas altamente heterogéneas que se pueden clasificar en cuatro categorías diferentes según sus propiedades físicas, estas son:

- VLDL: lipoproteínas de muy baja densidad.

- LDL: lipoproteínas de baja densidad.
- ILD: lipoproteínas de densidad intermedia.
- HDL: lipoproteínas de alta densidad.

El colesterol es transportado por la HDL, la principal lipoproteína responsable de transportar esta molécula desde los tejidos hasta el hígado (recogiendo el colesterol libre de las células) mediante un proceso denominado transporte inverso de colesterol. Se sabe que este tipo de colesterol es bueno o protector, ya que elimina el exceso de colesterol del cuerpo (Ronner, 2018, pp. 313-330).

Por otro lado, el colesterol-LDL transporta las tres cuartas partes del colesterol en la sangre, que ha sido captada previamente por receptores en la membrana celular, y llevados hacia los tejidos. Se sabe que este tipo de colesterol es malo porque puede acumularse en las paredes de las arterias, lugar donde pueden modificarse y participar en los procesos involucrados en el desarrollo de placas ateroscleróticas, relacionadas estrechamente con las enfermedades cardiovasculares (Palma et al., 2018, pp. 625-644).

2.2.1.5. Alimentos ricos en colesterol

Los alimentos de origen animal, especialmente los ricos en grasas saturadas como los productos lácteos, las yemas de huevo, las carnes rojas y los mariscos, etc. son ricos en el colesterol (Masana, 2009, pp. 3-8). La tabla 1-2 muestra los miligramos de colesterol en algunos alimentos.

Tabla 1-2: Alimentos que contienen colesterol

Miligramos de colesterol por cada 100 gramos de alimento			
Arroz	0	Leche descremada	2
Atún fresco	38	Leche entera	14
Bollo	190	Leche semidescremada	7
Calamar	150	Mantequilla	250
Clara de huevo	0	Mayonesa	150
Conejo	50	Pavo	72
Costillas de cerdo	80	Pollo	75
Costillas de cordero	78	Pulpo	129
Chocolate con leche	182	Queso curado	40
Filete de ternera	80	Salmón fresco	52
Galleta tipo María	107	Sardina fresca	100
Helado cremoso	25	Trucha	56
Jamón cocido	52	Vísceras	806
Jamón serrano	70	Yema de huevo	1 100
Langosta	105	Yogurt natural	13

Fuente: (Masana, 2009, pp. 3-8).

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

2.2.2. Hipercolesterolemia

Es una patología caracterizada por un nivel elevado de colesterol de baja densidad o lipoproteínas de baja densidad en sangre, que tiene diversas causas modificables, como la dieta, la actividad física, el tabaquismo o el consumo de alcohol (González y Santana, 2017, pp. 1 - 7).

La hipercolesterolemia es una causa importante de aterosclerosis, un proceso degenerativo vascular que comienza con el depósito de lipoproteínas y células inflamatorias en la matriz subendotelial, y la progresión de la placa aterosclerótica lleva a la oclusión de las arterias, como se muestra en la ilustración 3-2 (González y Santana, 2017, pp. 1 - 7).

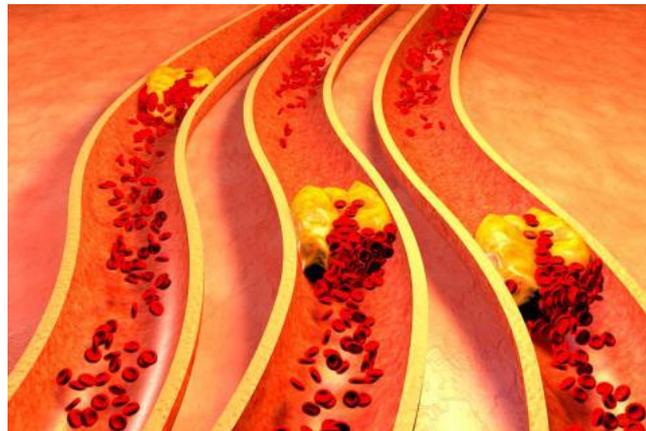


Ilustración 3-2: Aumento de la placa aterosclerótica

Fuente: (González y Santana, 2017, pp. 1 - 7).

Además, es uno de los factores de riesgo cardiovascular modificables más importantes. Se observó una asociación continua y progresiva entre la colesterolemia y la mortalidad por arteriopatía coronaria en el estudio TrialMRFIT de intervenciones sobre múltiples factores de riesgo. De igual forma, esta relación se ha observado en poblaciones de diversas disposiciones socioculturales y raciales. La reducción de los niveles de colesterol generalmente reduce la incidencia y la mortalidad de la cardiopatía isquémica y las enfermedades cardiovasculares (González y Santana, 25017, pp. 1 - 7).

2.2.2.1. Clasificación de hipercolesterolemias

Según criterios etiológicos, la hipercolesterolemia se divide en:

- **Primaria:** alteraciones lipoproteicas de origen genético o familiar.
- **Secundaria:** los cambios en los niveles de lipoproteínas se basan en una enfermedad subyacente.

- *Hipercolesterolemia primaria*

Conocida también como hipercolesterolemia familiar (HF), se trata de un trastorno genético con un patrón de herencia autosómico dominante causado por mutaciones en el gen del receptor del colesterol de baja densidad (rLDL) o en la apoB. Se caracteriza clínicamente por niveles plasmáticos de colesterol- LDL constitutivamente elevados (Vilaplana, 2015, pp. 32-35).

La HF se dividen en dos tipos:

- **FH homocigótica:** se producen mutaciones en ambos alelos en el locus de rLDL, que se caracterizan por colesterol total sérico (>500 mg/dL, 13 milimoles/L) y colesterol de baja densidad (>450 mg/dL, 11,7 milimoles/L) notablemente elevados
- **FH heterocigota:** ocurre cuando un alelo del locus rLDL está mutado y se caracteriza por un colesterol sérico (250-400 mg/dl, 6,5-11,6 mmol/L) y colesterol de baja densidad (200-400 mg)/ dL, 5,2- 10,4 mmol/L) bajos

- *Hipercolesterolemia secundaria*

Se caracteriza por niveles elevados de colesterol asociados a enfermedades hepáticas como la hepatitis, colestasis y cirrosis; endocrinas como la diabetes mellitus e hipotiroidismo; y renales como el síndrome nefrótico o la insuficiencia renal. También puede ser causada por otras sustancias como los gestágenos, los glucocorticoides y los betabloqueantes. Representa el 20% de las hiperlipidemias (Vilaplana, 2015, pp. 32-35).

2.2.2.2. *Síntomas*

Los niveles elevados de colesterol producen síntomas silenciosos, es decir, no muestran signos visibles hasta que la extensión de la enfermedad se vuelve compleja, lo que provoca síntomas de una enfermedad existente, siendo los más comunes (Ronner, 2018, pp. 313-330):

- Angina de pecho
- coágulo de sangre
- xantomas cutáneos
- aterosclerosis

2.2.2.3. *Factores de riesgo*

Maldonado y colaboradores describen que entre los principales factores de riesgo de la hipercolesterolemia se encuentran:

- Consumo de tabaco;

- Ingesta de alcohol;
- Hipertensión arterial (en individuos cuya presión arterial es mayor o igual a 140/90 mmHg o que toman medicamentos antihipertensivos);
- Colesterol HDL bajo (<40 mg/dl);
- Antecedentes familiares de cardiopatía isquémica en familiares de primer grado, hombres < 55 años, mujeres < 65 años;
- Edad (hombres > 45 años, mujeres > 55 años);
- La diabetes equivale al riesgo de desarrollar cardiopatía isquémica;
- Obesidad causada en gran manera por inactividad física;
- Otros factores causales incluyen síndrome metabólico ateroesclerótico, signos subclínicos de aterosclerosis, factores protrombóticos y proinflamatorios e intolerancia a la glucosa (Arráiz et al., 2011, pp. 7-13).

2.2.2.4. Diagnóstico

El diagnóstico de hipercolesterolemia requiere un análisis de sangre que determina el nivel de colesterol total, C-HDL y C-LDL (Maldonado et al., 2012, pp. 7 – 22). Se utilizaron para este propósito. los valores indicados en la tabla: 2-2.

Tabla 2-2: Niveles normales de los tipos de colesterol

Niveles de Colesterol total	Colesterol LDL	Colesterol HDL
Deseable: < 200 mg/dL	Óptimo: < 100 mg/dL Cerca a lo óptimo: 100-129 mg/dL	Alto: ≥60
Alto límite: 200-239 mg/dL	Alto límite: 130-159 mg/dL	Bajo: < 40
Alto: ≥ 240 mg/dL	Alto: 160-189 mg/dL Muy alto: ≥ 190 mg/dL	

Fuente: (Maldonado et al., 2012, pp. 7 – 22).

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

La clasificación de hipercolesterolemia por valores de CT y LDL-C se muestra en la Tabla 3-2:

Tabla 3-2: Valores para identificar la hipercolesterolemia

Parámetro	Hipercolesterolemia	Hipercolesterolemia	Hipercolesterolemia
	leve	moderado	grave
Colesterol total	200-250 mg/dL	250-300 mg/dL	>300 mg/dL
c-LDL	135-175 mg/dL	175-215 mg/dL	>215 mg/dL

Fuente: (Maldonado et al., 2012, pp. 7 – 22).

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

2.2.2.5. Tratamiento

El tratamiento de la hipercolesterolemia consta de dos componentes complementarios para lograr el objetivo de mantener el colesterol en un rango ideal o normal (Ronner, 2018, pp. 313-330).

▪ *Medidas higiénicas y dietéticas*

Estas medidas tienen como objetivo cambiar el estilo de vida de los individuos para reducir el colesterol LDL. Para ello se deben tener en cuenta parámetros como peso, talla, edad, capacidad respiratoria, índice de masa corporal, entre otros (Maldonado et al., 2012, pp. 7 – 22).

Vilaplana sugiere las siguientes medidas para cumplir con dicho objetivo (2015, pp. 32-35):

- Realizar ejercicio físico
- Evitar el consumo de bebidas alcohólicas y tabaco
- Alimentarse con una dieta equilibrada que aporte un número de calorías necesarias que satisfaga el gasto energético. Por ello, se afirma que la dieta debe incluir alimentos como frutos secos, pescado, soja, legumbres como guisantes, verduras, acelgas, lechugas y espinacas, así como alimentos como brotes de apio, puerros y cardos.

▪ *Tratamiento farmacológico*

Si las medidas de higiene dietética no logran reducir el colesterol, considere emplear medicamentos para ayudar a lograr los objetivos del tratamiento. Por ello, las estatinas se utilizan como primera elección (Vilaplana, 2015, pp. 32-35):

Las estatinas son fármacos hipolipemiantes potentes que se toleran bien y actúan como inhibidores de la 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA reductasa (HMG-CoAR) al interferir con la síntesis de ácido mevalónico a partir de la HMG-CoAR, lo que restringe la síntesis de colesterol. Existen otros fármacos que se pueden utilizar solos o combinados con estatinas para reducir el colesterol, como las resinas, la niacina y los fibratos (Maldonado et al., 2012, pp. 7 – 22; Vilaplana, 2015, pp. 32-35). En la tabla 4-2 se describen los mecanismos de acción de algunos fármacos.

Tabla 4-2: Fármacos empleados para tratar la hipercolesterolemia

Agente	Mecanismo de acción	Efectos sobre el perfil lipídico	Efectos adversos
Inhibidores de la HMG-CoA reductasa (estatinas) Atorvastatina Fluvastatina Lovastatina Pravastatina Rosuvastatina Simvastatina	Inhibición de la HMG-CoA reductasa, enzima limitante en la síntesis de colesterol	↓LDL hasta ~50 % ↑HDL hasta ~10 % ↓TG hasta ~20 %	Miopatía, rabdomiólisis (muy raro), hepatotoxicidad
Ezetimiba	Inhibición de la absorción del colesterol al interferir Niemann-Pick C1 proteína, responsable de transporte de colesterol transluminal.	LDL ↓~15 % HDL variable, clínicamente no relevante TG ningún cambio significativo	Síntomas gastrointestinales
Secuestradores de ácidos biliares Colesevelam Colestipol Colestiramina	Disminución del contenido de colesterol hepático, regulación positiva de expresión de LDL-R y aumentó la depuración de colesterol LDL	LDL ↓18 % HDL no significativo TG variable	Síntomas gastrointestinales como estreñimiento y dispepsia
Ácidos nicotínicos Niacina	El ácido nicotínico o niacina es un tipo de vitamina B que parece retardar la producción en el hígado de ciertas sustancias químicas que ayudan a producir el c-LDL.	LDL ↓12 % HDL ↑16 % TG ↓20 %	Síntomas gastrointestinales, hepatotoxicidad, hiperglucemia
Fibratos Bezafibrato Ciprofibrato Gemfibrozilo Fenofibrato	Mediado por el agonismo PPAR- α	LDL ↓8 % HDL ↑9 % hasta 10 % TG ↓30 % hasta 36 %	Rabdomiólisis Insuficiencia hepática especialmente en combinación con estatinas (extremadamente rara)

Nota: ↑= aumento, ↓= disminución

Fuente: (Maldonado et al., 2012, pp. 7 – 22).

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

2.2.3. Perfil lipídico

Es la valoración de las concentraciones de lípidos en sangre, como triglicéridos, colesterol total, colesterol asociado a lipoproteínas de alta densidad (HDL-colesterol), lipoproteínas de baja densidad (LDL-colesterol) en ayunas a través de análisis de laboratorio; es útil para evaluar el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, por ejemplo, la hipertensión (Quesada, 2007, pp. 15 – 30).

2.2.4. Fitoesteroles

Muñoz y colaboradores describen que los esteroides vegetales están relacionados estructuralmente con el colesterol, sin embargo, difieren en que estos no se absorben. Posee propiedades antiinflamatorias, antitumorales, bacterianas y antifúngicas, el efecto más acentuado y científicamente probado es el efecto hipocolesterolemiante tanto sobre el colesterol total como sobre los niveles de C-LDL, además provienen de extractos naturales y se consumen en pequeñas cantidades en la dieta porque se encuentran en alimentos cotidianos como frutas, verduras, aceites vegetales, nueces y granos (2011, pp. 93-100; San Mauro, 2016, pp. 1-5).

Cuando se emplean junto con la dieta, reducen la absorción de colesterol en el intestino, debido a que este proceso de absorción se lleva a cabo en competencia, como resultado de lo cual la concentración de colesterol en la sangre disminuye. El mecanismo de acción de estas sustancias actúa a tres niveles diferentes (Muñoz et al, 2011, pp. 93-100):

- Inhiben la absorción del colesterol a nivel intestinal, tanto de origen dietético como biliar.
- Inhiben la reesterificación del colesterol a nivel de actividad ACATA
- Aumentan la actividad y expresión de los transportadores de tipo ABC y aceleran el flujo de colesterol desde los enterocitos hacia la luz intestinal.

Debido a que los fitoesteroides son más lipofílicos que el propio colesterol, propiedad derivada de cadenas laterales más largas y complejas, los esteroides y los estanoles compiten para eliminar el colesterol de la micela mixta formado por fosfolípidos y sales biliares en la luz intestinal las cuales entran en contacto con el borde del ribete en cepillo (formado por las microvellosidades de los enterocitos. El colesterol no emulsionado (extruido de las micelas) no puede ser absorbido y excretado en las heces (San Mauro, 2016, pp. 1-5; Meco et al, 2016, pp. 283-294).

Por otro lado, los fitoesteroides, especialmente los fitostanoles, apenas se absorben a nivel intestinal, por lo que, el desensamblaje de las micelas mixtas ocurre durante el proceso de transferencia de ácidos grasos y monoglicéridos desde las micelas a los enterocitos., entonces los esteroides y estanoles se excretan junto con el colesterol no absorbido y finalmente se excretan en las heces (Meco et al, 2016, pp. 283-294).

2.2.5. *Bactris gasipaes* (Chontaduro)

Bactris gasipaes conocida comúnmente como pejibaye, pijuayo, chontaduro, chonta, chima o palmito, etc.



Ilustración 4-2: Especie *Bactris gasipaes* Kunt.

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

2.2.5.1. Taxonomía

Tabla 5-2: Taxonomía de la especie *Bactris gasipaes* Kunt.

Taxonomía	
Reino	Plantae
Subreino	Viridiplantae
División	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Arecales
Familia	Arecaceae
Género	<i>Bactris</i>
Especie	<i>Bactris gasipaes</i> Kunt

Fuente: Mora et al., 1997, pp. 3 -5; Valencia et al., 2013, pp. 77- 90

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

2.2.5.2. Hábitat

Crece en lugares con una precipitación anual relativamente alta y en suelos bien drenados, es decir que tienen suelo firme. Su rango óptimo está por debajo de los 800 m sobre el nivel del mar, con

una precipitación de 2000-5000 mm/año, sin estacionalidad y una temperatura media superior a los 24 °C. La especie se desarrolla al noroeste de Ecuador y la región amazónica y se adapta a una altitud de aproximadamente 1500 m (Valencia et al., 2013, pp. 77- 90.).

2.2.5.3. Distribución

La distribución de *Bactris gasipaes* va desde el noroeste de Honduras hasta el centro de Bolivia y desde la desembocadura del Amazonas hasta la costa del Pacífico de Ecuador y Colombia. Esta especie se adapta a un amplio rango ecológico en los trópicos y subtropicales de 0 a 1300 m de altitud (Montúfar et al., 2021, pp. 15-20).

En Ecuador, está muy extendida en los bosques costeros húmedos tropicales y subtropicales, entre 50 y 1.300 m sobre el nivel del mar, en los bosques semiáridos de las provincias de Manabí, Loja, El Oro, y Los Ríos, en toda la región amazónica, en el sur parte de Nangaritza, Zamora Chinchipe a una altitud 900-1200 msnm (Valencia et al., 2013, pp. 77- 90.).

2.2.5.4. Composición química

Los frutos de *Bactris gasipaes* son ricos en hidratos de carbono, proteínas (4,66 %), calcio (0,14 %), fósforo (0,12 %), fibra (1,19 %), y mayormente en vitaminas y grasas (oscilan entre el 4,3 y el 28,4 % en peso), por lo que se clasifican en la categoría de frutos grasos y en las Tablas 6-2, 7-2 y 8-2 se muestra el porcentaje de ácidos grasos insaturados, tocoferoles y esteroides que contiene el fruto de esta especie (Montúfar et al., 2021, pp. 15-20; Valencia et al., 2013, pp. 77- 90.).

Tabla 6-2: Porcentaje de ácidos grasos del fruto del chontaduro

Perfil lipídico	
Ácido graso	Media (min-máx.) %
Palmítico	32,3 (12,4-49,8)
Palmitoleico	6,4 (2,1-12,4)
Esteárico	1,7 (0,5-7,4)
Oléico	42,3 (3,9-71,5)
Linoléico	14,4 (3,7-28,9)
α -Linoléico	2,9 (0,7-7,2)

Fuente: Montúfar et al., 2021, pp. 15-20

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 7-2: Porcentaje de tocoferoles del fruto del chontaduro

Perfil de tocoferoles	
Tocoferol	Media (min-máx.) %
α -Tocoferol	68,6 (29,3-97,9)
B-Tocoferol	13,6 (2,1-62,4)
Γ -Tocoferol	18,6 (3,8-45,9)

Fuente: Montúfar et al., 2021, pp. 15-20

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 8-2: Porcentaje de los esteroides del fruto del chontaduro

Perfil de esteroides	
Esterol	Media (min-máx.) %
Colesterol	7,0 (0,5-17,4)
Campesterol	11,0 (5,7-21,5)
Stigmaesterol	10,7 (1,9-20,2)
Sitoesterol	54,0 (40,1-74,6)
Δ 5-Avenaesterol	20,9 (7,5-36,9)

Fuente: Montúfar et al., 2021, pp. 15-20

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

2.2.5.5. Usos y propiedades

Uno de los principales productos del fruto del chontaduro es la chicha de chonta, muy consumida en la región amazónica. La harina del fruto también se produce y vende localmente, además del aceite obtenido del mesocarpio del fruto del durazno se produce en varias regiones de la Amazonía (Montúfar et al., 2021, pp. 15-20).

La especie exhiben muchos beneficios para la salud humana ya que se pueden administrar como medicina natural a través de bebidas o alimentos. Actúa como agente regenerador de tejidos y estimula las glándulas endocrinas como los ovarios, la próstata y las gónadas, además es recomendado para quienes sufren de anemia temprana, pérdida de apetito, problemas digestivos, pérdida de memoria y concentración (Montúfar et al., 2021, pp. 15-20; Valencia et al., 2013, pp. 77- 90.).

Por otro lado, la madera del chontaduro es dura y de color marrón oscuro con un patrón de vetas de color marrón claro. Este material se utiliza en la producción artesanías, pisos (tableros), muebles de alta calidad, vigas, molduras, paneles, utensilios domésticos, barandales, etc. En la costa y en el Amazonas rural, los troncos de chontaduro se utilizan como postes y soportes para las casas (Valencia et al., 2013, pp. 77- 90.).

2.2.6. Animales de experimentación

Los animales de laboratorio se utilizan principalmente para investigación básica y control de calidad de productos, que lamentablemente aún no han sido reemplazados por tecnologías alternativas. Estas especies deben estar saludables, genéticamente definidos y mantenidos en un ambiente controlado para obtener resultados experimentales válidos y reproducibles (Salvador, 2013, pp. 25 - 28).

El uso responsable y racional de estos animales de laboratorio implica un conocimiento previo de su biología (anatomía, fisiología y comportamiento) y un correcto mantenimiento (alojamiento, alimentación y manejo) para cubrir todas sus necesidades y favorecer su salud y bienestar para el fin previsto (Fuentes et al., 2008, pp. 156- 158; Olgado y López, 2019, pp. 34 – 36).

Un animal de laboratorio debe ser respetado como un ser vivo en el entendido de que tiene necesidades y sufre, y por ley quienes lo cuidan, mantienen y utilizan (el investigador) tienen el deber de velar por su salud y comodidad mientras esté viva. Los animales de laboratorio se crían y producen en condiciones controladas, se crían en un entorno controlado, tienen antecedentes genéticos y microbiológicos claros y se examinan sistemáticamente para detectar antecedentes (Fuentes et al., 2008, pp. 156- 158).

2.2.6.1. Rattus norvegicus

Rattus norvegicus se consideran una especie múltiple, por lo que se utilizan como animales de laboratorio. Tienen un pelaje espeso y áspero, orejas que sobresalen y una cola casi desnuda y sin pelo; la cola es más corta que el cuerpo. De media, miden 400 mm desde el olfato hasta la cola y pesan entre 140 y 500 gramos. Las hembras son generalmente más pequeñas que los machos, de color marrón en la parte superior del cuerpo con pelos negros variables y tienen un vientre más claro. Existen varias cepas: pueden ser blancas, marrones o negras y que son criadas en bioterios (UICN, 2016, pp. 2 -10).

Tabla 9-2: Información taxonómica de *Rattus norvegicus*

Taxonomía	
Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Rodentia
Familia	Muridae
Nombre científico	<i>Rattus norvegicus</i>
Nombre común	Rata noruega

Fuente: (UICN, 2016, pp. 2 -10).

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

2.2.6.2. Valores bioquímicos de sangre en *Rattus norvegicus*.

Los valores bioquímicos de la sangre de *Rattus norvegicus* y los indicadores clínicos medibles en ratas se pueden utilizar para diagnosticar y monitorear varios modelos de enfermedades, ya que proporciona una gran cantidad de información sobre el éxito o el fracaso de una sustancia o proceso. En la tabla 10-2 se muestran sus valores bioquímicos:

Tabla 10-2: Valores bioquímicos en sangre de *Rattus norvegicus*

Parámetro	Valor	Unidad
Glucosa	89.5 – 183.3	mg/dL
Colesterol Total	47 – 88	mg/dL
Triglicéridos	25 - 145	mg/dL
TGP (ALT)	77 – 157	IU/L
TGO (AST)	24 – 53	IU/L
Albumina	3.2 – 4.3	g/dL
Bilirrubina	0.1 – 0.21	mg/dL
Fosfatasa alcalina	132 – 312	IU/L
Creatinina	0.15 – 0.35	mg/dL
Proteína sérica	5.5 – 6.6	g/dL
Ácido Úrico	1.2 – 7.5	mg/dL

Fuente: (UICN, 2016, pp. 2 -10).

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

2.2.7. Técnica de extracción de sangre

Este es el proceso de extracción sanguínea a los animales de experimentación, en este caso a las ratas. Se recomienda colocarlos en una trampa o caja con un orificio en la parte posterior donde sea visible la cola y se sujeta para evitar movimientos accidentales que puedan dañar la arteria de la que se va a realizar la extracción. Posteriormente, se desinfecta la zona de venopunción adecuadamente con algún producto desinfectante que generalmente es alcohol antiséptico, se realiza la venopunción y la sangre se recolecta directamente en tubos para mediciones posteriores del perfil de lípidos (Parasuraman et al, 2010, p. 87; Reeves et al., 2013, pp. 1939-1951; Fassini et al., 2011, p. 165).

2.2.8. Fitoterapia

Es una terapia complementaria que utiliza productos derivados de plantas con fines terapéuticos, es decir, utiliza metabolitos primarios y secundarios de origen vegetal y que son medicinalmente activos con el objetivo de prevenir, aliviar o curar estados patológicos (Echegaray Rodríguez et al., 2011, pp. 258-267.).

2.2.9. Métodos de extracción

Estos métodos permiten separar compuestos de mezclas sólidas o líquidas utilizando diferencias en la solubilidad de los componentes de la mezcla en solventes adecuados, es decir, un proceso en el que los compuestos se transfieren selectivamente de la mezcla a la fase líquida (Rivas et al., 2016, pp. 5 – 8; Martínez, 2015, pp. 25 - 42)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

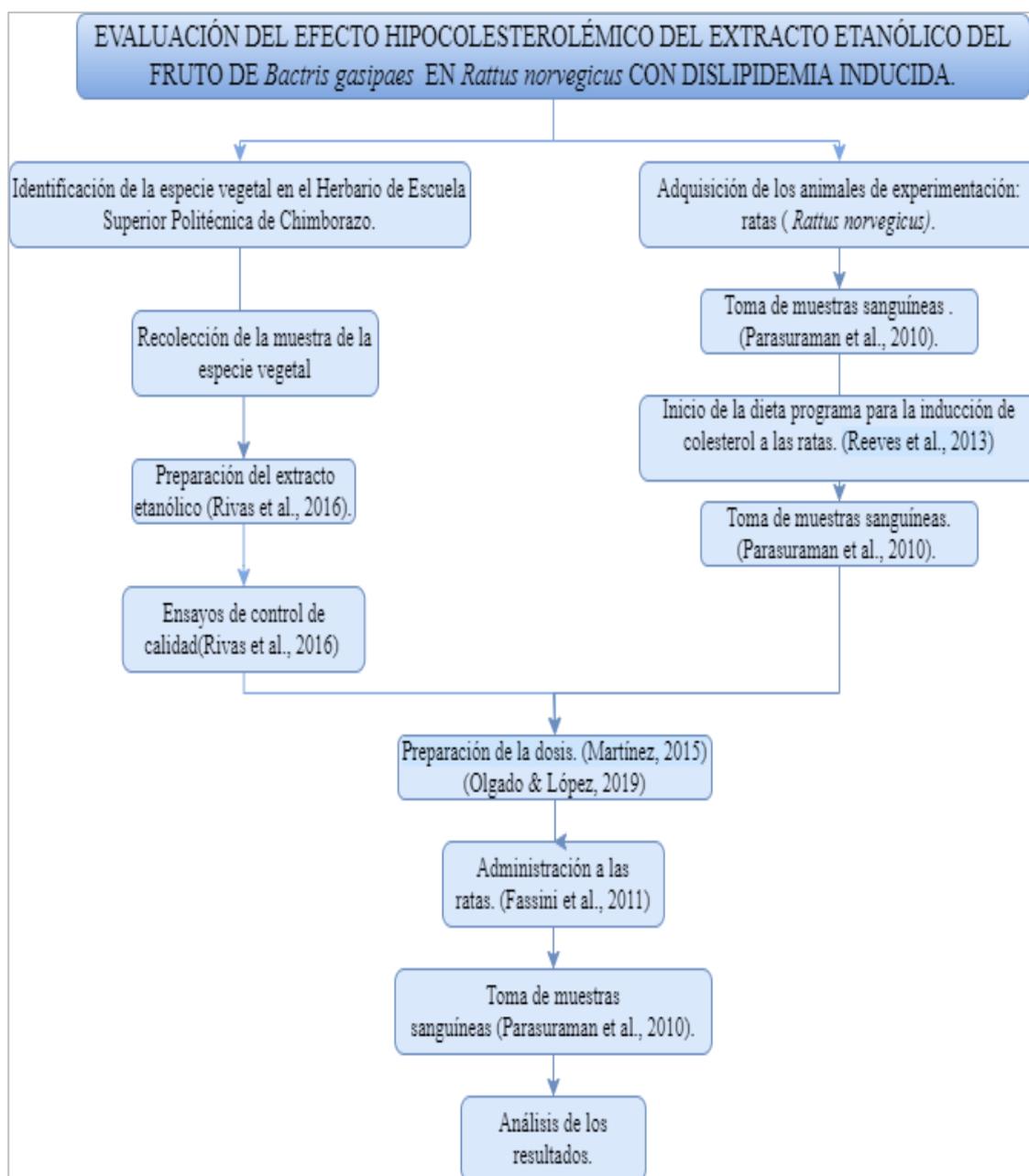


Ilustración 1-3: Metodología para el desarrollo de la evaluación del efecto hipocolesterolémico

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

3.2. Lugar de Investigación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en:

- Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)
- Laboratorio de Productos Naturales de la Facultad de Ciencias de la Escuela de Bioquímica y Farmacia en la ESPOCH.
- Laboratorio de Tecnología Farmacéutica de la Facultad de Ciencias de la Escuela de Bioquímica y Farmacia en la ESPOCH.
- Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ciencias de la Escuela de Bioquímica y Farmacia en la ESPOCH.
- Laboratorio de Análisis Clínicos de la Facultad de Ciencias de la Escuela de Bioquímica y Farmacia en la ESPOCH.
- Bioterio de la Facultad de Ciencias, de la Escuela de Bioquímica y Farmacia perteneciente a la ESPOCH

3.3. Tipo y Diseño de Investigación

3.3.1. Tipo de investigación

Este estudio es experimental ya que la valoración terapéutica se realiza mediante un ensayo para determinar la eficacia del efecto hipocolesterolemiante del extracto hidroalcohólico del fruto de *Bactris gasipaes* con las variables de tratamiento indicadas:

- **Variable dependiente:** Efecto hipocolesterolémico en *Rattus norvegicus*.
- **Variable independiente:** Concentraciones de extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes*.

3.3.2. Diseño de investigación

El diseño del estudio fue cuasiexperimental en el que se manipularon variables independientes para determinar qué dosis tenía el mayor efecto reductor del colesterol.

3.4. Población de estudio

3.4.1. Población de la variable dependiente

Para probar el efecto reductor del colesterol del fruto de *Bactris gasipaes*, se requirió un estudio en ratas (*Rattus norvegicus*) durante la segunda semana de junio hasta la segunda semana de julio de 2022 y que cumplieran los siguientes criterios de inclusión:

- Peso promedio de las ratas: 220 ± 10 gramos
- Edad promedio de las ratas: 8 semanas
- No presenten ninguna lesión física

3.4.2. Población de la variable independiente

La población de estudio fue la parte fructífera de la planta *Bactris gasipaes*. Se recolectó el material vegetal en la provincia de Pastaza mediante muestreo aleatorio simple para obtener 1000 g de la especie vegetal *Bactris gasipaes*. A la hora de recoger el material vegetal se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

3.4.2.1. Criterios de inclusión

Se emplearon los mejores frutos de la especie vegetal *Bactris gasipaes* cuyo color fue rojo y una superficie intacta sin signos de daño o descomposición.

3.4.2.2. Criterios de exclusión

Se descartó los frutos que tuvieron algún tipo de daño originado por la actividad de animales o insectos, muestras en descomposición o contaminación microbiana, y frutos que presentaron coloración verde o amarilla.

3.5. Material, Equipos y Reactivos

3.5.1. Materia prima vegetal

La materia vegetal conocida como *Bactris gasipaes* (chontaduro) se recolectó en la provincia de Pastaza, en la ciudad de Puyo, en la comunidad la Esperanza, cuya temperatura es oscila entre 18 °C a 28 °C.

3.5.2. Material biológico

El modelo animal utilizado en los experimentos *in vivo* fueron ratas de ocho semanas de edad de la especie *Rattus norvegicus* pertenecientes al Bioterio de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Las especies se mantuvieron a una temperatura de 22 ± 1 °C y una humedad de 50 % para completar un periodo de 12 h de luz y 12 h de fotoperiodo con oscuridad. El alimento y agua se administraron de acuerdo con las necesidades de la especie. Además, se sometieron a las especies a un período de aclimatación de 15 días a las condiciones de estudio.

3.5.3. Materiales de laboratorio

- Balón de aforo de 100 ml
- Balón de aforo de 50 ml
- Balón de aforo de 25 ml
- Crisoles
- Pinza de crisol
- Desecador
- Embudo simple
- Frascos ámbar
- Vasos de precipitación de 50 ml
- Vasos de precipitación de 100 ml
- Vasos de precipitación de 250 ml
- Vasos de precipitación de 1000 ml
- Probeta de 100 ml
- Probeta de 50 ml
- Probeta de 10 ml
- Pipetas graduadas de 10 ml
- Pipetas graduadas de 5 ml
- Pipetas graduadas de 1 ml
- 60 tubos de ensayo
- Gradilla
- Espátula
- Guantes
- Jaula para ratas
- Mandil
- Mascarilla

- Papel filtro
- Papel aluminio
- Pera de succión
- Pizeta
- Vidrio reloj

3.5.4.Equipos

- Balanza analítica
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Estufa
- Mufla
- Termobalanza
- Baño maría
- Cámara UV
- Sorbona
- Agitador magnético
- Sonificador
- Bomba al vacío
- Rotavapor
- Estufa de secado
- Refractómetro digital
- Liofilizador
- pHmetro

3.5.5.Reactivos

- Reactivo de Sudan
- Reactivo de Dragendorff
- Reactivo de Mayer
- Reactivo de Wagner
- Reactivo de Fehling A
- Reactivo de Fehling B
- Reactivo de Baljet

- Reactivo de Liberman Buchard
- Ácido clorhídrico concentrado
- Ácido sulfúrico concentrado
- Alcohol amílico
- Cinta de magnesio
- Bicarbonato de sodio
- Cloroformo
- Cloruro férrico al 5 %
- Cloruro de sodio
- Carbonato de sodio
- Hidróxido de sodio
- Nitrato de plata
- Ácido nítrico

3.6. Técnica de recolección de datos

Para la determinación de la efectividad hipocolesterolémica del fruto de *Bactris gasipaes* a través de una valoración cuantitativa de los niveles del colesterol en ratas, se recogieron los datos en tablas elaboradas de acuerdo con las concentraciones emitidas, peso y sexo del modelo animal. Por otro lado, para verificar la calidad del extracto se realizaron ensayos de tipo botánico, organoléptico y fisicoquímicos.

3.7. Técnica de análisis de la droga vegetal

Identificar la especie y determinar su calidad, composición y pureza son partes esenciales de una evaluación de las drogas vegetales. La calidad de una droga vegetal se define por el número de sustancias activas presentes en él. La valoración de las drogas vegetales crudas se realizó por varios métodos como: la percepción, la microscopia, el análisis fisicoquímico y biológico (Acosta et al, 2012, pp. 101-107).

Los métodos utilizados en el presente estudio fueron los siguientes:

3.7.1. Ensayo botánico

3.7.1.1. Recolección de la especie vegetal

El material vegetal de *Bactris gasipaes* fue recolectado en la provincia de Pastaza, en la ciudad

del Puyo, en la comunidad la Esperanza.

3.7.1.2. Identificación botánica

La identificación del material vegetal se analizó tomando en cuenta todas las partes de la droga vegetal (raíz, tallo, hojas, flores, fruto y semillas) y fue confirmada por el Ing. Jorge Marcelo Caranqui Aldaz, encargado del Herbario Politécnico Chimborazo (CHEP) perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

3.7.1.3. Evaluación macromorfológica de la especie vegetal

Para este análisis se realizó una observación macroscópica *in situ* de las partes de la especie *Bactris gasipaes*, las dimensiones se tomaron con un metro y una cinta métrica para medidas de longitud y diámetro, respectivamente. El análisis de las partes no visibles de la planta se realizó en base a referencias bibliográficas.

3.7.1.4. Evaluación micromorfológica de la especie vegetal

Para este análisis se realizaron cortes histológicos en forma vertical y transversal a la superficie de los diversos tejidos del fruto de *Bactris gasipaes*, se colocaron en portaobjetos, se tiñeron con suero fisiológico y azul de metileno y se cubrieron con cubreobjetos. Las estructuras se observan a través de un microscopio óptico con varios objetivos.

3.7.1.5. Obtención de la muestra seca de Bactris gasipaes

Para este estudio se utilizaron frutos de *Bactris gasipaes* previamente lavados con agua destilada y secados al sol. Los frutos que cumplieron con los criterios de inclusión fueron seleccionados secuencialmente. Posterior a ello, se quitó la cáscara del fruto con un cuchillo esterilizado, y se cortó en pequeños trozos que se secaron en un horno de circulación de aire a 50 °C durante 48 horas. Finalmente, el material vegetal seco se pulverizó con ayuda de un molino industrial.

3.7.2. Análisis organoléptico de la droga vegetal

En el presente estudio se utilizó los frutos de *Bactris gasipaes*, cuyas propiedades organolépticas fueron analizadas y descritas en base:

- Pericardio: color, textura, uniforme o modificado
- Forma: redondo, ovalado, piriforme, etc.

- Dimensiones
- Color: roja, verde, naranja, amarilla, negra, etc.
- Olor: inodoro, dulce, cítrico, etc.
- Marcas externas o peculiares del fruto: estrías, cortes, etc.

3.7.3. Análisis físicoquímico

3.7.3.1. Determinación del contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad se utilizó una termobalanza, para lo cual se configuró el estándar de estabilidad del aparato: la curva de secado de la temperatura correspondiente al estándar y la unidad de reacción (en porcentaje). Luego se taró el dispositivo y se presionó el botón de inicio. Posteriormente, la placa de aluminio desechable se colocó en el portaplanos, se introdujo en la balanza y se taró. Finalmente se pesó 5 gramos de la muestra, se retiró el portaplanos con el platillo y se dividió la muestra en un solo movimiento. El platillo se volvió a colocar en la termobalanza, la termobalanza se cerró y el análisis comenzó automáticamente (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2014, pp. 1 -5).

3.7.3.2. Determinación de cenizas totales

De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN-ISO 5520, el método de elección para la determinación de cenizas totales fue el gravimétrico. Este ensayo se realizó pesando 5 g de planta seca y molida y se colocó en un crisol previamente tarado. Luego, las muestras se carbonizaron en un reverbero para eliminar todos los residuos orgánicos. Se colocó en una mufla a 525 °C durante 2 h o hasta obtener un polvo blanquecino. Se retiró el crisol y se colocó en un desecador hasta que se enfrió. Finalmente, se pesó la muestra y se repitió el proceso hasta obtener un valor constante (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2014, pp. 1 -5).

El cálculo del porcentaje de cenizas se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{M_2 - M_1}{M_2 - M} \times 100$$

Dónde:

- M_2 = Peso del crisol con la ceniza
- M_1 = Peso del crisol con la muestra a ensayar
- M = peso del crisol vacío

3.7.3.3. Determinación de cenizas solubles en agua

Así mismo, la norma establece el procedimiento para la determinación de cenizas solubles en agua que describe los siguientes pasos. Primero se añadió 15 ml de agua a las cenizas totales, luego se tapó el crisol y se hirvió suavemente a la llama del mechero durante 5 min. La solución obtenida se filtró a través del papel de filtro libre de cenizas. Se transfirió el filtro con el residuo al crisol original, se carbonizó en un reverbero y se incineró en mufla a 525 °C durante 2 horas. Luego se colocó en un desecador y se pesó después de enfriar. Este proceso se repitió hasta alcanzar un peso constante (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2014, pp. 1 -5).

La cantidad de cenizas solubles en agua se evaluó mediante la siguiente fórmula:

$$\%Cenizas\ agua = \frac{M_2 - M_a}{M_1 - M} \times 100$$

Dónde:

- M_2 = Peso del crisol con la ceniza total
- M_a = Peso del crisol con la ceniza insoluble en agua.
- M_1 = Peso del crisol con la muestra de ensayo
- M = peso del crisol vacío

3.7.3.4. Determinación de cenizas insolubles en Ácido clorhídrico

Se pesó 3 g de la muestra deshidratada y se agregó 3 ml de ácido clorhídrico al 10 %. El crisol se cubrió con un vidrio de reloj y se calentó al baño maría hirviendo durante 10 minutos. Se lavó el vidrio de reloj con 5 ml de agua tibia y se mezclaron con el contenido del crisol. La solución se filtró a través de papel filtro y se lavó con agua caliente el residuo hasta que el filtrado acidificado con ácido nítrico quede libre de cloruros. El filtrado y el residuo se secaron a una temperatura de 100 a 105 °C, se transfirieron a los crisoles originales y se incineró en una mufla a 525 °C durante 2 h. Luego se colocó en un desecador y se pesó cuando alcanzó temperatura ambiente. Este proceso se repitió hasta obtener un peso constante (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2014, pp. 1 -5).

La cantidad de cenizas insolubles en ácido clorhídrico se evaluó mediante la siguiente fórmula:

$$\%Cenizas\ HCl = \frac{M_2 - M}{M_1 - M} \times 100$$

Dónde:

- M_2 = Peso del crisol con la ceniza total
- M_1 = Peso del crisol con la muestra de ensayo
- M = peso del crisol vacío

3.7.4. Tamizaje fitoquímico

El tamizaje fitoquímico es un análisis que permite la identificación cualitativa de metabolitos clave en frutos de *Bactris gasipaes* mediante pruebas de coloración y precipitación

3.7.4.1. Elaboración del extracto

Para la elaboración de los extractos para la marcha fitoquímica, se pesó 50 gramos del fruto de *Bactris gasipaes* y se añadió 150 ml del solvente de acuerdo con su polaridad creciente: éter etílico, etanol (70 %) y agua. El procedimiento se realizó en base al siguiente esquema:

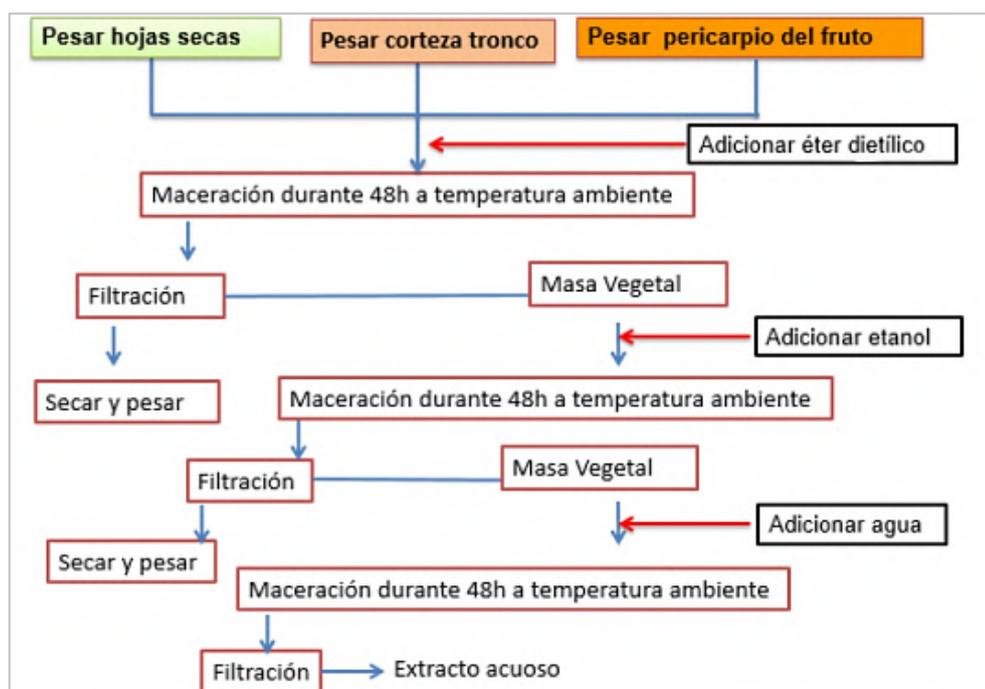


Ilustración 2-3: Procedimiento de preparación de extractos

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Una vez obtenidos los extractos se procedieron a realizar las diferentes pruebas correspondientes a cada uno de los extractos.

Para el extracto etéreo se realizó los siguientes ensayos:

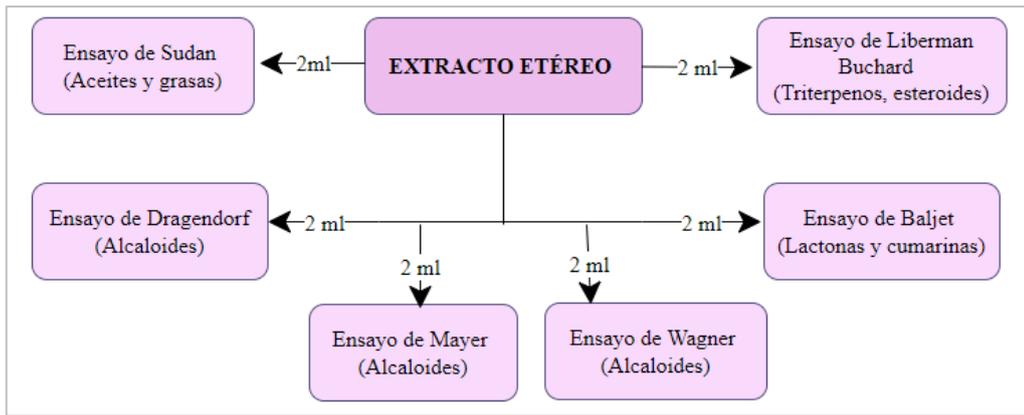


Ilustración 3-3: Ensayos fitoquímicos en el extracto etéreo

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

En el extracto alcohólico se realizó los ensayos siguientes:

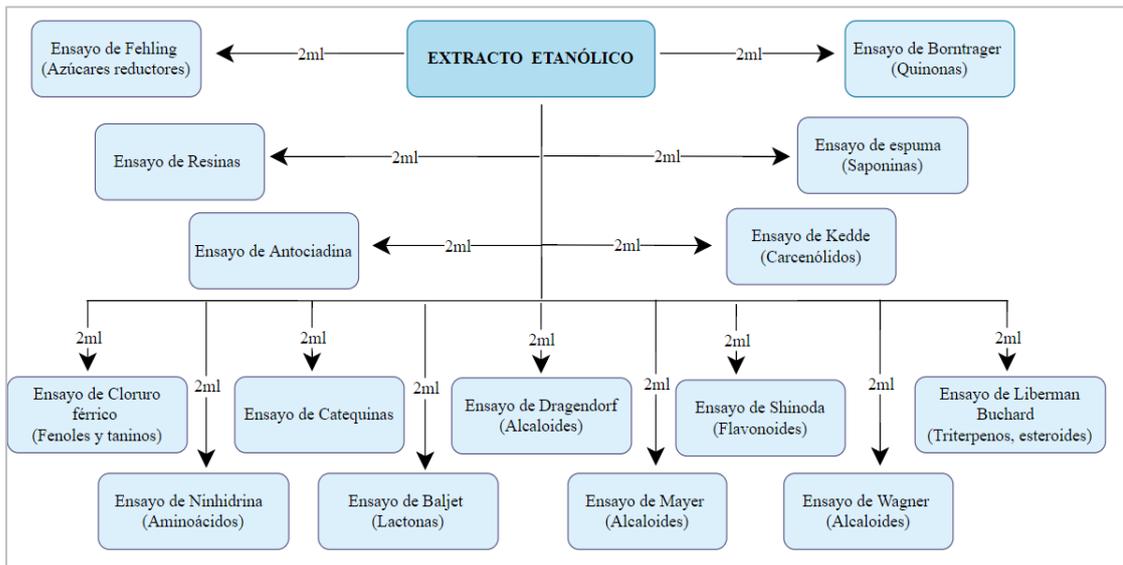


Ilustración 4-3: Ensayos fitoquímicos del extracto alcohólico

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

En el extracto acuosos se determinó los siguientes metabolitos:

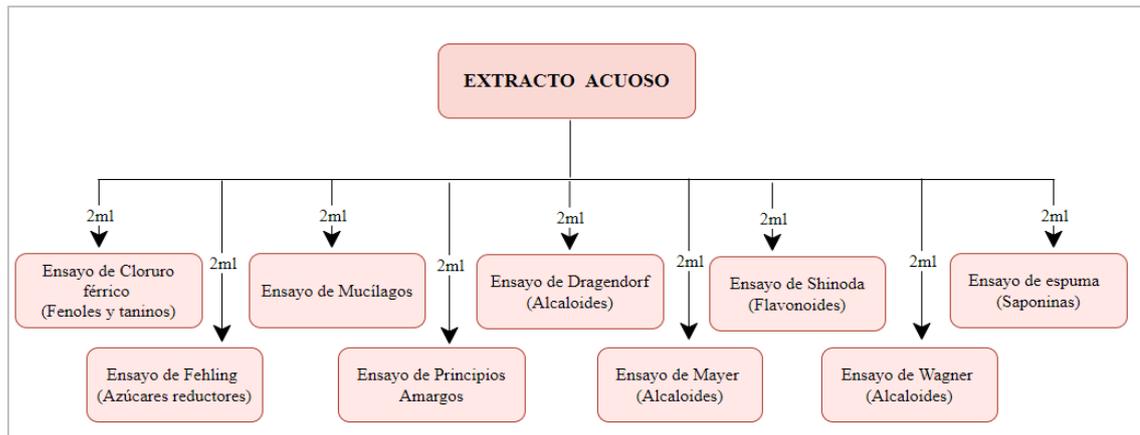


Ilustración 5-3: Ensayos fitoquímicos del extracto acuoso.

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

3.7.4.2. Ensayo de Sudan

- **Reconoce:** Compuestos grasos;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto y se añadió 1 ml del reactivo de Sudan III, se calentó a baño maría hasta que se evapora;
- **Resultado:** Presencia de gotas o película coloreada de rojo en las paredes del tubo (Pujol, 2020, párr. 2).

3.7.4.3. Ensayo de Dragendorff

- **Reconoce:** Alcaloides;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto (en caso del extracto etéreo y alcohólico se evaporó la muestra en baño maría y se redisolvió con 1 ml de HCl al 1 % en agua, en el acuoso se añadió 1 gota de HCL concentrado, se dejó calentar y enfriar hasta la acidez). Se añadió 3 gotas del reactivo de Dragendorff;
- **Resultado:** Opalescencia: (+), turbidez: (++) , precipitado: (+++) (Pujol, 2020, párr. 3).

3.7.4.4. Ensayo de Mayer

- **Reconoce:** Alcaloides;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto (en caso del extracto etéreo y alcohólico se evaporó la muestra en baño maría y se redisolvió con 1 ml de HCl al 1 % en agua, en el acuoso se añadió 1 gota de HCL concentrado, se dejó calentar y enfriar hasta la acidez). Se añadió una pizca de cloruro de sodio, se agitó y filtramos. Luego se añadió 2 o 3 gotas del reactivo de Mayer;

- **Resultado:** Opalescencia: (+), turbidez: (++) , precipitado: (+++) (Pujol, 2020, párr. 4).

3.7.4.5. *Ensayo de Wagner*

- **Reconoce:** Alcaloides;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto (en caso del extracto etéreo y alcohólico se evaporó la muestra en baño maría y se redisolvió con 1 ml de HCl al 1 % en agua, en el acuoso se añadió 1 gota de HCL concentrado, se dejó calentar y enfriar hasta la acidez). Se añadió 2 o 3 gotas del reactivo de Wagner;
- **Resultado:** Opalescencia: (+), turbidez: (++) , precipitado: (+++) (Pujol, 2020, párr. 4).

3.7.4.6. *Ensayo de Baljet*

- **Reconoce:** Lactonas y cumarinas;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto (en caso del extracto etéreo y acuoso se evaporó el solvente en baño maría y se redisolvió con 1 ml alcohol). Se añadió 1 ml del reactivo de Baljet;
- **Resultado:** Coloración roja: (++) , precipitado rojo: (+++) (Pujol, 2020, párr. 5).

3.7.4.7. *Ensayo de Libermann Buchard*

- **Reconoce:** Triterpenos y/o esteroides;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto, en caso de no estar en cloroformo se evaporó el solvente a baño maría y se redisolvió con 1 ml de cloroformo. Se añadió 1 ml del reactivo de Libermann Buchard;
- **Resultado:** Rosado azul (muy rápido): (+), verde intenso (visible rápidamente): (++) , verde oscuro-negro (final de la reacción): (+++). A veces el ensayo queda en dos fases o desarrollo de color (Pujol, 2020, párr. 6).

3.7.4.8. *Ensayo de Zack*

- **Reconoce:** Esteroles;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml del extracto se añadió gotas de ácido acético, gotas ácido sulfúrico concentrado y gotas de FeCl₃ 20% ;
- **Resultado:** Color verde o formación de un anillo verde (Pujol, 2020, párr. 7).

3.7.4.9. *Ensayo de Catequinas*

- **Reconoce:** Catequinas;
- **Procedimiento:** En un papel filtro con ayuda de un capilar se colocó una gota del extracto alcohólico, se añadió una gota de la solución de carbonato de sodio;
- **Resultado:** Manchar verde carmelita a la luz del UV (Pujol, 2020, párr. 9).

3.7.4.10. *Ensayo Fehling*

- **Reconoce:** Azucares reductores;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto (en caso del extracto etéreo y alcohólico se evaporó el solvente a baño maría y se redisolvió con 1 ml de agua). Se añadió 1 ml del reactivo de Fehling A y 1 ml del reactivo de Fehling B, se calentó a baño maría por 5 a 10 minutos;
- **Resultado:** Color rojo. precipitado rojo (Pujol, 2020, párr. 10).

3.7.4.11. *Ensayo de Resinas*

- **Reconoce:** Resinas;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto alcohólico y 10 ml de agua destilada;
- **Resultado:** Precipitado (Pujol, 2020, párr. 12).

3.7.4.12. *Ensayo de Espuma*

- **Reconoce:** Saponinas de tipo esteroideal;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto (en caso del extracto alcohólico se diluyó con 5 veces su volumen de agua). Se agitó fuertemente por 5 a 10 minutos;
- **Resultado:** Presencia de espuma con más de 2mm, visible en la parte superior del líquido por un tiempo de 2 minutos (Pujol, 2020, párr. 14).

3.7.4.13. *Ensayo de Cloruro Férrico (Cl₃Fe)*

- **Reconoce:** Fenoles y taninos;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto, en caso del extracto alcohólico se añadió 3 gotas de la solución de Cl₃Fe al 5 %. En el extracto acuoso se colocó

acetato de sodio y 3 gotas de la solución de Cl_3Fe al 5 %;

- **Resultado:** Coloración rojo-vino, compuestos fenólicos, coloración verde intensa, taninos del tipo pirocatecólicos, coloración azul, taninos del tipo pirogalotánicos (Pujol, 2020, párr. 15).

3.7.4.14. *Ensayo de Bontrager*

- **Reconoce:** Quinonas;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto, en caso de no estar en cloroformo se evaporó el solvente a baño maría y se redisolvió con 1 ml de cloroformo. Se añadió 1 ml de hidróxido de sodio, se agitó y se dejó en reposo hasta su ulterior separación;
- **Resultado:** Si la fase acuosa alcalina (superior) se colorea de: rosado: (++) , roja: (+++) (Pujol, 2020, párr. 16).

3.7.4.15. *Ensayo de Antociandina*

- **Reconoce:** Flavonoides;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto alcohólico, se añadió 1 ml de HCl concentrado y se calentó por 10 min. Se dejó enfriar, se añadió 1 ml de agua y 2 ml de alcohol amílico. Se agitó y se dejó separar las fases;
- **Resultado:** Color rojo o marrón en la fase amílica (Pujol, 2020, párr. 17).

3.7.4.16. *Ensayo de Shinoda*

- **Reconoce:** Flavonoides;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto se añadió 1 ml de HCl concentrado y un pedazo de cinta de magnesio metálico, se esperó 5 min y se añadió 1 ml de alcohol amílico, se mezcló y se dejó separar las fases;
- **Resultado:** El alcohol amílico se colorea de amarillo, naranja, carmelita o rojo intenso (Pujol, 2020, párr. 18).

3.7.4.17. *Ensayo de Mucílagos*

- **Reconoce:** Polisacáridos;
- **Procedimiento:** En un tubo de ensayo se colocó 2 ml de extracto acuoso y se dejó enfriar en un envase con hielo (0-5 °C);
- **Resultado:** Consistencia gelatinosa (Pujol, 2020, párr. 12).

3.7.4.18. *Ensayo de Principios Amargos y astringentes*

- **Procedimiento:** Se tomó una gota del extracto acuoso, se probó y reconoció el sabor de cada uno de los principios

3.7.5. *Preparación del extracto hidroalcohólico liofilizado de Bactris gasipaes*

Para preparar el extracto hidroalcohólico, se pesaron 200 g de droga cruda de *Bactris gasipaes* en un matraz ámbar que contenía 800 mL de solvente (70 % de etanol) y se maceraron durante 5 días. Transcurrido el tiempo de maceración, el extracto se colocó en el sonicador durante 1 hora. Luego, el extracto se filtró al vacío y se concentró en un evaporador rotatorio (rotavapor) a 55 °C. Posteriormente, se colocó el concentrado en un vaso de precipitados y enseguida se lo colocó en la estufa de secado durante 4 días. Finalmente, se liofilizó hasta que no quede agua en el extracto.

3.7.6. *Control de calidad del extracto hidroalcohólico*

3.7.6.1. *Requisitos organolépticos*

El estudio actual utilizó la fruta *Bactris gasipaes*, que evaluó:

- **Color:** rojo, verde, naranja, amarilla, negra, etc.
- **Olor:** inodoro, dulce, cítrico, etc.

3.7.6.2. *Determinación de la densidad relativa*

El análisis se realizó con un picnómetro. Los pesos se obtuvieron utilizando balanzas analíticas. Se pesó primero el picnómetro vacío, luego se llenó con agua destilada a 21,4 °C y se pesó. Finalmente, el extracto hidroalcohólico se llenó en el picnómetro y se pesó.

El cálculo se realizó con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{M_1 - M}{M_2 - M}$$

Dónde:

- M_2 = Peso del picnómetro con agua destilada
- M_1 = Peso del picnómetro con extracto hidroalcohólico
- M = peso del picnómetro vacío

3.7.6.3. *Determinación del pH*

Para este análisis se utiliza un medidor de pH conocido como pHmetro, previamente se lava el electrodo del aparato con agua destilada, luego se coloca en un vaso de precipitados 10 ml de extracto hidroalcohólico y se coloca el electrodo en el vaso, se presiona el botón medir y se espera hasta obtener el resultado.

3.7.6.4. *Determinación del índice de refracción*

Para este análisis se utilizó un refractómetro digital, que previamente se calibró con una muestra de agua destilada. Posterior a ello, se procedió a limpiar el prisma y se colocó la muestra del extracto hidroalcohólico y se presionó la opción medir.

3.7.6.5. *Determinación de sólidos totales*

Para la determinación de sólidos totales se colocó en un crisol previamente tarado, 5 ml del extracto hidroalcohólico y se evaporó en baño maría. Se llevó a la mufla a una temperatura de 525 °C, durante 2 horas, el crisol se retiró y se colocó en el desecador hasta que se enfrió. Se pesó la muestra hasta obtener un valor constante.

La cantidad de cenizas se evalúa mediante la siguiente fórmula:

$$ST = \frac{M_1 - M}{V} \times 100$$

Dónde:

- M_1 = Peso del crisol con el residuo
- M = Peso del crisol vacío tarado
- V = volumen de muestra

3.7.6.6. *Evaluación microbiológica*

- *Determinación de microorganismos mesófilos aerobios totales INEN NTE 1529-5*

Para este análisis se realizó conteo en placa, para lo cual se prepararon muestras con 1 ml de muestra de *Bactris gassipaes* más 9 ml de diluyente (agua de peptona bufferada) y se homogeneizaron por un minuto. Luego se hicieron diluciones decimales con 1 ml de suspensión madre y 9 ml de solvente, continuando de la misma manera hasta obtener 4 diluciones. Se preparó 8 cajas de Petri con 12 ml de Agar Plate Count (PCA) e inocular 0,1 ml de muestra líquida. Se incubó durante 72 horas a 30 °C ± 1 °C. Se contó y se expresó los resultados (Servicio Ecuatoriano

de Normalización, 2006, pp. 2 – 9).

▪ *Determinación de microorganismos de Escherichia coli INEN NTE 1529-8.*

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1529-8 (2016, pp. 2 -14) describe que para este análisis se realiza el recuento en placa. La muestra se elaboró con 1 ml muestra de *Bactris gassipaes* más 9 ml del diluyente (agua peptona bufferada) y se homogenizó por un minuto. Luego se realizaron diluciones decimales con 1 ml de suspensión madre y 9 ml de solvente, continuando de la misma manera hasta obtener 4 diluciones. Se preparó 8 cajas Petri con 12 ml de Agar con Eosina y Azul de Metileno (EMB) y se inoculó 0.1 ml de muestra líquida. Se incubó a $38\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas. Se contó y expresó los resultados.

▪ *Determinación de microorganismos mohos y levaduras INEN NTE1529-10.*

Para este análisis se realizó la preparación de la muestra con 1 ml de la muestra más 9 ml del diluyente (agua de caldo) y se homogenizó por un minuto. Posterior a ello, se preparó las diluciones decimales con 1 ml de la suspensión inicial y 9ml del diluyente, se procedió de igual forma hasta obtener 4 diluciones. Se realizó 4 cajas Petri con Agar DG18 y se sembró 0.1 ml de muestra líquida. Se incubó a $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 5 a 7 días. Se contó y se expresó los resultados (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2013, pp. 2 – 9).

3.7.7. Actividad hipocolesterolémica del extracto hidroalcohólico del fruto de Bactris gasipaes

3.7.7.1. Fase de climatización de los modelos experimentales

La especie *Rattus norvegicus* fue ambientada por un período de 15 días. A continuación, se describen características que debía cumplir la especie, así como las condiciones dadas durante su aclimatación:

- **Peso promedio de las ratas:** 220 ± 10 gramos.
- **Edad promedio de las ratas:** 8 semanas de vida.
- **Sexo de los animales:** machos y hembras
- **Procedencia:** Bioterio de la Facultad de Ciencias, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo.
- **Ciclo** de 12 horas luz y 12 horas oscuridad.
- **Temperatura:** $22 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- **Humedad:** 50%
- **Alimento** 15,0 gramos de balanceado por animal

- **Agua** administran de acuerdo con las necesidades de la especie
- **Cambio de camas** cada dos días

3.7.7.2. Selección de los modelos experimentales

Para la presente investigación se emplearon 30 ratas que fueron distribuidas en seis grupos establecidos para el análisis, de acuerdo con el peso que presentaban como se visualiza en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Selección de los modelos experimentales

Grupo	Número ratas	Peso	Dieta	Tratamiento	Dosis
Blanco	5	190±10 g	Cafetería	Ninguno	Ninguna
Control positivo (CP)	5	220±10 g	Cafetería	Atorvastatina	10 mg/kg
Control negativo (CN)	5	180±10 g	Cafetería	Propilenglicol 50 %	Ninguna
Extracto de Bg 1 (EBG1)	5	265±10 g	Cafetería	Extracto etanólico de <i>Bactris gasipaes</i>	25mg/kg
Extracto de Bg 2 (EBG2)	5	215±10 g	Cafetería	Extracto etanólico de <i>Bactris gasipaes</i>	50 mg/kg
Extracto de Bg 3 (EBG3)	5	230±10 g	Cafetería	Extracto etanólico de <i>Bactris gasipaes</i>	100 mg/kg

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

3.7.7.3. Fase de inducción de dislipidemia en los modelos experimentales

Para inducir hipercolesterolemia en los grupos de estudio (*Rattus norvegicus*), se utilizó una dieta de cafetería que consiste en alimentar a las especies con aceite de coco añadido juntamente con el alimento habitual en proporción de 4:1, además reemplazar el agua de los bebederos con leche de funda marca Vita (Reeves et al., 2013, pp. 1939-195).

3.7.7.4. Fase de aplicación de los tratamientos en los modelos experimentales

Para la aplicación de los diferentes tratamientos se empleó la administración oral en ratas (*Rattus norvegicus*) por medio de siguiente técnica:

- *Administración sonda oral*

El extracto hidroalcohólico se administró a través de una sonda de alimentación unida a una jeringa o impulsor, que pasa por el esófago hasta el estómago. Los extractos se administran uniformemente a un ritmo regular controlado (Fassini et al., 2011, p. 165).

3.7.7.5. Determinación de los parámetros bioquímico-lipídicos

Para determinar el colesterol total se utilizó el dispositivo médico Q.Check LPTs, que utiliza tecnología de biosensores electroquímicos para determinar parámetros como el colesterol total, colesterol HDL, colesterol LDL y los triglicéridos. Para ello, se siguen los siguientes pasos:

- Se prendió el equipo médico.
- Se colocó la tira reactiva de colesterol total.
- Se calentó la zona de punción de la rata a base de masajes.
- Se empleó una lanceta para pinchar y obtener una gota de sangre.
- Se colocó la sangre sobre la tira reactiva y se esperó hasta obtener el resultado.
- Se anotaron los resultados en una libreta

3.7.7.6. Análisis de resultados

Los resultados obtenidos se analizaron en el programa de análisis estadístico computarizado MiniTab, en el que se realizó los siguientes test:

- Prueba t pareada para comparar los datos dentro de un grupo
Se examinaron los cambios en el peso corporal y colesterol total sérico de las ratas en dos medidas fijas, una al comienzo del tratamiento y otra al final del período fijado (21 días).
- ANOVA de un solo factor (análisis de varianza) para comparar los datos entre grupos
Se examinó la variación del peso corporal en cada grupo de ratas al inicio y final del tratamiento, mientras que, para los niveles de colesterol total en suero se efectuó tres análisis al comienzo, a los 15 días y al final del mismo.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se enseñan los resultados obtenidos a lo largo de la investigación:

4.1. Ensayos botánicos

4.1.1. Identificación de la especie vegetal

En el Herbario Politécnico Chimborazo (CHEP), a través de su director el Ing. Jorge Caranqui, se confirmó que la especie vegetal conocida comúnmente como chontaduro posee la siguiente taxonomía:

Tabla 1-4: Taxonomía de *Bactris gasipaes*

TAXONOMÍA	
Familia	Arecaceae
Género	<i>Bactris</i>
Especie	<i>Bactris gasipaes</i> Kunt.

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

4.1.2. Análisis macro y micromorfológico de *Bactris gasipaes*

4.1.2.1. Análisis macromorfológico de *Bactris gasipaes*

Considerando el gran tamaño de las plantas estudiadas, se realizó un análisis morfológico macroscópico en el área de muestreo. *Bactris gasipaes*, conocida comúnmente como palma de durazno, a primera vista parece presentar varios tallos (cespitosa) de diferentes alturas, pero también puede presentar un solo tallo. Similar a lo descrito por Valencia et al (2013, pp. 77- 90.) en su libro “Palmas Ecuatorianas: Biología y Uso Sostenible”, agregando que los tallos pueden medir entre 1 y 13 m de largo y que crecen rectos, cilíndricos y sin ramificar. En su investigación afirma que el diámetro de la especie oscila entre 12-26 cm, con nudos de 2-9 cm y entrenudos de 7-27 cm de largo a la altura del pecho. En la parte superior suelen presentar espinas de entre 4-13 cm de largo de color oscuro (ver ilustración. 1-4B).

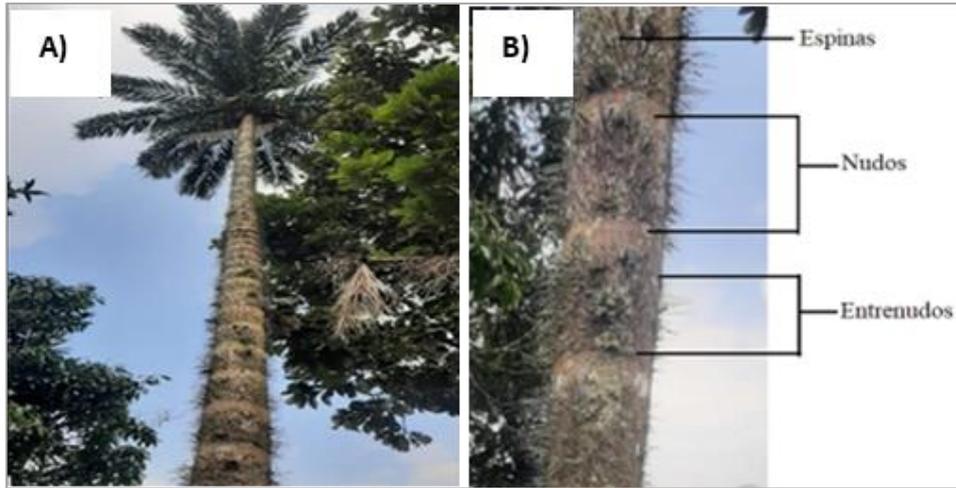


Ilustración 1-4: A) Palma de *Bactris gasipaes*. B) Tallo de *Bactris gasipaes*.

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Las partes subterráneas visibles de la especie *Bactris gasipaes* son ciertas raíces aéreas que crecen en la superficie y de forma horizontal, así mismo, Reyes (2019, pp. 12 – 15) en su investigación titulada “Prácticas de manejo sostenible para el cultivo de chontaduro” describe un sistema de raíces fibrosas que consta de raíces primarias, secundarias, terciarias, cuaternarias, adventicias y aéreas, con un crecimiento a una profundidad de 30 cm. Por otro lado, Mora y colaboradores describen que las raíces adventicias forman una capa superficial gruesa, de unos 4-5 metros de profundidad, con la mayoría de las raíces ocupando los 20 cm superiores de la capa del suelo, extendiéndose en su mayoría a 2 metros o más. La corola tiene de 10 a 30 hojas puntiagudas que pueden tener espinas cortas o largas en la vaina, el pecíolo y la nervadura central. La vaina de la hoja y pecíolo de 49–179 cm de largo, la parte axial mide de 179–396 cm de largo, que contiene 180–386 folículos (1997, pp.12-13).

Reyes (2019, pp. 14 – 15) describe que, durante su edad reproductiva, la especie puede tener entre 15 a 20 hojas que contienen las siguientes características: base peciolar, peciolo, raquis, foliolos y espinas como se observa en la ilustración 2-4.



Ilustración 2-4: Hojas de *Bactris gasipaes*

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

La palmera *Bactris gasipaes* tiene inflorescencias en los nudos formados entre las hojas y el tallo. A medida que los frutos comienzan a desarrollarse, forman racimos que contienen de 50 a 100 frutos, según Reyes (2019, pp. 12 – 15) y de 0 a 764 frutos según Valencia (2013, pp. 77- 90.) que son de diversas formas, colores y pesos (ver ilustración 3-4).

Bactris gasipaes es monoica, es decir desarrolla flores masculinas y femeninas unisexuales en las raquillas. Las flores masculinas son de color crema-amarillo claro, de 2 a 6 mm de largo y de 2 a 6 mm de ancho, con seis estambres dispuestos en pares a los lados de la corola, mientras que las femeninas son generalmente amarillas, o rara vez verdes, de 3 a 13 mm de largo y de 4 a 12 mm de ancho (Valencia et al., 2013, pp. 77- 90.).



Ilustración 3-4: Racimos de frutos de *Bactris gasipaes*

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

El fruto de *Bactris gasipaes* es una drupa que está formada por un pericarpio variado, en tonos anaranjados, rojos y amarillos, mientras que el mesocarpio es de color naranja amarillento, algunos presentan estrías superficiales, y poseen una punta mamiforme, redondeada, angulosa o truncada. La semilla tiene un tono oscuro ubicado en el centro o en el extremo distal de la fruta, en forma y dimensiones: ovoide, elíptico, redondo, oblongo o cuneiforme; presenta tres partes importantes que son embrión, endospermo y endocarpio, tal como se observa en la parte B de la ilustración 4-4 (Valencia et al., 2013, pp. 77- 90).

El peso total de frutos es de 0 a 20 kg, el fruto individual tiene 2-7 cm de largo, 2-8 cm de ancho y 4-186 g de peso, mientras que la semilla tiene 1-4 cm de largo, 1-2 cm de ancho, tal como se visualiza en la parte A de la ilustración 4-4 (Valencia et al., 2013, pp. pp. 77- 90; Mora et al., 1997, pp.12-13).

Según Mora y colaboradores, las semillas son recalcitrantes y pierden rápidamente viabilidad cuando se secan y su germinación es hipogea (1997, pp.12-13).

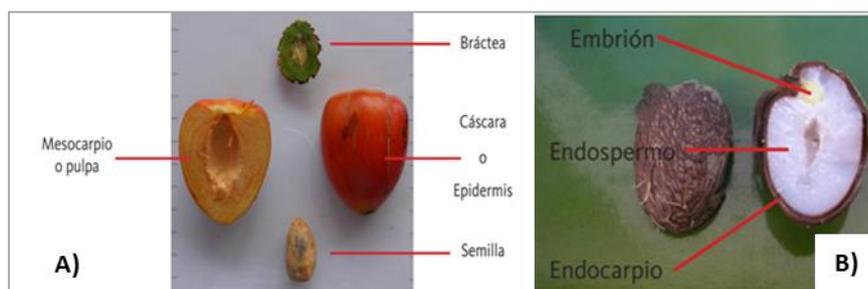


Ilustración 4-4: A) Fruto y; B) Partes de la semilla de *Bactris gasipaes*

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 202

4.1.2.2. Análisis micro morfológico de *Bactris gasipaes*

A continuación, se muestra la morfología microscópica de la raíz, tallo, hojas y fruto de *Bactris gasipaes* obtenidas a partir de cortes longitudinales y transversales, utilizando suero fisiológico y tinción azul de metileno para diferenciar estructuras.

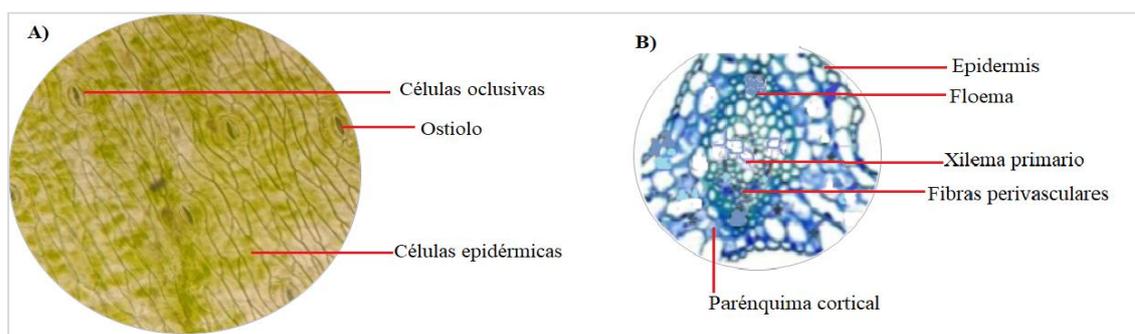


Ilustración 5-4: A) Corte longitudinal de las hojas, con suero fisiológico B) Corte transversal de la hoja, tinción: azul de metileno

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

En la ilustración 5-4 se exhiben en la sección A un conjunto de células de diversas formas, todas ricas en clorofila, además estructuras estomáticas quienes son los responsables del intercambio gaseoso y en ellas se diferencian las células oclusivas y los ostiolos. Mientras que, en el apartado B se indica la presencia de un floema, xilema, parénquima cortical y fibras perivasculares.

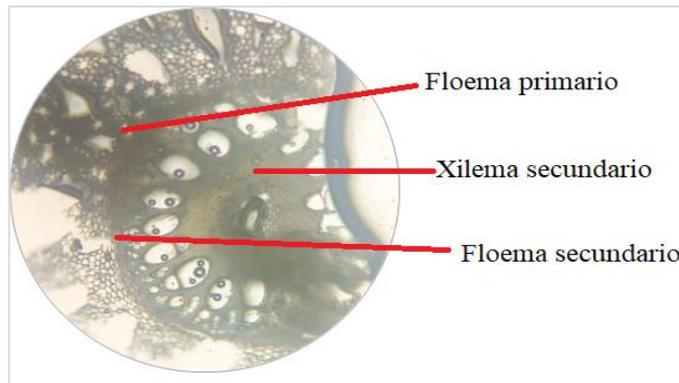


Ilustración 6-4: Corte longitudinal de la raíz

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

En la ilustración 6-4 se visualizan las siguientes estructuras pertenecientes a la raíz: parénquima cortical, floema primario y secundario, además se detectó xilema secundario.

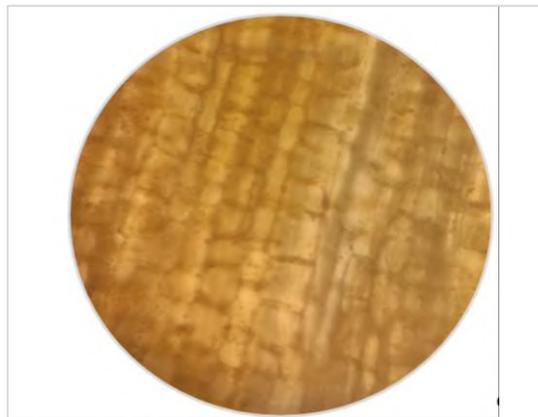


Ilustración 7-4: Corte longitudinal del tallo

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

En la ilustración 7-4 muestra una sección longitudinal del tallo, en él se aprecia la epidermis, aerénquima y haces vasculares además de la presencia de grasas.

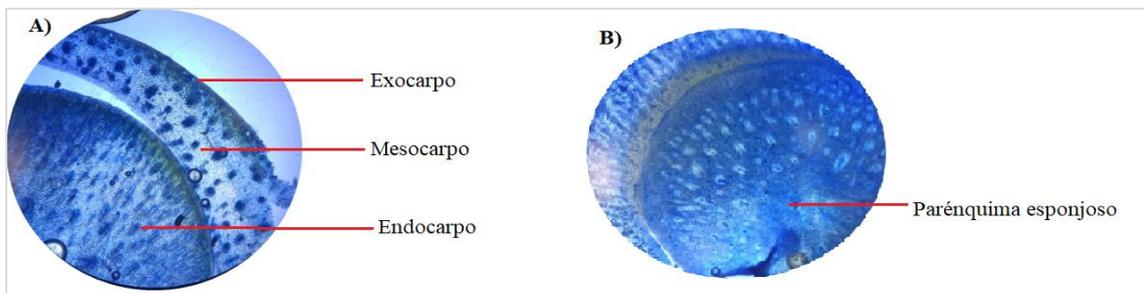


Ilustración 8-4: A) Corte transversal del fruto, tinción: azul de metileno B) Corte transversal del fruto, tinción: azul de metileno

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

En la ilustración 8-4 se observa las partes del fruto como es el exocarpo, mesocarpo y endocarpo; mientras que en la sección B se evidencia la epidermis del fruto tiene células de varias formas, como cuadradas o rectangulares, así como un parénquima esponjoso.

Esta información fue confirmada por un estudio realizado por Sánchez y colaboradores, quienes, usando microscopía electrónica de barrido y de transmisión, observaron hojas con aprox. 160 folíolos, epidermis formada por células isodiamétricas y células rectangulares en la hipodermis. En términos de parénquima, tiene una estructura de varias capas similar al parénquima esponjoso (2016, p. 1273-1285).

4.1.3. Análisis organoléptico del fruto de *Bactris gasipaes*

Tabla 2-4: Análisis organoléptico del fruto de *Bactris gasipaes*

Características organolépticas del fruto de <i>Bactris gasipaes</i>	
Textura	Harinosa
Sabor	Dulce
Olor	Característico de la fruta
Color	Rojo
Forma	Cónica, globosa u ovoide
Marcas externas o peculiares	Presenta estrías

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Los resultados del análisis sensorial de los frutos de *Bactris gasipaes* se muestran en la tabla 2-4. Los frutos son cónicos, esféricos u ovalados, de piel roja y textura suave, la pulpa es anaranjada, de aspecto pulverulento y estrías delgadas, propiedades similares se describen en el trabajo de Valencia y colaboradores (2013, pp.77- 90).

4.2. Ensayos fisicoquímicos

Los resultados del control de calidad de la droga vegetal cruda fueron los siguientes, pruebas que se realizaron por duplicado:

4.2.1. Determinación de cenizas

La Tabla 3-4 muestra los resultados para cenizas totales, cenizas solubles en agua y cenizas solubles en ácido, mostrando valores de 1,264 %, 0,551 % y 0,065 %, respectivamente. Después

de realizar los procedimientos necesarios, se encontró que el porcentaje de contenido de cenizas de *Bactris gasipaes* con respecto al estándar se encuentra dentro del rango de referencia especificado en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN-ISO 5520 (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2014, pp. 1 -5; Medina, 2017, p. 43).

Tabla 3-4: Resultados de cenizas totales, solubles en agua y en ácido de la droga vegetal cruda de *Bactris gasipaes*.

Muestra vegetal	Muestra 1 (% Cenizas)	Muestra 2 (% Cenizas)	Promedio (% Cenizas)	Valor de referencia
CENIZAS TOTALES				
<i>Bactris gasipaes</i>	1.268	1.260	1.264	Hasta 12%
CENIZAS SOLUBLES EN AGUA				
<i>Bactris gasipaes</i>	0.552	0.550	0.551	Hasta 7 %
CENIZAS INSOLUBLES EN ÁCIDO				
<i>Bactris gasipaes</i>	0.030	0.10	0.065	Hasta 5 %

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Medina menciona que la determinación de cenizas totales es un indicador del contenido de sales minerales presentes en las plantas, por lo que es de gran importancia farmacológicamente hablando, por la presencia de minerales activos como el dióxido de silicio. Por otro lado, los resultados de las cenizas hidrosolubles indican el grado de calidad de la especie vegetal; los valores obtenidos por duplicado fueron de 0,552 %, 0,550 %, que están dentro del rango de referencia de la USP, pues no exceden el 7 % estipulado. En base a los resultados del control de calidad que se muestran en la Tabla 3-4, se verificó si el material vegetal cumplió con los parámetros de calidad, indicando que, aunque contiene impurezas, estas son menores, por lo que se considera que las condiciones son aptas para la investigación (2017, p. 43).

4.2.2. Determinación de humedad

La tabla 4-4 muestra que los valores obtenidos en la determinación del porcentaje de humedad del fruto seco de *Bactris gasipaes* son 9.472%, 10.72% y cuyo promedio es 10.096%, que de acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN-ISO 5520 cumplen con lo establecido en el rango referencia (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2014, pp. 1 -5).

Tabla 4-4: Resultados de humedad de la droga vegetal cruda de *Bactris gasipaes*.

Muestra vegetal	Muestra 1 (%)	Muestra 2 (%)	Promedio (%)	Valor de referencia
<i>Bactris gasipaes</i>	9.472	10.720	10.096	14 %

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

El hecho de que los valores obtenidos estén dentro de los límites especificados demuestra que las condiciones de conservación y almacenamiento de la droga vegetal seca fueron adecuadas, ya que el contenido de humedad indica la estabilidad de la materia prima frente al deterioro provocado por bacterias u hongos. Por tanto, se dice que el porcentaje de humedad está directamente relacionada con el secado de la planta (Medina, 2017, p. 43).

4.3. Tamizaje fitoquímico

En la tabla 5-4 se expresan los resultados del análisis de los metabolitos secundarios presentes en los extractos etéreo, etanólico y acuoso del fruto de *Bactris gasipaes*:

Tabla 5-4: Tamizaje fitoquímico de los extractos del fruto de *Bactris gasipaes*

Ensayo	Metabolito identificado	Interpretación	Extracto etéreo	Extracto etanólico	Extracto acuoso
Sudán	Aceite - grasas	Coloración roja (+)	+++		
Mayer	Alcaloides	Opalescencia (+)	++	+++	+++
Wagner	Alcaloides	Turbidez definida (++)	+	+	++
Dragendorff	Alcaloides	Precipitado (+++)	+++	+++	+++
Badget	Lactonas-cumarinas	Rojo (++) Precipitado rojo (+++)	-	-	
Liberman	Triterpenos-esteroides	Rosado-azul			
Burchad		Verde intenso	+	+	
		Verde oscuro negro (+)			
Zack	Esteroles	Color verde o formación de un anillo verde	+	++	
Catequinas		Mancha verde carmelita (+)		-	
Resinas		Precipitado (+)		-	
Espuma	Saponinas	Presencia de espuma por más de 2 minutos.		+	+++
Fehling	Azúcares reductores	Rojo (++) Precipitado rojo (+)		+++	+++
		Rojo vino (+++)			
Cloruro Férrico	Fenoles taninos	Verde intenso (++) Azul (+)		-	+++
Bontrager	Quinonas	Rosado (++) Rojo (+++)		-	
Shinoda	Flavonoides	Amarillo - Naranja Carmelita o Rojo (+)		-	-
Antocianida	Secuencia de grupo de flavonoides	Rojo (++) Marrón (+++)		-	
Mucílagos		Consistencia gelatinosa (+)			+
Astringente					Agridulce

Interpretación: negativo (-), Baja evidencia (+), Evidencia (++) , Alta evidencia (++++)

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Según la tabla 5-4, en los extractos etanólicos y acuosos se observaron gran cantidad de azúcares reductores, alcaloides, triterpenos, esteroides y esteroles. La presencia de alcaloides determinada mediante el ensayo de Wagner se observó en mayor proporción en el extracto acuoso a diferencia de los extractos etanólico y etéreo. Por otro lado, los esteroles determinados por la prueba de Zack

están en mayor cantidad en el extracto etanólico en comparación con el extracto etéreo. Además, se observó una mayor formación de espuma en el extracto acuoso que en el etanólico, de manera similar en el caso de la identificación de fenoles y taninos. Estas pruebas se compararon con un estudio realizado por Paredes en cuyo análisis se observa similitud a los resultados de este estudio, excepto por los alcaloides que no se evidencian. Este hecho puede estar relacionado con la presencia de esta planta en diferentes condiciones de hábitat. Además, el autor agrega que no hubo evidencia de taninos, quinonas, flavonoides, lactonas, cumarinas, catequinas y resinas en el extracto etanólico (2013, pp. 61 – 62).

Así mismo Pizzani y colaboradores corroboran los resultados del tamizaje fitoquímico, sin embargo, difieren en la presencia de alcaloides, saponinas, mucílagos y catequinas que en el presente análisis dieron positivas (pp. 235-238).

De acuerdo con Kuklinski, el análisis cualitativo de los metabolitos de *Bactris gasipaes*, está relacionado con su actividad etnobotánica, es decir la actividad hipocolesterolémica y cicatrizante posiblemente está vinculado con la presencia de triterpenos, esteroides y esterolés (2003, pp. 106-183). Lo que sí está bien documentado es que los ácidos grasos como el palmítico, oleico (en gran cantidad), palmitoleico, esteárico, linoleico; tocoferoles como el α -tocoferol, β -tocoferol y Γ -Tocoferol y esterolés como el campesterol, stigmaesterol, Δ^5 -Avenaesterol y sitoesterol (compuesto más abundante), son agentes hipocolesterolémicos naturales (Montúfar et al., 2021, pp. 15-20). En consecuencia los compuestos presentes en el fruto de esta especie se asocian a la actividad hipocolesterolemia.

Por otro lado, los alcaloides se asocian con la actividad cardioprotectora ya que previenen el daño cardiovascular al trabajar junto con el tocoferol, los ácidos grasos insaturados y los fitoesterolés (Heinrich et al., 2021, p2; González et al., 2020, p. 89).

4.4. Control de calidad del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes*

4.4.1. Requisitos organolépticos

Tabla 6-4: Características organolépticas del extracto etanólico de *Bactris gasipaes*

Parámetro	Resultado
Olor	Característico de la fruta
Sabor	Agridulce
Color	Amarillo
Apariencia	Agradable

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Los resultados sensoriales del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes* se muestran en la tabla 6-4, en el cual se describe un olor afrutado característico similar a un aroma dulce, el color es amarillo claro, agradable a simple vista y un sabor agrio en boca y dulce al final.

4.4.2. Determinación de la densidad relativa

En la tabla 7-4, se encuentran los resultados de densidad relativa obtenidos del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes*, con los siguientes valores: 0.8941 g/ml, 0.8650 g/ml, respectivamente.

Tabla 7-4: Densidad del extracto del fruto de *Bactris gasipaes*

Muestra vegetal	Muestra 1 (g/ml)	Muestra 2 (g/ml)	Promedio (g/ml)
<i>Bactris gasipaes</i>	0.8941	0.8650	0.8796

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Similarmente a lo obtenido por Barreno, con un valor de densidad de 0,89 g/ml, este estudio describe una valor de 0,8796 g/ml lo que evidencia que el promedio está dentro del rango de referencia y por lo tanto el extracto mostró buena calidad de materia prima (2020, pp. 42).

4.4.3. Determinación del pH

En la tabla 8-4 se presentan los resultados del pH obtenidos del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes*, presentando los siguientes valores: 6.02, 6.05.

Tabla 8-4: Valores del pH del extracto del fruto de *Bactris gasipaes*

Muestra vegetal	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
<i>Bactris gasipaes</i>	6.02	6.05	6.04

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

En comparación con los estudios realizados por Barreno (2020, pp. 42) y Daza et al. (2015, pp. 65 – 73), el promedio de dos muestras de extracto muestran un valor de pH de 6 y un rango de 4 – 6 respectivamente, mientras que este estudio presenta un ligero aumento (6,04). Por lo tanto, el valor obtenido está dentro de los rangos de referencia y por ende el extracto presentó buena calidad de la materia prima. La ligera acidez presente puede ser resultado del pH del suelo en el que crece, la temperatura u otras condiciones. Es importante mencionar que el medio utilizado influye en el pH del extracto.

4.4.4.Determinación del índice de refracción

En la tabla 9-4 se presentan los resultados de índice de refracción obtenidas del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes*, con los siguientes valores: 1.3674, 1.3673

Tabla 9-4: Valores del índice de refracción del extracto del fruto de *Bactris gasipaes*

Muestra vegetal	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
<i>Bactris gasipaes</i>	1.3674	1.3673	1.3674

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

En la tabla 9-4 se evidencian los resultados obtenidos por duplicado para la obtención del índice de refracción y cuyo promedio es 1.3674. En un estudio similar realizado por Barreno se describe que el valor de índice de refracción es de 1.335, por lo que se deduce que el valor obtenido en este estudio está dentro de los rangos de referencia (2020, pp 42).

4.4.5.Determinación de sólidos totales

En la tabla 10-4 se presentan los resultados de sólidos totales obtenidos del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes*, con los siguientes valores: 0.034 %, 0.056 %.

Tabla 10-4: Valores de sólidos totales del extracto del fruto de *Bactris gasipaes*

Muestra vegetal	Muestra 1 (%)	Muestra 2 (%)	Promedio (%)
<i>Bactris gasipaes</i>	0.034	0.056	0.045

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

La tabla 10-4 evidencia el promedio de dos muestras de extracto de *Bactris gasipaes* cuyo promedio es 0.045%; análogamente a lo que menciona Daza et al. (2015, pp. 65 – 73), por lo que se intuye que el valor obtenido se encuentra dentro de los rangos de referencia y por ende el extracto es apto para la investigación.

4.5. Obtención del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes*

Este estudio utilizó un extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes* preparado a partir de 800 g de frutos secos y 1600 mL de etanol al 70%, macerados durante 3 días y filtrados al vacío para obtener 1500 mL de extracto. Se concentraron en un evaporador rotatorio a 40 °C y 800 rpm. A continuación, el extracto fue liofilizado.

4.6. Evaluación de la actividad hipocolesterolemica del fruto de *Bactris gasipaes*

4.6.1. Inducción de hipercolesterolemia a las ratas (*Rattus norvegicus*)

Cada grupo de ratas (*Rattus norvegicus*) se alimentó con una dieta de cafetería durante 21 días y el colesterol total se midió dos veces, al inicio y al final de la inducción. Se obtuvieron valores superiores a 88 mg/dL como se muestra en la Tabla 11-4 correspondiente al final de la inducción.

Tabla 11-4: Valores de colesterol total al finalizar la dieta en *Rattus norvegicus*

Grupo	Número ratas	Valor de CT (mg/dl)	Valor de referencia (mg/dl)
Blanco	5	129±4	44 - 88
Control positivo (CP)	5	152±4	44 - 88
Control negativo (CN)	5	131±4	44 - 88
Extracto de Bg 1 (EBG1)	5	148±4	44 - 88
Extracto de Bg 1 (EBG1)	5	152±4	44 - 88
Extracto de Bg 1 (EBG1)	5	165±4	44 - 88

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

4.6.2. Análisis de los tratamientos a base del fruto de *Bactris gasipaes*

4.6.2.1. Preparación de los tratamientos

Para la preparación de los diferentes tratamientos utilizados en el estudio se empleó como vehículo propilenglicol al 50 % para obtener dosis de 25, 50 y 100 mg/kg de extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes*, preparando 150 ml por tratamiento. Para el control positivo también se utilizó el mismo vehículo con atorvastatina a una dosis de 10 mg/kg.

4.6.2.2. Análisis microbiológico de los tratamientos preparados a base del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes*

La Tabla 12-4 muestra los resultados del control microbiológico realizado a los tratamientos preparados a base del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes* liofilizado y cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 12-4: Control microbiológico de los tratamientos preparados a base del extracto

Prueba microbiológica	Tratamientos preparados con el extracto etanólico			Valor de referencia USP 35
	25 mg/kg	50 mg/kg	100 mg/kg	
Aerobios mesófilos totales	Ausencia	10 UFC/ml	Ausencia	< 100 ufc/mL
Mohos y levaduras	Ausencia	Ausencia	Ausencia	< 100ufc/ mL
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausente

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Los tratamientos microbiológicos descritos en la tabla 12-4, no mostraron crecimiento microbiano por lo que fueron adecuados para su uso en animales de laboratorio (*Rattus norvegicus*).

Por un lado, se nota la ausencia del patógeno *Escherichia coli*, causante de enfermedades y cuya presencia es signo de contaminación fecal. En cuanto a los aerobios mesófilos totales, que indican la calidad de la higiene y el crecimiento de moho y levadura en condiciones de humedad, también están ausentes.

Las normas USP 35 e INEN NTE 1529-5, 8 y 10 describen el rango de referencia (ver tabla 12-4 para detalles), por lo que los valores obtenidos en este estudio están dentro de los límites especificados y se concluye que los tratamientos preparados fueron realizados en condiciones estériles y que el procesamiento y almacenamiento son las adecuadas para su uso en esta investigación (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2006, pp. 2 – 9; Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2013, pp. 2 – 9; (Servicio Ecuatoriano de Normalización ,2016, pp. 2 -14)

4.6.2.3. Administración de los tratamientos a los grupos de *Rattus norvegicus*

Como se muestra en la tabla 13-4, se administró por vía oral 1 ml de cada tratamiento a las ratas del grupo establecido, durante 21 días.

Tabla 13-4: Tratamientos administrados a los grupos de *Rattus norvegicus*

Grupo	Número ratas	Dieta	Tratamiento	Dosis
Blanco	5	Estándar	Ninguno	Ninguno
Control positivo (CP)	5	Estándar	Atorvastatina	10 mg/kg
Control negativo (CN)	5	Estándar	Propilenglicol 50 %	Ninguna
Extracto de Bg 1 (EBG1)	5	Estándar	Extracto etanólico de <i>Bactris gasipaes</i>	25mg/kg
Extracto de Bg 2 (EBG2)	5	Estándar	Extracto etanólico de <i>Bactris gasipaes</i>	50 mg/kg
Extracto de Bg 3 (EBG3)	5	Estándar	Extracto etanólico de <i>Bactris gasipaes</i>	100 mg/kg

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

4.6.3. Valores promedio del peso corporal de *Rattus norvegicus* durante el tratamiento

Cada rata se pesó antes del inicio del tratamiento, 15 días antes del período de dosificación y al final de la dosificación para obtener los valores que se muestran en la Tabla 14-4.

Tabla 14-4: Valores promedio del peso corporal de *Rattus norvegicus* durante el tratamiento

Grupo	Número ratas	Peso inicial (g)	Peso hipercolesterolemia (g)	Peso 15 días de tratamiento (g)	Peso final (g)
Blanco	5	190±2	274.9±2	274±2	273.8±2
Control positivo (CP)	5	220±2	303±2	270±2	256±2
Control negativo (CN)	5	180±2	261.9±2	261±2	260±2
Extracto de Bg 1 (25 mg/kg)	5	265±2	332.1±2	315±2	298.1±2
Extracto de Bg 2 (50mg/kg)	5	215±2	286±2	275±2	248±2
Extracto de Bg 3 (100mg/kg)	5	230±2	301±2	278±2	256±2

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

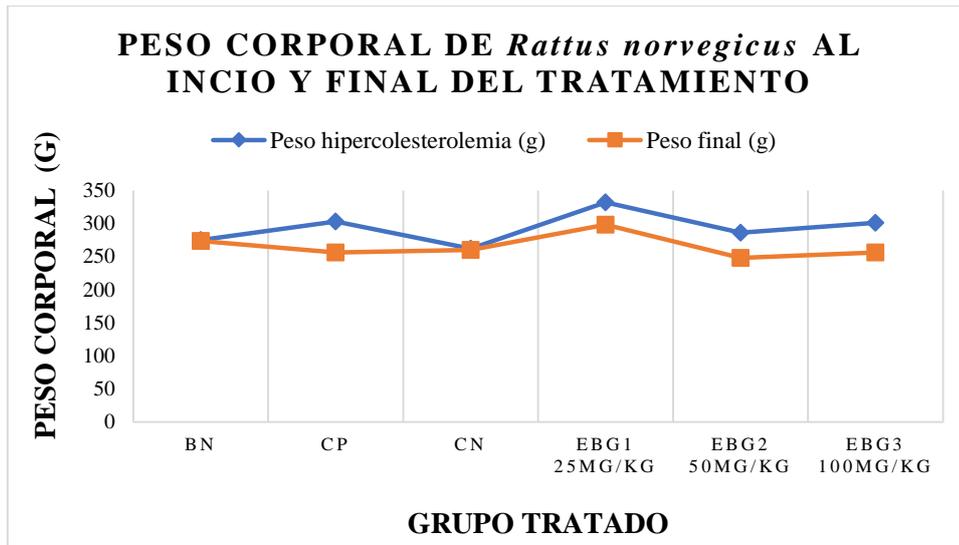


Ilustración 9-4: Peso corporal de *Rattus norvegicus* al inicio y final del tratamiento

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

La Tabla 14-4 y la ilustración 9-4 muestra el peso corporal promedio de *Rattus norvegicus* en cada grupo, y se observó que el grupo de control positivo y el grupo EBG3 redujeron significativamente su peso corporal en alrededor de 20 ± 5 g. Los grupos EBG1 y EBG2 no disminuyeron más de 10 ± 5 g. El peso corporal del grupo blanco y el grupo de control negativo fue más o menos constante, perdiendo tan solo 5 g. Por lo tanto, el grupo EBG3) que recibió a una dosis de 100 mg/kg tuvo una destacable pérdida de peso corporal.

4.6.4. Análisis estadístico del peso corporal de *Rattus norvegicus* durante el tratamiento

4.6.4.1. Prueba T pareada

Se examinaron los cambios en el peso corporal de las ratas en dos medidas fijas, una al comienzo del tratamiento y otra al final del período fijado (21 días). Para ello, se realizó una prueba t pareada con los valores de un grupo de la siguiente manera:

- Grupo Blanco (GB)

Tabla 15-4: Peso corporal en gramos de *Rattus norvegicus* del grupo blanco

Color marcado en la rata	Antes	Después
Azul	275.8	273.8
Negro	273.5	274.5
Morado	274.9	273.2
Café	274.6	273.0
Amarillo	275.8	274.8

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 16-4: Prueba aplicada al Grupo Blanco

Hipótesis nula	H ₀ : diferencia_μ = 0
Hipótesis alterna	H ₁ : diferencia_μ ≠ 0
Valor T	Valor p
1.96	0.121

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Debido a que el valor $-p > \alpha$, se acepta la hipótesis nula y al nivel de significancia del 95% se concluye que no existe diferencia en el peso corporal de las ratas al inicio y al final del tratamiento.

- *Grupo Control Positivo (CP)*

Tabla 17-4: Peso corporal en gramos de *Rattus norvegicus* del grupo CP

Color marcado en la rata	Antes	Después
Azul	303.0	255.3
Negro	301.5	257.4
Morado	306.0	258.7
Café	307.4	256.9
Amarillo	270.0	255.7

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 18-4: Prueba del grupo CP

Hipótesis nula	H ₀ : diferencia_μ = 0
Hipótesis alterna	H ₁ : diferencia_μ ≠ 0
Valor T	Valor p
6.09	0.004

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Dado que el valor $-p < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula y al nivel de significancia del 95% se concluye que existe diferencia en el peso corporal de las ratas al inicio y al final del tratamiento.

- *Grupo Control Negativo (CN)*

Tabla 19-4: Peso corporal en gramos de *Rattus norvegicus* del grupo CN

Color marcado en la rata	Antes	Después
Azul	260.0	259.8
Negro	261.5	258.3
Morado	263.8	257.9
Café	261.7	259.1
Amarillo	262.5	258.3

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 20-4: Prueba del grupo CN

Hipótesis nula	H ₀ : diferencia_μ = 0
Hipótesis alterna	H ₁ : diferencia_μ ≠ 0
Valor T	Valor p
3.43	0.027

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Dado que el valor de $-p > \alpha$, se acepta la hipótesis nula y, a un nivel de significancia del 95%, se concluye que no existe diferencia entre el peso corporal de las ratas al inicio y al final del tratamiento.

- *Grupo Extracto de Bg 1 (25 mg/kg) EBG 1*

Tabla 21-4: Peso corporal en gramos de *Rattus norvegicus* del grupo Extracto de Bg 1 (25 mg/kg)

Color marcado en la rata	Antes	Después
Azul	330.0	298.0
Negro	331.5	297.6
Morado	334.5	298.4
Café	331.2	296.8
Amarillo	333.4	299.5

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 22-4: Prueba del grupo EBG 1

Hipótesis nula	H ₀ : diferencia_μ = 0
Hipótesis alterna	H ₁ : diferencia_μ ≠ 0
Valor T	Valor p
52.03	0.000

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Dado que el valor de $-p < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula y, a un nivel de significancia del 95%, se concluye que existe diferencia entre el peso corporal de las ratas al inicio y al final del tratamiento al administrar 25 mg/kg

- *Grupo Extracto de Bg 2 (50 mg/kg)- EBG 2*

Tabla 23-4: Peso corporal en gramos de *Rattus norvegicus* del grupo Extracto de Bg 2 (50 mg/kg)

Color marcado en la rata	Antes	Después
Azul	286.0	248.0
Negro	285.4	249.5
Morado	286.5	248.6
Café	285.4	247.6
Amarillo	284.3	249.8

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 24-4: Prueba del grupo EBG 2

Hipótesis nula	H ₀ : diferencia_μ = 0
Hipótesis alterna	H ₁ : diferencia_μ ≠ 0
Valor T	Valor p
52.74	0.000

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Dado que el valor $-p < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula y al nivel de significancia del 95% se concluye que existe diferencia en el peso corporal de las ratas al inicio en comparación con el final del tratamiento al administrar 50 mg/kg.

- *Grupo Extracto de Bg 3 (100 mg/kg) – EGB3*

Tabla 25-4: Peso corporal en gramos de *Rattus norvegicus* del grupo Extracto de Bg 3 (100 mg/kg)

Color marcado en la rata	Antes	Después
Azul	300.0	256.0
Negro	301.2	255.3
Morado	302.5	256.8
Café	300.8	255.9
Amarillo	301.7	256.2

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 26-4: Prueba del grupo EBG 3

Hipótesis nula	$H_0: \text{diferencia}_\mu = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
Valor T	Valor p
131.58	0.000

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Dado que el valor $-p < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula y al nivel de significancia del 95% se concluye que existe diferencia en el peso corporal de las ratas al inicio y al final del tratamiento al administrar 100 mg/kg

4.6.4.2. Análisis ANOVA

Se examinó la variación del peso corporal en cada grupo de ratas al inicio y final del tratamiento. Para esto, se realizó ANOVA de un solo factor para cada caso de la siguiente manera.

- *Análisis ANOVA al inicio del tratamiento*

Tabla 27-4: Análisis ANOVA al inicio del tratamiento

Grupo Color	Blanco	Control Positivo	Control Negativo	EGB 1 (25mg/kg)	EGB 2 (50mg/kg)	EGB 3 (100mg/kg)
Azul	275.8	303.0	260.0	330.0	248.0	300.0
Negro	273.5	301.5	261.5	331.5	249.5	301.2
Morado	274.9	306.0	263.8	334.5	248.6	302.5
Café	274.6	307.4	261.7	331.2	247.6	300.8
Amarillo	275.8	270.0	262.5	333.4	249.8	301.7

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 28-4: Análisis de varianza al inicio del tratamiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	5	7951.68	1590.34	1760.17	0.000
Error	24	21.68	0.90		
Total	29	7973.37			

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Se realizó ANOVA de un solo factor en las mediciones de peso al inicio del estudio, lo que dio como resultado un valor de $p=0,00$ ($p < 0,05$), lo que indica que las medias no son iguales y, por lo tanto, los tratamientos representan una diferencia significativa. En consecuencia, se aplica el test de Tukey como se muestra en la tabla 29-4:

Tabla 29-4: Test de Tukey cada tratamiento

Tratamiento	N	Media	Agrupación	
EBG1 (25mg/kg)	5	332.120	A	
EBG3 (100mg/kg)	5	301.240	B	
Control Positivo	5	297.58	B	C
EBG2 (50mg/kg)	5	285.520	C	D
Blanco	5	274.920	D	
Control Negativo	5	261.900	E	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Para la prueba de Tukey se utilizaron los pesos al inicio del tratamiento. Con un intervalo de confianza del 95% se evidenció una diferencia significativa entre las medias de EBG 1 (25 mg/kg) y el grupo control negativo; mientras que EBG 2 (50 mg/kg), EBG 3 (100 mg/kg), grupo control positivo y grupo blanco presentaron valores medios similares (ver ilustración 9-4).

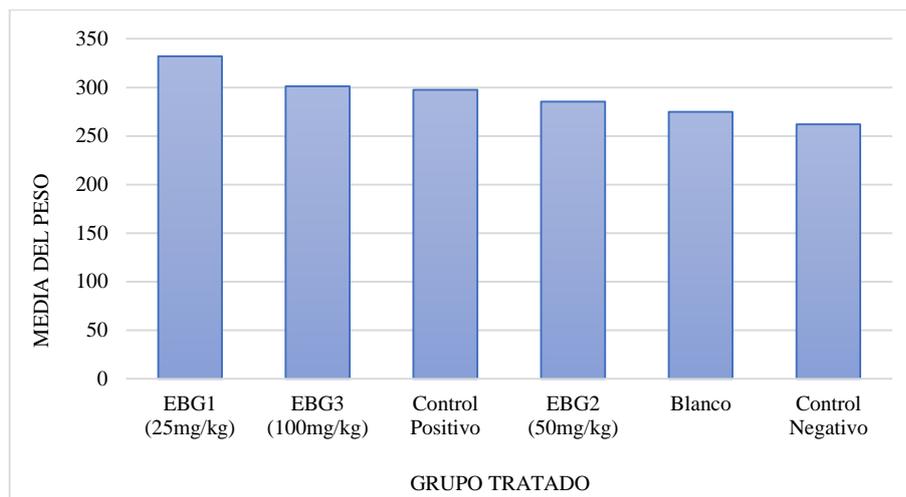


Ilustración 10-4: Test de Tukey del peso corporal al inicio del tratamiento

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

- *Análisis ANOVA del peso corporal al final del tratamiento*

Tabla 30-4: Análisis ANOVA al final del tratamiento

Grupo Color	Blanco	Control Positivo	Control Negativo	EGB 1 (25mg/kg)	EGB 2 (50mg/kg)	EGB 3 (100mg/kg)
Azul	273.8	255.3	259.8	298.0	248.0	256.0
Negro	274.5	257.4	258.3	297.6	249.5	255.3
Morado	273.2	258.7	257.9	298.4	248.6	256.8
Café	273.0	256.9	259.1	296.8	247.6	255.9
Amarillo	274.8	255.7	258.3	299.5	249.8	256.2

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 31-4: Análisis de varianza al final del tratamiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	5	14828	2965.58	70.93	0.000
Error	24	1003	41.81		
Total	29	15831			

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Se aplicó ANOVA de un solo factor en las mediciones de peso al final del tratamiento, lo que dio como resultado un valor de $p=0,00$ ($p < 0,05$), que indica que las medias no son iguales y, por lo tanto, los tratamientos representan diferencias significativas. En consecuencia, se aplica el test de Tukey como se muestra en la tabla 32-4:

Tabla 32-4: Test de Tukey cada tratamiento

Tratamiento	N	Media	Agrupación
EBG1 (25mg/kg)	5	298.060	A
Blanco	5	273.860	B
Control Negativo	5	261.796	C
Control Positivo	5	256.800	D
EBG3 (100mg/kg)	5	256.040	D
EBG2 (50mg/kg)	5	248.700	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Para el test de Tukey se utilizó los pesos al finalizar el tratamiento; con un intervalo de confianza del 95% se evidenció una diferencia significativa entre las medias de los grupos EBG 1 (25 mg/kg), EBG 2 (50mg/kg), blanco, control negativo; mientras que los grupos EBG 3 (100mg/kg) y control positivo presentaron valores medios similares (ver ilustración 10-4).

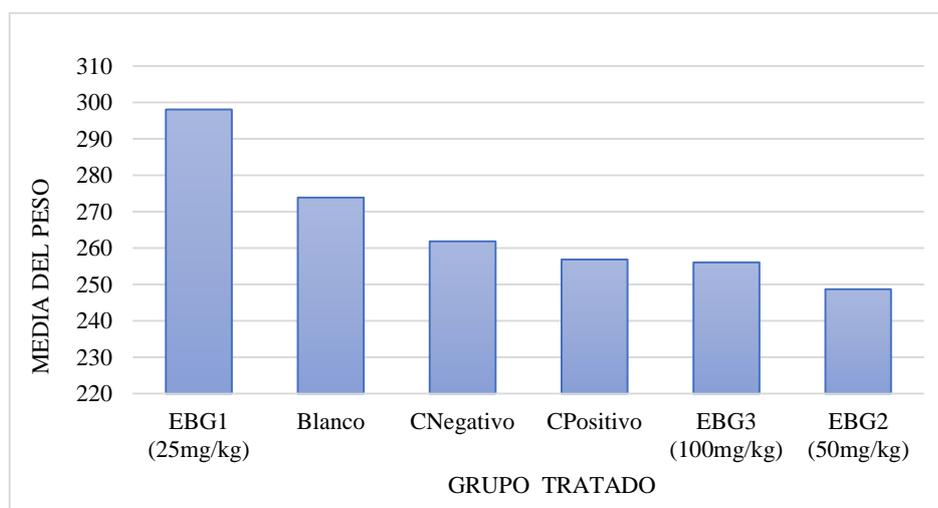


Ilustración 11-4: Test de Tukey del peso corporal al final del tratamiento

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

4.6.5. Valores promedio de colesterol total sérico durante la administración de los tratamientos

Tabla 33-4: Valores promedio de Colesterol Total de *Rattus norvegicus*

Grupo	Número ratas	Valor CT inicial (mg/ dl)	Valor CT a 15 días (mg/ dl)	Valor CT a 21 días (mg/ dl)
Blanco	5	129±4	128±4	126±4
Control positivo (CP)	5	152±4	132±4	110±4
Control negativo (CN)	5	131±4	130±4	129±4
Extracto de Bg 1 (EBG1)	5	148±4	141±4	135±4
Extracto de Bg 2 (EBG2)	5	152±4	145±4	139±4
Extracto de Bg 3 (EBG3)	5	165±4	145±4	120±4

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

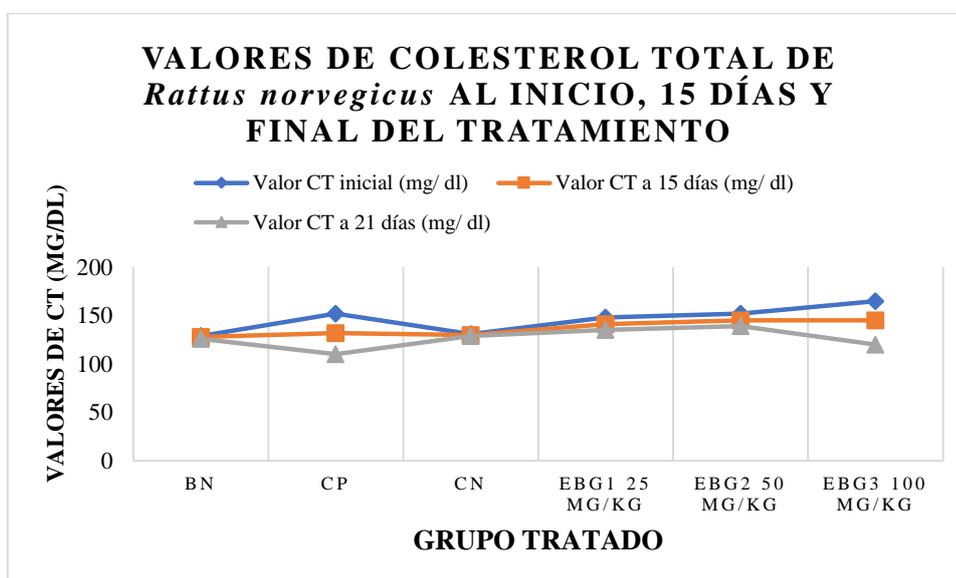


Ilustración 12-4: Valores de CT de *Rattus norvegicus* al inicio, 15 días y final del tratamiento

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

La Tabla 33-4 y la ilustración 12-4 muestra valores promedio de colesterol total de *Rattus norvegicus* en cada grupo, y se observó que el grupo de control positivo y el grupo EBG3 redujeron significativamente su niveles. Los grupos EBG1 y EBG2 no disminuyeron más de 10 ± 5 g. El peso corporal del grupo blanco y el grupo de control negativo fue más o menos constante, perdiendo tan solo 5 g. Por lo tanto, el grupo EBG3) que recibió a una dosis de 100 mg/kg tuvo una destacable pérdida de peso corporal.

4.6.6. Análisis estadístico de los valores de colesterol total sérico durante la administración de los tratamientos

El análisis estadístico se realizó similarmente al análisis aplicado a los parámetros de peso corporal utilizando el programa MitiTab y empleando la prueba T pareada y ANOVA de un solo factor, sin embargo, el análisis en este caso se aplicó a los parámetros colesterol total sérico.

4.6.6.1. Prueba T pareada

Se examinaron los niveles de colesterol total sérico de las ratas en dos medidas fijas, descritas anteriormente en el análisis del peso corporal de estas especies.

- *Grupo Blanco*

Tabla 34-4: Valores de colesterol (mg/dL) de *Rattus norvegicus* del Grupo Blanco

Color marcado	Antes	Después
Azul	135	124
Negro	128	126
Morado	125	130
Café	129	127
Amarillo	129	128

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 35-4: Prueba del Grupo Blanco

Hipótesis nula	H ₀ : diferencia_μ = 0
Hipótesis alterna	H ₁ : diferencia_μ ≠ 0
Valor T	Valor p
086	0.438

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Debido a que el valor $-p > \alpha$, se acepta la hipótesis nula y al nivel de significancia del 95% se concluye que no existe diferencia entre los valores de colesterol sérico total de las ratas al inicio y al final del tratamiento.

- *Grupo Control Positivo*

Tabla 36-4: Valores de colesterol (mg/dL) de *Rattus norvegicus* del Grupo Control Positivo

Color marcado en la rata	Antes	Después
Azul	152	115
Negro	154	108
Morado	153	105
Café	151	110
Amarillo	152	105

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 37-4: Prueba del Grupo Control Positivo

Hipótesis nula	H_0 : diferencia $_{\mu} = 0$
Hipótesis alterna	H_1 : diferencia $_{\mu} \neq 0$
Valor T	Valor p
21.02	0.000

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Dado que el valor $-p < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula y al nivel de significancia del 95% se concluye que existe diferencia entre los valores de colesterol total sérico de las ratas al inicio y al final del tratamiento.

- *Grupo Control Negativo*

Tabla 38-4: Valores de colesterol (mg/dL) de *Rattus norvegicus* del Grupo Control Negativo

Color marcado en la rata	Antes	Después
Azul	135	131
Negro	131	125
Morado	129	136
Café	130	129
Amarillo	131	128

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 39-4: Prueba del Grupo Control Negativo

Hipótesis nula	H ₀ : diferencia_μ = 0
Hipótesis alterna	H ₁ : diferencia_μ ≠ 0
Valor T	Valor p
0.62	0.567

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 202

Debido a que el valor $-p > \alpha$, se acepta la hipótesis nula y al nivel de significancia del 95% se concluye que no existe diferencia entre los valores de colesterol sérico total de las ratas al inicio y al final del tratamiento.

- *Grupo Extracto de Bg 1 (25 mg/kg)*

Tabla 40-4: Valores de colesterol (mg/dL) de *Rattus norvegicus* del Grupo EGB 1 (25mg/kg)

Color marcado en la rata	Antes	Después
Azul	141	137
Negro	152	140
Morado	149	136
Café	145	135
Amarillo	148	137

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 41-4: Prueba del grupo EGB 1

Hipótesis nula	H ₀ : diferencia_μ = 0
Hipótesis alterna	H ₁ : diferencia_μ ≠ 0
Valor T	Valor p
6.32	0.003

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Debido a que el valor $-p < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula y al nivel de significancia del 95% se concluye que existe diferencia en los valores de colesterol total sérico de las ratas al inicio y al final del tratamiento al administrar 25 mg/kg de extracto.

- *Grupo Extracto de Bg 2 (50 mg/kg)*

Tabla 42-4: Valores de colesterol (mg/dL) de *Rattus norvegicus* del Grupo EGB 2 (50mg/kg)

Color marcado en la rata	Antes	Después
Azul	155	141
Negro	159	139
Morado	150	135
Café	152	142
Amarillo	149	135

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 43-4: Prueba del Grupo EGB 2

Hipótesis nula	H ₀ : diferencia_μ = 0
Hipótesis alterna	H ₁ : diferencia_μ ≠ 0
Valor T	Valor p
9.13	0.001

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Debido a que el valor $-p < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula y al nivel de significancia del 95% se concluye que existe diferencia en los valores de colesterol total sérico de las ratas al inicio y al final del tratamiento al administrar 50 mg/kg de extracto.

- *Grupo Extracto de Bg 3 (100 mg/kg)*

Tabla 44-4: Valores de colesterol (mg/dL) de *Rattus norvegicus* del Grupo EGB 3 (100mg/kg)

Color marcado en la rata	Antes	Después
Azul	160	110
Negro	154	115
Morado	165	108
Café	159	120
Amarillo	166	110

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 45-4: Prueba del Grupo EGB 3

Hipótesis nula	H ₀ : diferencia_μ = 0
Hipótesis alterna	H ₁ : diferencia_μ ≠ 0
Valor T	Valor p
12.23	0.000

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Dado que el valor $-p < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula y al nivel de significancia del 95% se concluye que existe diferencia en los valores de colesterol total sérico de las ratas al inicio y al final del tratamiento al administrar 100 mg/kg de extracto.

4.6.6.2. Análisis ANOVA

Se examinaron los cambios en los niveles de colesterol total en suero en cada grupo de ratas al comienzo del tratamiento, a los 15 días y al final del tratamiento. Para esto, se realizó ANOVA de un solo factor para cada caso de la siguiente manera.

- *Análisis ANOVA de los valores de CT al inicio del tratamiento*

Tabla 46-4: Análisis ANOVA de los valores de CT al inicio del tratamiento

Grupo Color	Blanco	Control Positivo	Control Negativo	EGB 1 (25mg/kg)	EGB 2 (50mg/kg)	EGB 3 (100mg/kg)
Azul	135	152	135	141	155	160
Negro	128	154	131	152	159	154
Morado	125	153	129	149	150	165
Café	129	151	130	145	152	159
Amarillo	129	152	131	148	149	166

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 47-4: Análisis de varianza al inicio del tratamiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	5	4051.6	810.32	62.82	0.000
Error	24	309.6	12.90		
Total	29	4361.2			

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

El análisis ANOVA de un solo factor de los valores de colesterol total al inicio del tratamiento arrojó un valor de $p = 0,00$ ($p < 0,05$), lo que indica que las medias no eran iguales y, por lo tanto, los tratamientos mostraron diferencias significativas. En consecuencia, es indispensable realizar el test de Tukey (ver tabla 48-4).

Tabla 48-4: Test de Tukey de CT al inicio del tratamiento

Tratamiento	N	Media	Agrupación
EBG3 (100mg/kg)	5	160.80	A
EBG2 (50mg/kg)	5	153.00	B
Control Positivo	5	152.400	B
EBG1 (25mg/kg)	5	147.00	B
Control Negativo	5	131.20	C
Blanco	5	129.20	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Para el test de Tukey se utilizó los valores de colesterol total sérico al iniciar el tratamiento; con un intervalo de confianza del 95% se evidenció una diferencia significativa entre las medias de los grupos EGB 3 (100mg/kg) mientras que los grupos EGB 2 (50mg/kg), control positivo y EGB 1 (25mg/kg) presentaron medias similares entre sí. Finalmente, los grupos control negativo y blanco comparten valores medios similares (ver ilustración 13-4).

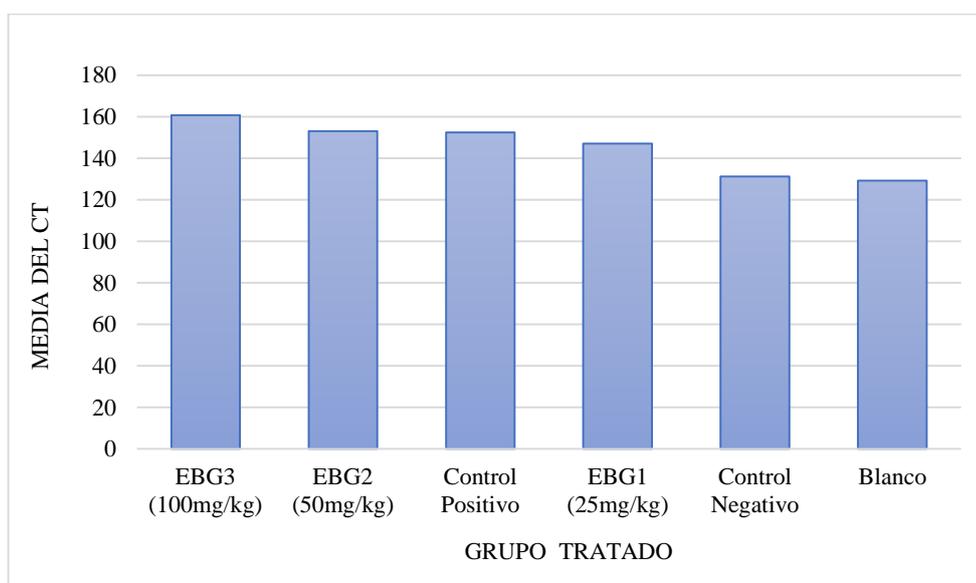


Ilustración 13-4: Test de Tukey de los valores de colesterol total sérico al inicio del tratamiento.

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

- *Análisis ANOVA de los valores de CT a los 15 días del tratamiento*

Tabla 49-4: Análisis ANOVA de los valores de CT a los 15 días del tratamiento

Grupo Color	Blanco	Control Positivo	Control Negativo	EGB 1 (25mg/kg)	EGB 2 (50mg/kg)	EGB 3 (100mg/kg)
Azul	129	128	134	145	145	146
Negro	128	129	136	139	140	143
Morado	131	127	129	135	146	148
Café	130	130	130	141	144	145
Amarillo	131	128	134	141	148	147

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 50-4: Análisis de varianza a los 15 días del tratamiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	5	1452.7	290.540	46.49	0.000
Error	24	150.0	6.250		
Total	29	1602.7			

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

El análisis ANOVA de un solo factor de los valores de colesterol total a los 15 días del tratamiento dio como resultado un valor de $p = 0,00$ ($p < 0,05$), lo que indica que las medias no eran iguales, es decir, los tratamientos mostraron diferencias significativas. Por tanto, se realizó el test de Tukey como se observa en la tabla 51-4:

Tabla 51-4: Test de Tukey cada tratamiento

Tratamiento	N	Media	Agrupación	
EBG3 (100mg/kg)	5	145.800	A	
EBG2 (50mg/kg)	5	144.60	A	B
EBG1 (25mg/kg)	5	140.20	B	
Control Negativo	5	132.60	C	
Blanco	5	129.800	C	
Control Positivo	5	128.400	C	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Para el test de Tukey se utilizó los valores de colesterol total sérico a los 15 días de iniciar el tratamiento; con un intervalo de confianza del 95% se evidenció que el grupo del EBG 2 (50

mg/kg) comparte medias similares con el grupo EBG 3 (100 mg/kg) y también con el grupo EBG 1 (25mg/kg); mientras que los grupos control positivo, control negativo y blanco comparten medias similares (ver ilustración 14-4).

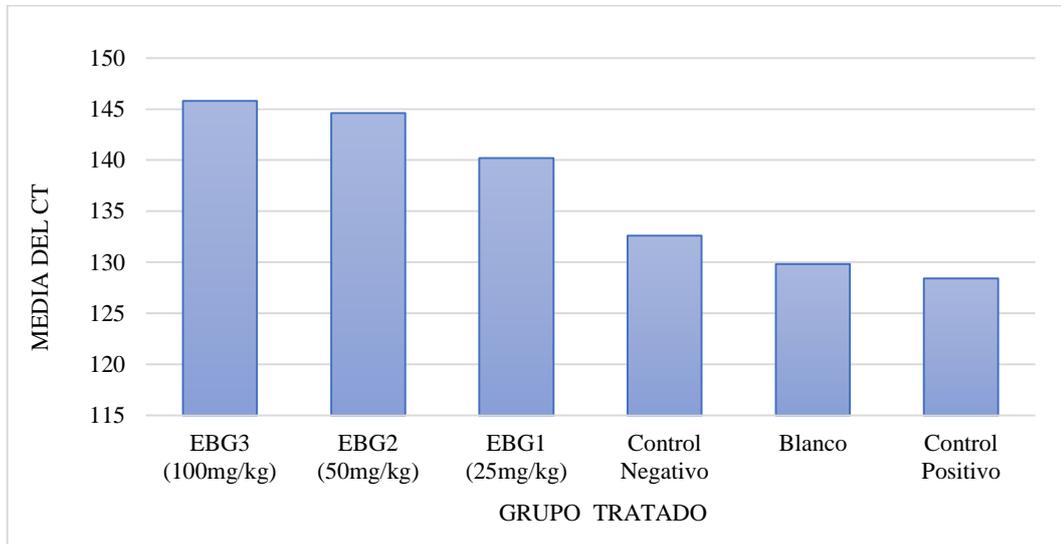


Ilustración 14-4: Test de Tukey de los valores de colesterol total sérico a los 15 días del tratamiento.

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

- *Análisis ANOVA de los valores de CT al final del tratamiento*

Tabla 52-4: Análisis ANOVA de los valores de CT al final del tratamiento

Grupo Color	Blanco	Control Positivo	Control Negativo	EBG 1 (25mg/kg)	EBG 2 (50mg/kg)	EBG 3 (100mg/kg)
Azul	124	115	131	137	141	110
Negro	126	108	125	140	139	115
Morado	130	105	136	136	135	108
Café	127	110	129	135	142	120
Amarillo	128	105	128	137	135	110

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Tabla 53-4: Análisis de varianza al final del tratamiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	5	3857.0	771.39	60.03	0.000
Error	24	308.4	12.85		
Total	29	4165.4			

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

El análisis ANOVA de un solo factor de los valores de colesterol total al final del tratamiento dio como resultado un valor de $p = 0,00$ ($p < 0,05$), lo que indica que las medias no eran iguales, por ende, los tratamientos mostraron diferencias significativas. En consecuencia, se realizó el test de Tukey como se observa en la tabla 54-4:

Tabla 54-4: Test de Tukey cada tratamiento de los valores de CT al final.

Tratamiento	N	Media	Agrupación
EBG2 (50mg/kg)	5	138.40	A
EBG1 (25mg/kg)	5	137.000	A
Control Negativo	5	129.80	B
Blanco	5	127.00	B
EBG3 (100mg/kg)	5	112.60	C
Control Positivo	5	108.60	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Para el test de Tukey se utilizó los valores de colesterol total sérico al finalizar el tratamiento; con un intervalo de confianza del 95% se evidenció que el grupo los grupos EBG 2 (50mg/kg) y EBG 1 (25mg/kg) comparten medias similares entre sí y diferentes con los demás grupos; al igual que sucede con los grupos control negativo y blanco que presentan medias similares. Finalmente, los grupos control positivo y EBG 3 (100mg/kg) comparten medias similares (ver ilustración 15-4).

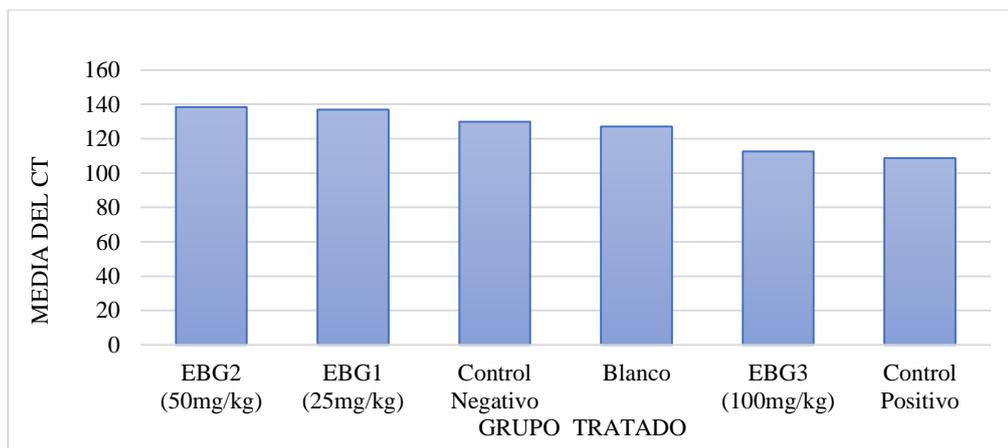


Ilustración 10-4: Test de Tukey de los valores de colesterol total sérico al final del tratamiento

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

4.7. Discusión

Se ha descubierto que una dieta rica en verduras y frutas reduce las enfermedades cardiovasculares. Las propiedades antioxidantes y antiinflamatorias de las plantas brindan funciones potenciales para la salud al combatir eventos patológicos en los organismos. Calixto et al., describe que las funciones de ciertos metabolitos secundarios (carotenoides, triterpenoides, esteroides, flavonoides y antioxidantes) es brindar protección contra condiciones como la hiperlipidemia y la aterosclerosis asociadas con el estrés oxidativo y la inflamación (2003, pp. 973-983). Un estudio experimental previo en ratas *Wistar* demostró que la administración de extracto de *Bactris gasipaes* tiene efectos antiinflamatorios y antioxidantes en los riñones (Santamarina et al., 2022, p. 4-5). Esto también fue confirmado en otro estudio realizado por Paredes (2013, pp. 89 – 91) que identificó la capacidad antioxidante *in vitro* utilizando el método DPPH.

Se demostró que la inducción de hipercolesterolemia en ratas *Rattus norvegicus* basada en una dieta rica en lípidos y una bebida rica en grasas como la leche, aumenta el colesterol total y peso corporal. Similarmente a lo que describe Espinoza et al (2019, pp. 1 -2) quienes confirmaron que la dieta que contenía aceite de coco y leche resultó en un aumento de peso similar a los grupos de pellets de alimentos estándar ricos en grasa. También demostraron que el género tiene un efecto en el aumento de peso, por otro lado, una dieta de cafetería provoca un aumento de peso en un corto período de tiempo, como lo demuestran la investigación realizada.

El análisis estadístico basado en la prueba t pareada de la variación del peso corporal de *Rattus norvegicus* determinó que hubo diferencia significativa ($p > \alpha$) entre los valores de los grupos EBG 1 (25 mg/kg), EBG 2 (50 mg/kg) y EBG 3 (100 mg/kg), es decir, el peso corporal de la especie se redujo significativamente.

En el análisis ANOVA realizado al inicio del tratamiento se encontró que las puntuaciones medias de los grupos de estudio eran desiguales ($p < 0,05$), por lo que se sometió a una prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95 %, indicando que el grupo CP compartía medias similares con el grupo EBG 3 (100mg/kg) y el grupo EBG 2 (50mg/kg), mientras que los otros grupos fueron diferentes. Al final del tratamiento se volvió a realizar ANOVA y se observó que las medias eran diferentes, por lo que se efectuó la prueba de Tukey, la cual mostró que el grupo de control positivo y EBG 3 (100 mg kg) tenían medias similares, en consecuencia, los valores de peso corporal de estos grupos disminuyeron de manera parecida.

El grupo EBG 3 (100 mg/kg) de extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes* tuvo una mayor reducción en el peso corporal final en comparación con los otros grupos, pero estadísticamente solo fue significativo ($p < 0,05$) comparada con el grupo que recibió atorvastatina en dosis de 10mg/kg. Santamaría y colaboradores encontraron que un grupo alimentado con una dieta alta en grasas (aceite de girasol) ganó más peso corporal, mientras que cuando se administró extracto de *Bactris gasipaes* con una dieta estándar (comida normal para roedores), la evidencia sugiere que estos grupos experimentaron una mayor pérdida de peso (2022, p. 4-5).

Con base en el análisis estadístico de la prueba t pareada del colesterol total en suero en *Rattus norvegicus*, se determinó que los grupos CP, EBG 1 (25 mg/kg), EBG 2 (50 mg/kg) y EBG 3 (100 mg/kg) fueron significativamente diferentes ($p < \alpha$), por lo que el colesterol total en suero disminuyó considerablemente.

En el análisis ANOVA realizado al inicio del tratamiento se encontró que los puntajes promedio de los grupos de estudio no son iguales ($p < 0,05$), por lo que se realizó una prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95 %, indicando que CP, el grupo EBG 1 (25 mg/kg) y EBG 2 (50 mg/kg) tenían valores medios similares. A los quince días después del inicio del tratamiento, se repitió nuevamente ANOVA sobre los valores resultantes, demostrando que las medias no eran iguales. Esto permitió realizar un test de Tukey que muestra que los grupos CN, CP y blanco tienen los mismos valores medios. Al final del tratamiento se preparó nuevamente ANOVA para visualizar que las medias eran diferentes, por lo que se realizó la prueba de Tukey y los resultados mostraron que las medias de los grupos EBG 1 (25 mg/kg), EBG 2 (50 mg/kg) eran iguales. Aunque el grupo CP ofreció un enfoque similar al grupo EBG 3 (100 mg kg), CN y blanco finalmente tuvieron un enfoque similar. Por lo tanto, compartir niveles similares significa que sus valores de Colesterol Total (CT) disminuyen de manera similar.

Con base en los niveles de TC analizados, se observó que el grupo de dosis de 100 mg/kg tuvo un efecto reductor del colesterol más fuerte similar al del grupo de atorvastatina. Por el contrario, a la dosis de 50 mg/kg, las ratas pertenecientes a este grupo mostraron niveles más bajos de TC en comparación con el grupo de dosis de 25 mg/kg. Alqarni et al (2019, pp. 5-7) estudiaron la

actividad hipocolesterolemizante de una especie vegetal perteneciente a la familia Araceae, donde notaron que a una dosis de 100 mg/kg el efecto era mayor, es decir, se redujo significativamente el colesterol total sérico. y hubo un aumento en los niveles de HDL.

Cabe señalar que la atorvastatina es un fármaco que ha demostrado reducir el colesterol sérico total en varios estudios con animales, por lo que ahora se considera un agente de referencia para el tratamiento de la hipercolesterolemia (Gressier et al, 2009, pp. 50-53). Además, los efectos secundarios de las estatinas pueden provocar diarrea, como se demostró en estudios experimentales en ratas *Wistar* que utilizaron varias dosis orales de inhibidores de la 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA reductasa, así mismo se ha demostrado que la diarrea es un efecto adverso efecto durante la terapia con estatinas en otros estudios en humanos (McGuire et al., 2009, pp. 1045-7).

4.8. Metabolitos vinculados con la disminución de CT

En función al tamizaje fitoquímico realizado en el estudio y a referencias bibliográficas indicaron que los metabolitos secundarios asociados a la disminución de los niveles séricos de colesterol total fueron los ácidos grasos como el palmítico, oleico (en gran cantidad), palmitoleico, esteárico, linoleico como se indica en la ilustración 16-4.

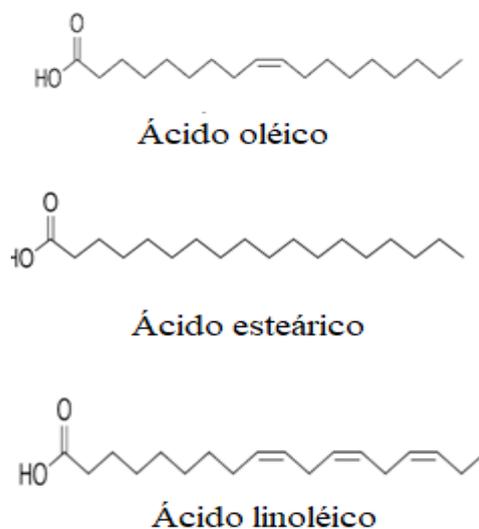
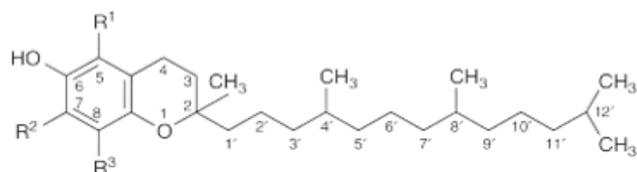


Ilustración 16-4: Estructuras químicas de los ácidos grasos
Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Otro metabolito hipocolesterolémico son los tocoferoles como el α -tocoferol, β -tocoferol y γ -Tocoferol como indica en la ilustración 17-4.

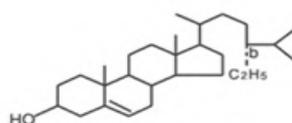


Componente	R ¹	R ²	R ³
α-Tocoferol	CH ₃	CH ₃	CH ₃
β-Tocoferol	CH ₃	H	CH ₃
γ-Tocoferol	H	CH ₃	CH ₃

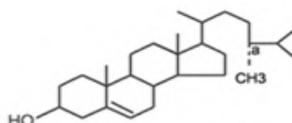
Ilustración 17-4: Estructuras químicas de lo tocoferoles

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

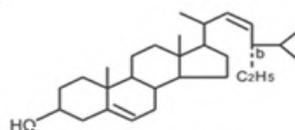
Además, los esteroides como el campesterol, stigmasterol, Δ⁵-Avenaesterol y sitoesterol (compuesto más abundante), son agentes hipocolesterolémicos naturales (Montúfar et al., 2021, pp. 15-20). En consecuencia los compuestos presentes en el fruto de esta especie se asocian a la actividad hipocolesterolémica.



Sitoesterol



Campesterol



Stigmasterol

Ilustración 11-4: Estructuras químicas de los esteroides

Realizado por: Cuadrado Flores, Yesenia, 2023

Por otro lado, los alcaloides se asocian con la actividad cardioprotectora ya que previenen el daño cardiovascular al trabajar junto con el tocoferol, los ácidos grasos insaturados y los fitoesteroides (Heinrich et al., 2021, p2; González et al., 2020, p. 89). En base a la información obtenida se fue comprobando que los saberes ancestrales y los usos que indicaron los moradores del sector la Esperanza, en la ciudad del Puyo son verídicos y efectivo.

CONCLUSIONES

- Se determinó la calidad del fruto de *Bactris gasipaes* mediante ensayos organolépticos (olor, sabor, color ,etc.), botánicos (análisis macro y microforológico) y fisicoquímicos (humedad, cenizas, etc.) que indicaron que la materia vegetal se encontraba en condiciones óptimas, mientras que el extracto etanólico en base a su control de calidad arrojó resultados favorables para realizar el estudio.
- Se identificaron cualitativamente los metabolitos secundarios presentes en el fruto de *Bactris gasipaes* a través del tamizaje fitoquímico, en el que se evidenció la presencia de triterpenos, esteroides, grasas, azúcares reductores, alcaloides y espuma, cuyas funciones promueven la actividad reductora del colesterol, es antioxidante y antiinflamatoria.
- Se determinó el efecto hipocolesterolémico del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes* en ratas que fueron inducidas a una hipercolesterolemia en dosis diferentes, concluyendo que a la dosis de 100 mg/ kg tiene mayor actividad acompañada de una dieta estándar, presentando una disminución de colesterol total sérico similar a la atorvastatina, al igual que presentó una mayor reducción del peso corporal en *Rattus norvegicus*.

RECOMENDACIONES

- Estudios posteriores evaluando HDL, LDL y triglicéridos en las mismas concentraciones del extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes*.
- Evaluar los niveles de colesterol a nivel fecal para identificar los efectos que el extracto etanólico del fruto de *Bactris gasipaes* posee a nivel intestinal.
- Capacitar a la población sobre la existencia de una nueva alternativa económica que permite disminuir los niveles de colesterol séricos totales.
- Elaborar una forma farmacéutica que le permita a los usuarios tener al alcance de sus manos el tratamiento alternativo.

GLOSARIO

Antioxidantes: moléculas necesarias para prevenir la formación y oponerse a las acciones de las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (ROS), que se generan *in vivo* y causan daños al ADN, lípidos, proteínas y otras biomoléculas (Santo et al., 2020, pp. 5 – 9).

Aterosclerosis: enfermedad inflamatoria crónica en la que hay una acumulación de placas (generalmente compuesta de lípidos) dentro de las arterias. Esta reacción inflamatoria causa un flujo turbulento con enfermedad cardiovascular aterosclerótica como resultado (Palma et al., 2018, pp. 625-644).

Carotenoides: son pigmentos naturales que se encuentran en la mayoría plantas, algas y bacterias fotosintéticas. Estas cumplen ejercen efectos antioxidantes, pero los carotenoides individuales también pueden actuar a través de otros mecanismos (Jatunov et al., 2010, pp. 1 – 5).

Flavonoides: son un grupo de sustancias naturales con estructuras fenólicas variables, se encuentran en diversas plantas. Tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimutagénicas y anticancerígenas junto con su capacidad para modular la función enzimática celular clave (Paredes, 2013, pp. 89 – 91).

Organoléptico: propiedades de las sustancias que un individuo puede percibir con los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído (Valencia et al., 2013, pp. 77- 90).

Radicales libres: cualquier especie molecular capaz de existir independientemente que contenga un electrón no apareado en un orbital atómico, atacan macromoléculas importantes que provocan daño celular e interrupción homeostática (Lobo et al., 2010, p. 118).

Saponinas: grupo de compuestos distribuidos en el reino vegetal, se caracterizan por su estructura que contiene un triterpeno o aglicona esteroide y una o más cadenas de azúcar, su nombre deriva de su capacidad para formar espumas estables en forma de jabón en soluciones acuosas, constituyen un grupo complejo y químicamente diverso de compuestos (Shi et al., 2004, pp. 67-78).

Taninos: polifenoles solubles en agua que están presentes en muchos alimentos vegetales, los efectos biológicos de los taninos generalmente dependen de su grado de polimerización y solubilidad (Serrano et al., 2009, p. 31).

Tocoferoles: son compuestos naturales de origen vegetal. Se suministran en la dieta, principalmente como aceites vegetales, algunas semillas oleaginosas y nueces. Las formas principales en la dieta son α - y γ -tocoferol, debido al mayor contenido en productos alimenticios (Mathur et al., 2015, p. 570).

Xantomas: depósitos lipídicos localizados dentro de un sistema de órganos, aunque innatamente son benignos, a menudo son un signo visible importante de enfermedades sistémicas (Ronner, 2018, pp. 313-330).

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, L. et al. Control de calidad de drogas vegetales: lavado y desinfección de *Artemisia annua* L. y *Tagetes lucida* Cav. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* [en línea], vol. 17, no. 1 (2012), pp. 101-107. [Consulta: 15 noviembre 2022]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v17n1/pla11112.pdf>.

ALQARNI, M.; et al. Antioxidant and antihyperlipidemic effects of Ajwa date (*Phoenix dactylifera* L.) extracts in rats fed a cholesterol-rich diet. *Journal of Food Biochemistry* [en línea], vol. 43, no. 8 (2019), pp. 1-12. [Consulta: 9 agosto 2022]. ISSN 1745-4514. DOI 10.1111/JFBC.12933. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfbc.12933>.

ALWAN, A., et al. *Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles 2010*. [en línea]. Ginebra: 2011. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: https://www.who.int/nmh/publications/ncd_report_summary_es.pdf.

ARRÁIZ, N., et al. Hipercolesterolemia y otros factores de riesgo cardiovascular en estudiantes universitarios como estrategia de prevención primaria. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*, vol. 6, no. 1 (2011), pp. 7-13.

CALIXTO, J., et al. Anti-inflammatory compounds of plant origin. Part I. Action on arachidonic acid pathway, nitric oxide and nuclear factor kappa B (NF-kappa B). *Planta Med*, vol. 69 (2003), pp. 973-983.

CARDOSO, Josué. Prevalencia y factores de riesgo de dislipidemia en personas jubiladas del club de la edad dorada. Hospital IESS Milagro período 2018. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Estatal de Milagro, Departamento de Investigación y Postgrado. Milagro, Ecuador. 2020. pp. 89 - 91. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/5258/TESIS%20-%20JOSUE%20CARDOSO%20CASTILLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CARRERA, S. *Boletín Técnico Registro Estadístico de Defunciones Generales*. [en línea]. Ecuador en cifras, 2020. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: www.ecuadorencifras.gob.ec.

CARRERO, Carmen, et al. Dislipidemia como factor de riesgo cardiovascular: Uso de probióticos en la terapéutica nutricional. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 2020, vol. 39, no 1, p. 126-139.

DAZA, Jhon; et al. Cambios fisiológicos, texturales y fisicoquímicos de dos variedades de chontaduro (*Bactris gasipaes*) en poscosecha. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2015, vol. 13, no 2, p. 67-75.

DE LA TORRE, Lucía, et al. *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus, 2008, pp. 190 – 197.

ECHEGARAY, J., et al. FITOTERAPIA Y SUS APLICACIONES. *Revista Española de Podología* [en línea], vol. 22, no. 6 (2011), pp. 258-267. [Consulta: 13 enero 2022]. ISSN 0210-1238. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-podologia-224-articulo-fitoterapia-y-sus-aplicaciones-X0210123811501573>.

FASSINI, P., et al. Soybean glycinin improves HDL-C and suppresses the effects of rosuvastatin on hypercholesterolemic rats. *Lipids in Health and Disease* [en línea], vol. 10, no. 1 (2011) pp. 165. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: [/pmc/articles/PMC3189882/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2189882/).

FREIRE, W., et al. *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición*. [en línea]. Quito: 2014. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/ENSANUT/MSP_ENSANUT-ECU_06-10-2014.pdf.

FUENTES, F., et al. *Guía de Manejo y Cuidado de Animales de Laboratorio: Ratón* [en línea]. Lima: Instituto Nacional de Salud. 2008. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: Biología general del reactivo biológico.

GONZÁLEZ, C, et al. Amaryllidaceae: Fuente Potencial de Alcaloides. Actividades Biológicas y Farmacológicas. *Ciencia y Agricultura* [en línea], vol. 17, no. 3 (2020), pp. 78-94. [Consulta: 15 noviembre 2022]. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/11379/9675.

GONZÁLEZ, M. y SANTANA, S. Hipercolesterolemia . [en línea]. 2017. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: <https://files.sld.cu/bmn/files/2018/11/salud-del-barrio-noviembre->

2018.pdf.

GONZÁLEZ, Nancy, et al. Peach Palm (*Bactris gasipaes* Kunth.): Ancestral Tropical Staple with Future Potential. *Plants*, 2022, vol. 11, no 22, p. 3134.

GRESSIER, L., et al. Atorvastatin-induced drug reaction with eosinophilia and systemic symptoms (DRESS). *Ann Dermatol Venereol*, vol. 136, (2009) pp. 50-53.

HEINRICH, M. Alkaloids Used as Medicines: Structural Phytochemistry Meets Biodiversity—An Update and Forward Look. *Molecules* [en línea], vol. 26, no. 1 (2021), pp. 2-18. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8036335/>.

IBRAHIM, Michael, et al. *Hypercholesterolemia*. En *StatPearls* [en línea]. StatPearls Publishing, 2022.

JATUNOV, Sorel, et al. Carotenoid composition and antioxidant activity of the raw and boiled fruit mesocarp of six varieties of *Bactris gasipaes*. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 2010, vol. 60, no 1, p. 99-104.

LOBO, Vijaya, et al. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, vol. 4, no 8 (2010), p. 118.

MALDONADO, O.; et al. Colesterol: Función biológica e implicaciones médicas. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, vol. 43, no. 2 (2012), pp. 7-22.

MARTINEZ, L. Efecto hipocolesterolémico de extracto hidroalcohólico de *Capsium baccatum* en un modelo experimental de hipercolesterolemia en ratas [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 2015, pp. 25 - 42. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3982/Leandro_mg.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MASANA, Luis. *COMPRENDER EL COLESTEROL: Efectos sobre la salud, alimentación y medicamentos. Preguntas y respuestas*. Editorial AMAT, 2009. pp. 3-8

MATHUR, Pankaj, et al. Tocopherols in the prevention and treatment of atherosclerosis and related cardiovascular disease. *Clinical cardiology*, vol. 38, no 9 (2015), p. 570-576.

MECO, J., et al. La utilización de los esteroides vegetales en la práctica clínica: de la química a la clínica Los esteroides vegetales. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis* [en línea], vol. 28, no. 6 (2016), pp. 283-294. [Consulta: 6 mayo 2022]. DOI 10.1016/j.arteri.2016.04.001. Disponible en: www.elsevier.es/arterio.

MEDINA, Mariuxi. Determinación del contenido de fibra dietética de *Bactris gasipaes* (Chontilla/Chonta) de las zonas de Quevedo considerando diferentes estados fisiológicos. [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad Ciencias De La Ingeniería, Carrera Ingeniería Agroindustrial. Quevedo, Ecuador. 2017, pp. 43. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4113/1/T-UTEQ-107.pdf>

MENA, A.; CALISÍ, P. El sistema de salud ecuatoriano y la COVID-19. OIT Países Andinos. 2021. pp. 1 -7

MONTÚFAR, Rommel, et al., La Chonta, el arte de la domesticación (Proyecto CHONTA). *Nuestra Ciencia*. vol. 23, no. 1 (2021). pp. 15-20.

MORA, J., et al. *Peach palm Bactris gasipaes Kunth*. 1. Roma: IPGRI, 1997.

MORA, Jorge, et al. Peach palm. *Bactris gasipaes*, 1997, p. 83.

MUÑOZ, A et al. Fitoesteroides y fitoesteroides: Propiedades saludables . *Revista Horizonte Médico* [en línea], vol. 11, no. 2 (2011), pp. 93-100. [Consulta: 6 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3716/371637122007.pdf>.

OLGADO, J. y LÓPEZ, C. Actividad Hipoglucemiante Del Extracto Hidroalcohólico De Las Hojas De *Lepechinia Meyenii* (*Pacha salvia*) En Ratas Inducidas A Hiperglucemia [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima, Perú. 2019, pp. 34 -36. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/4158/TESIS_OLGADO_LOPEZ.PDF?sequence=1&isAllowed=y

OPS. *Salud en las Américas: Resumen Regional y Perfiles de Países*. [en línea]. Washington, D.C.: 2017. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: <https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/wp-content/uploads/2017/09/Print-Version-Spanish.pdf>.

PALMA, Ronald, et al. Sistema de gestión y control de la calidad: Norma ISO 9001: 2015. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 2018, vol. 2, no 1, p. 625-644.

PARASURAMAN, S, et al. Blood sample collection in small laboratory animals. *Journal of Pharmacology & Pharmacotherapeutics* [en línea], vol. 1, no. 2 (2010.), pp. 87. [Consulta: 13 enero 2022]. ISSN 0976500X. DOI 10.4103/0976-500X.72350. Disponible en: [/pmc/articles/PMC3043327/](http://pmc/articles/PMC3043327/).

PAREDES, M. Determinación De La Actividad Antioxidante De Cuatro Plantas Nativas Del Ecuador [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 2013, pp. 61 – 62 [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1901/1/T-UCE-0008-22.pdf>

PAREDES, Mayra. Determinación de la actividad antioxidante de cuatro plantas nativas del Ecuador. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Química Farmacéutica. Quito, Ecuador. 2013. pp. 89 - 91. [Consulta: 08 agosto 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1901/1/T-UCE-0008-22.pdf>

PIZZANI, P., et al. Composición fitoquímica y nutricional de harina de pijiguo (*Bactris gassipaes Kunth en H.B.K.*). *Zootecnia Trop* [en línea], vol. 26, no. 3 (2008), pp. 235-238. [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v26n3/art16.pdf>.

PUJOL, Anairis, et al. Tamizaje fitoquímico de extractos obtenidos de la planta *Sapindus saponaria L* que crece en Cuba.

QUESADA, S. *Perfil Lipídico: Manual de experimentos de laboratorio para bioquímica*. San José: Editorial EUNED, 2007, pp. 15 – 30.

REEVES, P. et al. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *The Journal of nutrition* [en línea], vol. 123, no. 11 (2013), pp. 1939-1951. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8229312/>.

RESTREPO, Jaime; ESTUPIÑÁN, Jaime. Potencial del Chontaduro como Fuente Alimenticia

de Alto Valor Nutricional en Países Tropicales. *Revista de Ciencias*, 2007, vol. 11, p. 1-8.

REYES, Hugo, et al. Prácticas de manejo sostenible para el cultivo de chontaduro. AGROSAVIA, 2019, pp. 12 – 15

RICO, CARINA, et al. Hábitos de actividad física y estado de salud durante la pandemia por COVID-19. *Revista ESPACIOS. ISSN*, 2020, vol. 798, p. 1015.

RIVAS, C., et al. *Investigación en plantas de importancia médica*. Nuevo León : OmniaScience. 2016.

RONNER, P. *Netter Bioquímica Esencial*. [en línea]. Barcelona, España: ELSEIVER, 2018, pp. 313-330. [Consulta: 6 mayo 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=6cnSDwAAQBAJ&pg=PA313&dq=funciones++del+col+esterol&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiTq7TegsL3AhXCTd8KHay6Dt0Q6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=funciones del colesterol&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=6cnSDwAAQBAJ&pg=PA313&dq=funciones++del+col+esterol&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiTq7TegsL3AhXCTd8KHay6Dt0Q6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=funciones%20del%20colesterol&f=false)

SALVADOR, N. *Biología general del reactivo biológico*. Madrid: Instituto Santiago Ramón y Cajal, CSIC, 2013.

SAN MAURO, Ismael, et al. Efecto de esteroides vegetales en la reducción del colesterol plasmático: ensayo clínico, controlado, aleatorizado, cruzado y doble ciego. *Nutricion hospitalaria*, vol. 33, no 3 (2016), p. 685-691.

SANCHÉZ, Ethel, et al. Micromorfología de los folíolos de pejibaye *Bactris gasipaes* (Arecaceae) var. Diamantes-10. *Rev. biol. trop.*, vol. 64, no 3 (2016), p. 1273-1285.

SANTAMARINA, A., et al. Supplementation of carotenoids from peach palm waste (*Bactris gasipaes*) obtained with an ionic liquid mediated process displays kidney anti-inflammatory and antioxidant outcomes. *Food Chemistry: X*, vol. 13, no. 1 (2022) pp. 1-9. ISSN 25901575. DOI 10.1016/J.FOCHX.2022.100245.

SANTOS, Orquídea Vasconcelos dos, et al. Chromatographic profile and bioactive compounds found in the composition of pupunha oil (*Bactris gasipaes* Kunth): implications for human health. *Revista de Nutrição*, vol. 33

SERRANO, José, et al. Tannins: current knowledge of food sources, intake, bioavailability and biological effects. *Molecular nutrition & food research*, vol. 53, no S2 (2009), p. S310-S329.

SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. NTE INEN 1529-10: Control Microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad. [en línea]. Quito, 2013. [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1529-10-1.pdf

SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. NTE INEN 1529-5: Control Microbiológico de los Alimentos. Determinación de la Cantidad de Microorganismos Aerobios Mesófilos. REP. [en línea]. Quito, 2006 [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1529-5.pdf>.

SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. NTE INEN 1529-8: Control Microbiológico De Los Alimentos. Detección Y Recuento De Escherichia Coli Presuntiva Por La Técnica Del Número Más Probable [en línea]. Quito, 2016 : [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1529-8-1.pdf

SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. NTE INEN-ISO 5520: Frutas, Hortalizas Y Productos Derivados - Determinación De La Alcalinidad De Cenizas Totales Y Cenizas Solubles En Agua (ISO 5520:1981, IDT). [en línea]. 2014. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/5520-ISO-EXT.pdf>

SHARMA, Pranav; et al. Management of Urologic Disorders and the Pharmacist's Role: Benign Prostatic Hyperplasia. 2019.

SHI, John, et al. Saponins from edible legumes: chemistry, processing, and health benefits. *Journal of medicinal food*, vol. 7, no 1 (2004), p. 67-78.

VALENCIA, R., et al. *Palmas Ecuatorianas: Biología Y Uso Sostenible*. Quito : Herbario QCA. 2013, pp. 77- 90. ISBN 978-9942-13-263-5.

VILAPLANA, M. Nutrición y colesterol. *Farmacia Profesional*, vol. 29, no. 1 (2015), pp. 32-35.

ANEXOS

ANEXO A: CERTIFICADO DEL HERBARIO DE LA IDENTIFICACIÓN DE *Bactris gasipaes*

	HERBARIO POLITECNICA CHIMBORAZO (CHEP) ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL CHIMBORAZO Panamericana sur Km 1, fono: (03) 2 998-200 ext. 700123, jcaranqui@yahoo.com Riobamba Ecuador
Ofc.No.001.CHEP.2022	
	05 de enero del 2022
Msc. Karen Acosta	
RESPONSABLE TÉCNICA CONTRATO MARCO DE ACCESO A LOS RECURSOS GENÉTICOS	
Reciba un atento y cordial saludo, por medio de la presente certifico que dentro del Contrato Marco de Acceso a los Recursos Genéticos asignado con el : Nro-MAE-DNB-CM-2018-0086. que la señorita Cuadrado Flores Yesenia Elizabeth con CI: 0604744540, tesista de Bioquímica y Farmacia, se identificó: <i>Bactris gasipaes</i> Kunth. Esta especie es cultivada , se revisó en el herbario y se archivarán en el lapso de un año para los fines pertinentes. Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad y la interesada puedo usar el presente certificado como crea conveniente	
Atte.	
	JORGE MARCELO CARANQUI ALDAZ
	Firmado digitalmente por JORGE MARCELO CARANQUI ALDAZ Fecha: 2022.01.06 08:05:34 -05'00'
	Ing. Jorge Caranqui Msc. BOTANICO HERBARIO ESPOCH
	

ANEXO B: SELECCIÓN, LAVADO Y SECADO DEL FRUTO DE *Bactris gasipaes*

	
<p>Racimo recolectado en la provincia de Pastaza</p>	<p>Selección de los frutos en base a los criterios de inclusión</p>
	
<p>Lavado con agua destilada los frutos previamente seleccionados</p>	<p>Pelado de los frutos previamente lavados</p>
	
<p>Frutos rebanados para el secado en la estufa</p>	<p>Fruto secado a 42 °C en la estufa de secado</p>

ANEXO C: MOLIENDA DEL FRUTO SECO DE *Bactris gasipaes*



Preparación del molino



Molienda del fruto previamente secado y almacenado en un sobre manila

ANEXO D: CONTROL DE CALIDAD DE LA DROGA VEGETAL CRUDA

	
<p>Preparación del equipo y de la muestra seca</p>	<p>Valor de la humedad determinada</p>
	
<p>Peso de la muestra para cenizas totales</p>	<p>Crisoles con muestra en la mufla para calcinar</p>
	
<p>Cenizas solubles en agua</p>	<p>Crisoles en el desecador de cenizas solubles en HCL</p>

ANEXO E: PREPARACIÓN DE LOS EXTRACTOS ETÉREO, ALCOHÓLICO Y ACUOSO



Cantidad pesada de muestra vegetal para la preparación de los extractos

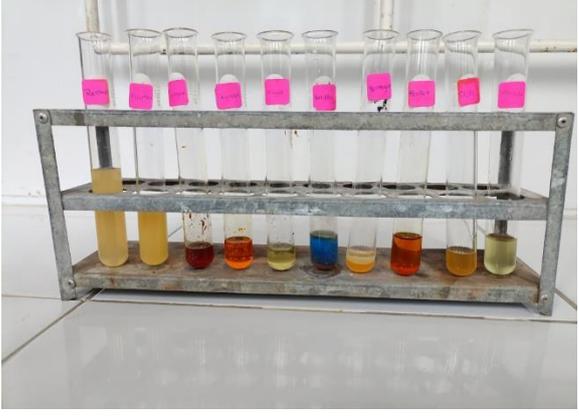
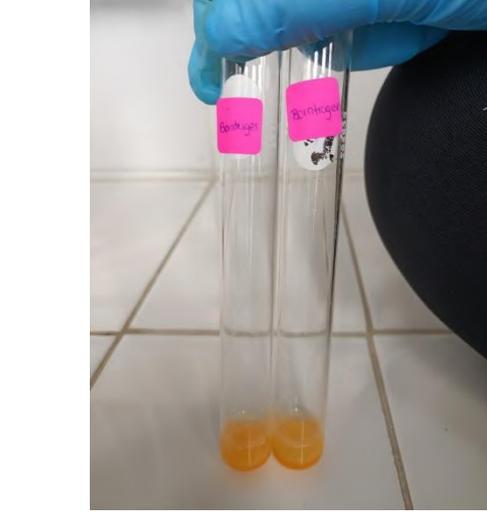


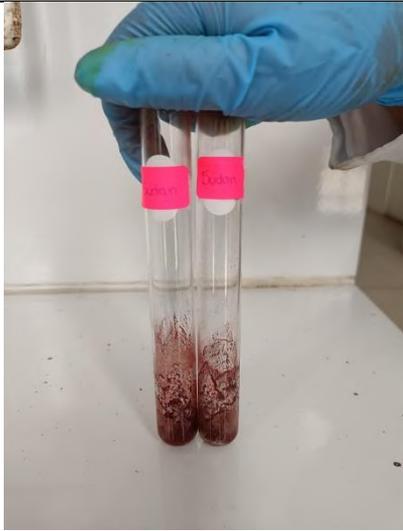
Filtración de los extractos



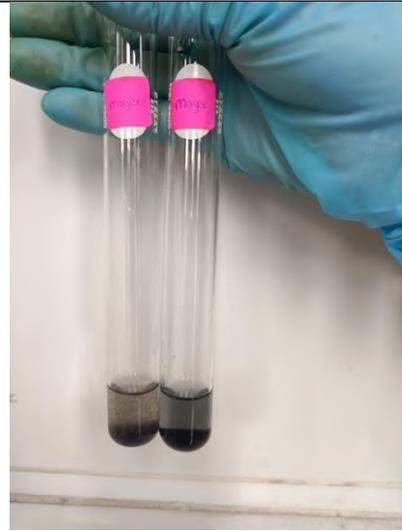
Extractos preparados y etiquetados en envases ámbar

ANEXO F: TAMIZAJE FITOQUÍMICO DE LOS EXTRACTOS DEL FRUTO DE *Bactris gasipaes*

	
<p>Tamizaje fitoquímico del extracto etéreo</p>	<p>Tamizaje fitoquímico del extracto alcohólico</p>
	
<p>Tamizaje fitoquímico del extracto acuoso</p>	<p>Ensayo de catequinas</p>
	
<p>Ensayo de Fehling</p>	<p>Ensayo de Borntrager</p>



Ensayo de Sudán



Ensayo de Mayer



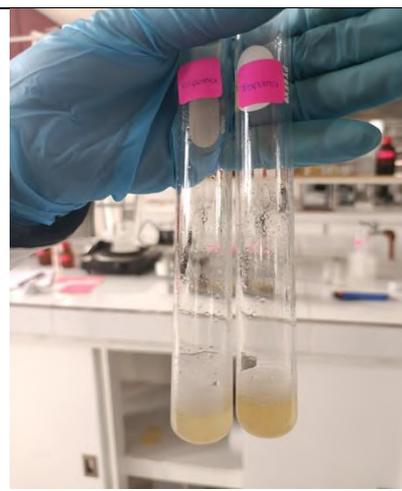
Ensayo de Wagner



Ensayo de Dragendorff

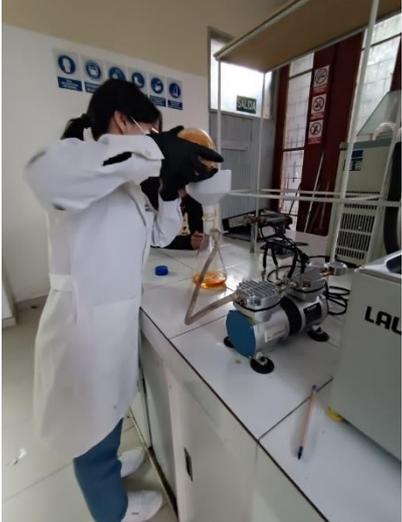


Ensayo de Cloruro ferrico



Ensayo de espuma

ANEXO G: PREPARACIÓN DEL EXTRACTO ETANÓLICO DEL FRUTO DE *Bactris gasipaes*

	
<p>Preparación de 1600 ml de extracto</p>	<p>Filtración al vacío del extracto macerado durante 5 días</p>
	
<p>Frascos ambar con 500 ml de extracto filtrado</p>	<p>Extracto en el liofilizador durante 5 días con nitrógeno</p>
	
<p>Extracto liofilizado</p>	

ANEXO H: CONTROL DE CALIDAD DEL EXTRACTO ETANÓLICO DEL FRUTO DE
Bactris gasipaes



Determinación del pH



Determinación de la densidad relativa



Determinación del índice de refracción



Determinación de solidos totales

ANEXO I: CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS TRATAMIENTOS

	
<p>Preparación de las placas con los agares</p>	<p>Incubación de las placas Petri ya sembradas con los tratamientos</p>
	
<p>Crecimiento bacteriano ausente en la placa de PCA</p>	<p>Coliformes totales ausentes en los tubos de agar</p>

**ANEXO J: EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD HIPOCOLESTEROLEMIA DEL FRUTO
DE *Bactris gasipaes***

 A photograph showing several clear plastic cages arranged on a white metal shelf. Each cage contains bedding and a small white object, likely a rat.	 A photograph of rat cages on a shelf, each with a white label. The labels read 'Blanco', 'C+', 'C-', '25 ppm', '50 ppm', and '100 ppm'.
<p>Climatización de las ratas</p>	<p>Selección de los grupos de trabajo</p>
 A photograph of a rat inside a wire cage. The rat is positioned near a white water bottle and a piece of wood.	 A photograph of a Q Check Lipid's Monitor device. The device is white and yellow, with a digital display showing '3.015'. It is surrounded by packaging for cholesterol test strips and a box of gloves.
<p>Inducción de hipercolesterolemia</p>	<p>Equipo Q Check Lipid's Monitor</p>
 A photograph of a person wearing a white lab coat, black gloves, and a black face mask. The person is holding a rat on a wooden table, immobilizing it.	 A photograph of the same person in a lab coat and mask, administering a treatment to the rat. The rat is held in a blue cloth on a wooden table.
<p>Inmovilización de la rata</p>	<p>Administración de tratamientos</p>



Inmovilización de la rata en el cepo



Punción en la cola con lanceta



Tiras reactivas usadas



Medición del colesterol total



Espera de 30s para el resultado



Valores de CT hipercolesterolemia



Valores de CT a los 15 días



Valores de CT al finalizar el tratamiento



epoch

**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 05 / 04 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Yesenia Elizabeth Cuadrado Flores
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Bioquímica y Farmacia
Título a optar: Bioquímica Farmacéutica
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0508-DBRA-UPT-2023