



**Caracterización nutricional, funcional y perfil de cannabinoides de la planta del
cáñamo (*Cannabis sativa* L.), cultivar Cherry Oregon Hemp.**

Autor: Aulestia Caiza, Denisse Carolina

Tutor: Tapia Calvopiña, Iván Luis

Cotutor: Samaniego Maigua, Iván Rodrigo

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador

Carrera de Química de Alimentos

Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título
de Química de Alimentos

Quito, 2022



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA QUÍMICA DE ALIMENTOS

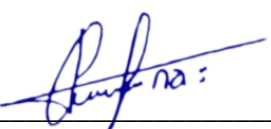


Derechos de autor

Yo **Denisse Carolina Aulestia Caiza**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“Caracterización nutricional, funcional y perfil de cannabinoides de la planta del cáñamo (*Cannabis sativa* L.) cultivar Cherry Oregon Hemp”**, modalidad **proyecto de investigación**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Central del Ecuador una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo/autorizamos a la Universidad Central del Ecuador para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la LEY ORGÁNICA DE EDUCACIÓN SUPERIOR.

Los autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.



Denisse Carolina Aulestia Caiza

CC: 1723964407

Dirección electrónica: denisse17carolina@gmail.com



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA QUÍMICA DE ALIMENTOS**



Aprobación del tutor

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, presentado por **Denisse Carolina Aulestia Caiza**, para optar por el Grado de Química de Alimentos; cuyo título es: **“Caracterización nutricional, funcional y perfil de cannabinoides de la planta del cáñamo (*Cannabis sativa* L.) cultivar Cherry Oregon Hemp”**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, a los 25 días del mes de marzo del año 2022

*

Dr. Iván Luis Tapia Calvopiña, MSc.

DOCENTE-TUTOR

C.I.: 1708468358



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA QUÍMICA DE ALIMENTOS



Aprobación del cotutor

En mi calidad de Cotutor del Trabajo de Titulación, presentado por **Denisse Carolina Aulestia Caiza**, para optar por el Grado de Químico de Alimentos; cuyo título es: **“Caracterización nutricional, funcional y perfil de cannabinoides de la planta del cáñamo (*Cannabis sativa* L.) cultivar Cherry Oregon Hemp”**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, a los 25 días del mes de marzo del año 2022



Firmado electrónicamente por:
IVAN RODRIGO
SAMANIEGO
MAIGUA

*

Dr. Iván Rodrigo Samaniego Maigua, PhD
COTUTOR
C.I.: 0602791345



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA QUÍMICA DE ALIMENTOS



Constancia de aprobación del trabajo de titulación por el tribunal lector

El tribunal constituido por: PhD. Fernando Novillo y MSc. Dayana Borja, luego de revisar el trabajo de investigación titulado: **“Caracterización nutricional, funcional y perfil de cannabinoides de la planta del cáñamo (*Cannabis sativa* L.) cultivar Cherry Oregon Hemp”**, preparado por la señorita **Denisse Carolina Aulestia Caiza**, con cédula de identidad 1723964407, alumna de la Carrera Química de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador, CERTIFICA que dicho trabajo de titulación cumple con todos los requisitos establecidos y APRUEBA el trabajo presentado. Para constancia de lo actuado firman:

*

PhD. Fernando Novillo
C.I.: 1707216527

*

MSc. Dayana Borja
C.I.: 1710993849



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA QUÍMICA DE ALIMENTOS**



Lugar donde se realizó la investigación

La presente investigación forma parte del Proyecto **INIAP-BARAD: “Determinación del volumen de maceta y fotoperiodo inicial escalonado óptimo para el cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* L.) cultivar Cherry Oregon Hemp, en dos localidades de la Serranía Ecuatoriana”** el cual se lo realizó en el Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias (INIAP). Las muestras fueron cosechadas directamente de los ensayos en invernadero y campo en la empresa BARAD.S. A y el análisis experimental se realizó en el Área de investigación y Desarrollo de Procesos y Productos en Alimentos en el Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigación (LSAIA) de la Estación Experimental Santa Catalina (Cutuglagua).

La propiedad intelectual de la presente investigación está a beneficio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador.

Dedicatoria

A Dios

*A mis padres Walter Aulestia y Gloria Caiza,
quienes con su inmenso amor, paciencia y
apoyo incondicional me han permitido llegar a
cumplir un sueño más.*

*A mi hermano Andy Aulestia quien ha sido mi
principal motivación para seguir adelante y
quien me acompaña día a día en cada paso
que doy.*

Agradecimientos

Agradezco a Dios por bendecirme con una familia admirable que siempre ha estado acompañándome en todo momento.

A mis padres y hermano, que siempre han sido y serán el pilar fundamental de mi vida, sin ellos nada de esto sería posible, gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y dedicación.

Agradezco a mi tutor de tesis Dr. Iván Tapia por tomarme en cuenta y permitirme participar en esta maravillosa investigación, también por su ayuda y dirección en la elaboración de mi trabajo de titulación.

Agradezco al Instituto nacional de investigaciones agropecuarias INIAP, especialmente al Departamento de Nutrición y calidad por abrirme sus puertas y permitirme realizar mi trabajo investigativo en sus instalaciones.

Extiendo toda mi gratitud al Dr. Iván Samaniego mi cotutor de tesis, por brindarme de su tiempo e impartirme sus conocimientos para realizar la presente investigación, también al equipo de trabajo del laboratorio LSAIA, Ing. Carmita Rosales, Ing. Bladimir Ortiz, Ing. Javier Álvarez, Ing. Verito Arias y Señó Roci, por su cálida compañía y sus sinceras palabras de aliento durante mi larga estancia en el laboratorio, muchas gracias por ofrecerme su linda amistad, siempre les recordará “La chica cannabis”.

A mis amigos e increíble team de estudio y locuras, Camila Torres, Camila Almeida, Alejandra Fajardo, Tatiana Ramos, Jessenia Muzo, Josué Ortiz, Alejandro Mencías, Adrián Díaz, Fabricio Guamán, Alexander Pavón, Bryan Anaguano, Erika Chacón y Gabriela Bermeo, especialmente a mi amado y compañero de vida Joseph Salazar quien es y ha sido mi fiel confidente, mi apoyo, mi soporte, con quien he compartido varios momentos llenos de alegrías y tristezas, quien siempre me ha apoyado y motivado a seguir adelante, gracias por todo el amor y cariño sincero hacia mí.

Mil gracias a todos, los llevo en mi corazón.

Índice de contenido

Derechos de autor	ii
Aprobación del tutor	iii
Aprobación del cotutor	iv
Constancia de aprobación del trabajo de titulación por el tribunal lector.....	v
Lugar donde se realizó la investigación.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Agradecimientos	viii
Lista de tablas	xi
Lista de figuras.....	xii
Lista de anexos.....	xiii
Lista de ecuaciones	xiv
Resumen.....	xv
Abstract	xvi
Introducción	1
Capítulo I	2
El problema.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Formulación del problema	4
1.3 Preguntas de investigación.....	4
1.4 Objetivo general y específicos	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Justificación e importancia.....	5
Capítulo II	7
Marco teórico.....	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Fundamento teórico.....	8
2.2.1 Cábamo industrial (Cannabis sativa L.).....	8
2.2.2 Análisis químico proximal	11
2.2.3 Compuestos bioactivos	12
2.2.4 Capacidad antioxidante	13
2.2.5 Perfil de cannabinoides	14
2.2.6 Sustratos de cultivo	15
2.3 Marco Legal	17
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador	17
2.3.2 Ley orgánica de salud	17
2.3.3 Ley orgánica reformatoria del código orgánico integral penal	17
2.3.4 Acuerdo ministerial N° 109	18
2.4 Hipótesis.....	18
2.4.1 Hipótesis de investigación (H _i)	18
2.4.2 Hipótesis nula (H ₀).....	18
2.5 Sistema de variables	18

2.5.1	Variable independiente	18
2.5.2	Variable dependiente	18
Capítulo III		19
Metodología de la investigación		19
3.1	Diseño de la investigación.....	19
3.1.1	Paradigma de la investigación	19
3.1.2	Nivel de investigación.....	19
3.1.3	Tipo de investigación.....	19
3.2	Población y muestra	20
3.2.1	Objeto de estudio	20
3.2.2	Población.....	20
3.2.3	Muestra	20
3.3	Métodos y materiales	20
3.3.1	Materiales, equipos y reactivos.....	20
3.3.2	Métodos.....	24
3.4	Diseño experimental.....	29
3.5	Operacionalización de las variables	30
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
3.7	Validez y confiabilidad	31
3.8	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	34
Capítulo IV		36
Análisis y discusión de resultados		36
4.1	ETAPA I: Análisis de parámetros químicos nutricionales, funcionales, capacidad antioxidante y perfil de cannabinoides en partes de la planta (cogollo, hojas y tallo).....	36
4.1.1	Análisis de compuestos químicos nutricionales (Análisis proximal)	36
4.1.2	Compuestos funcionales y capacidad antioxidante.....	40
4.1.3	Cuantificación de compuestos funcionales.....	50
4.1.4	Cuantificación de capacidad antioxidante	52
4.1.5	Cuantificación del perfil de cannabinoides.....	54
4.2	ETAPA II: Efecto del tipo de sustratos de cultivo sobre el contenido de fitoquímicos en los cogollos de la planta del cáñamo	58
4.2.1	Cuantificación de compuestos funcionales	58
4.2.2	Cuantificación de capacidad antioxidante	60
4.2.3	Cuantificación del perfil de cannabinoides.....	62
4.2.4	Análisis de componentes principales (ACP) de los parámetros funcionales, capacidad antioxidante y perfil de cannabinoides	65
Capítulo V		67
Conclusiones y recomendaciones		67
5.1	Conclusiones	67
5.2	Recomendaciones.....	69
Referencias.....		70
Anexos		78

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica del <i>Cannabis sativa</i> L.....	10
Tabla 2. Sustratos de cultivo	15
Tabla 3. Materiales, reactivos y equipos a emplear para el análisis proximal.....	20
Tabla 4. Materiales, reactivos y equipos a emplear para análisis de antioxidantes	21
Tabla 5. Materiales, reactivos y equipos a emplear para análisis de capacidad antioxidante.....	22
Tabla 6. Materiales, reactivos y equipos a emplear para análisis de perfil de cannabinoides	23
Tabla 7. Esquema de Análisis de varianza de dos factores. ANOVA factorial	29
Tabla 8. Matriz de operacionalización de variables	30
Tabla 9. Tratamientos de la Fase I	34
Tabla 10. Tratamientos de la Fase II.....	35
Tabla 11. Resultados promedio del análisis proximal en base seca.....	36
Tabla 12. Resultados estadísticos ANOVA para el análisis proximal.....	39
Tabla 13. Resultados promedio de absorbancia vs concentración para polifenoles totales....	40
Tabla 14. Resultados de regresión lineal de la curva de calibración de polifenoles totales ...	41
Tabla 15. Resultados promedio de absorbancia vs concentración para flavonoides totales...	42
Tabla 16. Resultados de regresión lineal de la curva de calibración de flavonoides totales ..	43
Tabla 17. Resultados promedio de la absorbancia vs concentración para ABTS ⁺	44
Tabla 18. Resultados de regresión lineal de capacidad antioxidante por el método ABTS ⁺ ..	45
Tabla 19. Resultados promedio de la absorbancia vs concentración para DPPH.....	46
Tabla 20. Resultados de regresión lineal de la curva de calibración de capacidad antioxidante por el método DPPH	47
Tabla 21. Resultados del ensayo de repetibilidad en Cannabis sativa L.....	49
Tabla 22. Resultados promedio del análisis funcional en base seca en partes de la planta	50
Tabla 23. Resultados estadísticos ANOVA para el análisis de compuestos funcionales	52
Tabla 24. Resultados promedio del análisis de capacidad antioxidante en base seca	52
Tabla 25. Resultados estadísticos ANOVA para el análisis de capacidad antioxidante.....	54
Tabla 26. Resultados del perfil de cannabinoides en base seca	55
Tabla 27. Resultados estadísticos ANOVA para el análisis del perfil de cannabinoides	57
Tabla 28. Resumen general del análisis estadístico ANOVA para componentes nutricionales, funcionales, capacidad antioxidante y perfil de cannabinoides	57
Tabla 29. Resultados promedio del análisis funcional en base seca en cogollos de la planta ..	58
Tabla 30. Resultados estadísticos ANOVA para el análisis de compuestos funcionales en cogollos	60
Tabla 31. Resultados promedio del análisis de capacidad antioxidante en base seca en cogollos	60
Tabla 32. Resultados estadísticos ANOVA para el análisis de capacidad antioxidante en cogollos	62
Tabla 33. Resultados del perfil de cannabinoides en base seca en los cogollos	62
Tabla 34. Resultados estadísticos ANOVA para el análisis del perfil de cannabinoides en cogollos	64
Tabla 35. Resumen general del análisis estadístico ANOVA para componentes funcionales, capacidad antioxidante y perfil de cannabinoides en cogollos	64

Lista de figuras

Figura 1. Diferencias entre Cannabis sativa, indica y ruderalis.....	8
Figura 2. Trompeta de Horwitz.....	34
Figura 3. Resultados promedio del análisis proximal en los cogollos.....	37
Figura 4. Resultados promedio del análisis proximal en las hojas	38
Figura 5. Resultados promedio del análisis proximal en los tallos.....	39
Figura 6. Curva de calibración promedio para la cuantificación de polifenoles totales	40
Figura 7. Curva de calibración promedio para la cuantificación de flavonoides totales	42
Figura 8. Curva de calibración promedio para la cuantificación de capacidad antioxidante ABTS ^{•+}	44
Figura 9. Curva de calibración promedio para la cuantificación de capacidad antioxidante DPPH	46
Figura 10. Porcentaje de recuperación de compuestos funcionales y capacidad antioxidante en cada ciclo de extracción	48
Figura 11. Resultados promedio del análisis de compuestos funcionales en las partes de la planta.....	51
Figura 12. Resultados promedio del análisis de capacidad antioxidante en las partes de la planta.....	53
Figura 13. Resultados promedio del análisis de cannabinoides en las partes de la planta	56
Figura 14. Resultados promedio del análisis funcional en los cogollos	59
Figura 15. Resultados promedio del análisis de capacidad antioxidante en los cogollos.....	61
Figura 16. Resultados promedio del análisis de perfil de cannabinoides en los cogollos	63
Figura 17. Distribución de variables en el plano	65
Figura 18. Proyección de individuos en el plano.....	66

Lista de anexos

Anexo A. Árbol de problemas	78
Anexo B. Categorización de las variables	79
Anexo C. Validación del instrumento de recolección de datos – Evaluación nutricional	81
Anexo D. Validación del instrumento de recolección de datos – Evaluación funcional y capacidad antioxidante.....	82
Anexo E. Validación del Instrumento de recolección de datos – Evaluación de cannabinoides	83
Anexo F. Instrumento de Recolección de datos – Evaluación de sustratos de cultivo	84
Anexo G. Matriz de validación de la guía de observación de parámetros de nutricionales, funcionales, capacidad antioxidantes y cannabinoides	85
Anexo H. Etapa I. Resumen de ANOVAS del análisis de compuestos químicos nutricionales	86
Anexo I. Resumen de ANOVAS del análisis de compuestos funcionales.....	87
Anexo J. Resumen de ANOVAS del análisis de capacidad antioxidante	87
Anexo K. Resumen de ANOVAS del análisis de perfil de cannabinoides	87
Anexo L. Etapa II. Resumen de ANOVAS del análisis de compuestos funcionales en cogollos	88
Anexo M. Resumen de ANOVAS del análisis de capacidad antioxidante en cogollos.....	88
Anexo N. Resumen de ANOVAS del análisis de perfil de cannabinoides en cogollos	88
Anexo O. Etapa I. Resumen del nivel de significancia de compuestos nutricionales.....	89
Anexo P. Resumen del nivel de significancia del análisis funcional	91
Anexo Q. Resumen del nivel de significancia del análisis de capacidad antioxidante	91
Anexo R. Resumen del nivel de significancia del análisis de cannabinoides	92
Anexo S. Etapa II. Resumen del nivel de significancia del análisis de capacidad antioxidante	93
Anexo T. Resumen del nivel de significancia del análisis de cannabinoides	93
Anexo U. Tabla de datos generales de análisis proximal de la Etapa I en partes de la planta.....	94
Anexo V. Tabla de datos generales de compuestos bioactivos y cannabinoides de la Etapa I en partes de la planta.....	95
Anexo W. Tabla de datos generales de compuestos bioactivos y cannabinoides de la Etapa II en cogollos	96
Anexo X. Fotografías del proceso de investigación en planta del cáñamo	97

Lista de ecuaciones

Ecuación 1. Determinación del contenido de humedad	24
Ecuación 2. Determinación del contenido de proteína	24
Ecuación 3. Determinación del contenido de extracto etéreo	25
Ecuación 4. Determinación del contenido de fibra cruda	25
Ecuación 5. Determinación del contenido de cenizas	26
Ecuación 6. Determinación de polifenoles totales	26
Ecuación 7. Determinación de flavonoides totales	27
Ecuación 8. Determinación de absorbancia real ABTS ^{•+}	27
Ecuación 9. Determinación de capacidad antioxidante ABTS ^{•+}	27
Ecuación 10. Determinación de la absorbancia real DPPH	28
Ecuación 11. Determinación de capacidad antioxidante DPPH	28
Ecuación 12. Determinación de cannabinoides	29
Ecuación 13. Coeficiente de correlación.....	32
Ecuación 14. Pendiente	32
Ecuación 15. Residual Sxx.....	32
Ecuación 16. Residual Syy.....	32
Ecuación 17. Residual Sxy.....	32
Ecuación 18. Ordenada al origen	32
Ecuación 19. Desviación estándar de la regresión	32
Ecuación 20. Desviación estándar de la pendiente	32
Ecuación 21. Desviación estándar de la ordenada	32
Ecuación 22. Límite de detección	33
Ecuación 23. Límite de cuantificación.....	33
Ecuación 24. Límite de confianza de la pendiente.....	33
Ecuación 25. Límite de confianza de la ordenada	33
Ecuación 26. Porcentaje de extracción	33

Caracterización nutricional, funcional y perfil de cannabinoides de la planta del cáñamo (*Cannabis sativa* L.), cultivar Cherry Oregon Hemp.

Autor: Denisse Carolina Aulestia Caiza

Tutor: Dr. Iván Luis Tapia Calvopiña, MSc

Cotutor: Dr. Iván Rodrigo Samaniego Maigua, PhD

Resumen

La planta *Cannabis sativa* L, posee múltiples propiedades terapéuticas, que denotan importantes aplicaciones a nivel industrial. En esta investigación se realizó la caracterización nutricional, funcional y perfil de cannabinoides de las partes de la planta del cáñamo, el estudio se realizó en dos etapas; la primera consistió en el análisis proximal de las partes de la planta, donde se determinó que el mayor contenido de proteínas y extracto etéreo está en los cogollos, mientras que las hojas presentaron gran cantidad de cenizas y los tallos alto contenido en fibra y carbohidratos, así mismo se determinó por espectrofotometría UV-visible los compuestos bioactivos, tales como polifenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante por los métodos ABTS⁺ y DPPH, demostrando que los cogollos presentan el mayor contenido, seguido de las hojas y tallos, adicional se estudió el perfil de cannabinoides mediante HPLC, evidenciando la mayor cantidad en los cogollos, seguido de las hojas y tallos. En la segunda etapa se efectuó el estudio de compuestos bioactivos y perfil de cannabinoides en los cogollos, frente a cinco tipos de sustratos de cultivo. Además, con el propósito de evaluar cuáles son los mejores sustratos de cultivo, se realizó el análisis de compuestos principales (ACP), donde se estableció que los mejores sustratos fueron S₄: 50% fibra + 50% pomina, por su alto contenido en compuestos funcionales y capacidad antioxidante, mientras que S₃: 80% pomina + 15% fibra de coco + 5% turba y S₅: 50% turba + 50% pomina, por sus elevadas cantidades en cannabinoides.

Palabras clave: *Cannabis sativa*, cáñamo, capacidad antioxidante, sustratos de cultivo.