



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

**EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA DE LOS
COMPUESTOS BIOACTIVOS DEL AMARANTO
(*Amaranthus spp.*) EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE
POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magister en Agroindustria
mención Tecnología de Alimentos

Autor:

Ing. Cevallos Carvajal Edwin Ramiro Mg.

Tutor:

Quim. Rojas Molina Jaime Orlando Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

2021

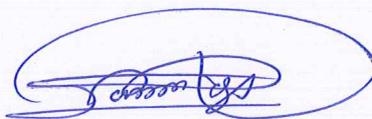
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del amaranto (*Amaranthus spp.*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante”, presentado por Ing. Cevallos Carvajal Edwin Ramiro Mg., para optar por el título magister en Agroindustria mención Tecnología de Alimentos.

CERTFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, 29 de noviembre 2021



Quim. Rojas Molina Jaime Orlando Mg.
CC: 0502645435

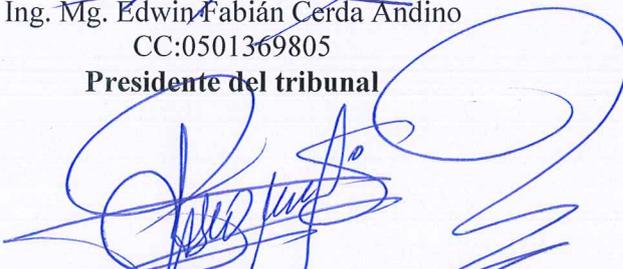
APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del amaranto (*Amaranthus spp.*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magister en Agroindustria mención Tecnología de Alimentos; El presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

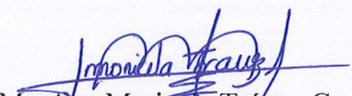
Latacunga, 29 de noviembre 2021



Ing. Mg. Edwin Fabián Cerda Andino
CC:0501369805
Presidente del tribunal



Ing. Mg. Pablo Gilberto Herrera Soria
CC:0501690259
Miembro 2



Ing. Mg Ana Maricela Trávez Castellano
CC:0502270937
Miembro 3

DEDICATORIA

A todas aquellas personas que creyeron en mí En especial a mis Padres Yolanda y Aquileo A mi Esposa Silvia, a mis hijos Johana, Ramiro, Kassandra y Antonio, a mi nieta Amelita, a Johnatan y Mery que han sido mi fortaleza para culminar con éxito esta nueva meta profesional

A mis hermanas, hermano y toda mi familia que siempre me han apoyado.

Edwin Ramiro

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, quien ha sido la que me dio la oportunidad de ser Ingeniero Agroindustrial y ahora poder ser **Magister en Agroindustria**, a los Docentes que impartieron las cátedras con todo su profesionalismo.

A mi tutor Mg. Orlando Rojas y mis lectores Mg. Fabían Cerda, Mg. Pablo Herrera, Mg. Maricela Trávez quienes dieron todo su contingente profesional y guiaron mi trabajo de investigación el cual se culminó con éxitos.

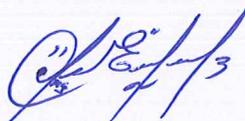
A mis compañeras Karlita y Tatiana con quienes formamos un excelente equipo de trabajo.

Edwin Ramiro.

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, 29 noviembre 2021

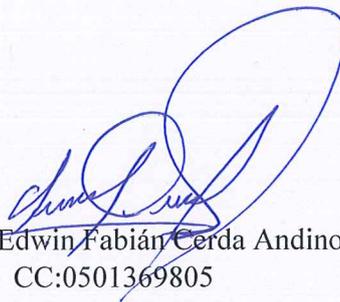


Ing. Cevallos Carvajal Edwin Ramiro Mg.
CC: 0501864854

AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del amaranto (*Amaranthus spp.*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante”, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, 29 de noviembre 2021



Ing. Mg. Edwin Fabián Cerda Andino
CC:0501369805

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

**MAESTRIA EN AGROINDUSTRIA MENSIÓN TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS**

Título: Extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del amaranto (*Amaranthus spp.*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante.

Autor: Mg. Cevallos Carvajal Edwin Ramiro

Tutor: Mg. Rojas Molina Jaime Orlando

RESUMEN

El propósito de este estudio fue la extracción hidroalcohólica de la droga cruda a partir del amaranto, por lo que, se deshidrató la planta en una estufa de aire forzado por 4 días a 40°C. El programa Design Expert 8.0.6 determinó 17 corridas con diferentes variables, como: concentración de etanol (60%, 75%, 90%), tiempo (6h, 15h, 24h) y temperatura (30°C, 45°C, 60°C) de extracción. Según el análisis del perfil fitoquímico realizado, los metabolitos que posee en amaranto son: saponinas, compuestos fenólicos, quinonas / benzoquinonas, flavonoides, principios amargos, mucílagos, triterpenos / esteroides, agrupamiento lactónico, compuestos grasos, alcaloides y catequinas. Se determinó el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de las diferentes corridas experimentales, sometiendo la droga cruda a una solución hidroalcohólica. La optimización numérica de la extracción hidroalcohólica se corroboró comparando los valores experimentales de polifenoles totales (030,1209mg/g) y actividad antioxidante (943,588µmolFe²⁺/g), con los obtenidos de la optimización polifenoles totales (32,1006mg/g) y actividad antioxidante (944,014µmolFe²⁺/g). Los valores alcanzados mediante la experimentación son superiores a los valores de la optimización numérica.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRIA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TITLE: Hydroalcoholic extraction of the bioactive compounds of amaranth (*Amaranthus spp.*) Depending on the content of polyphenols and antioxidant capacity.

Author: Mg. Cevallos Carvajal Edwin Ramiro.

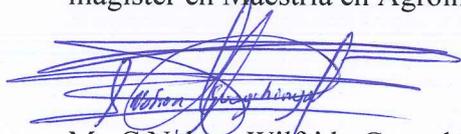
Tutor: Mg. Rojas Molina Jaime Orlando

ABSTRACT

This research aimed the hydroalcoholic extraction of the crude drug from amaranth, thus the plant was dehydrated in a forced air stove for 4 days at 40 ° C. The Design Expert 8.0.6 program determined 17 runs with different variables, such as: ethanol concentration (60%, 75%, 90%), extraction time (6h, 15h, 24h) and temperature (30 ° C, 45 ° C, 60 ° C). According to the analysis of the phytochemical profile carried out, the metabolites it has in amaranth are: saponins, phenolic compounds, quinones / benzoquinones, flavonoids, bitter principles, mucilages, triterpenes / steroids, lactonic grouping, fatty compounds, alkaloids and catechins. The content of total polyphenols and the antioxidant capacity of the different experimental runs were determined, subjecting the crude drug to a hydroalcoholic solution. The numerical optimization of the hydroalcoholic extraction was corroborated by comparing the experimental values of total polyphenols (030.1209mg / g) and antioxidant activity (943.588 μ molFe²⁺ / g), with those obtained from the optimization of total polyphenols (32,1006mg / g) and antioxidant activity (944.014 μ molFe²⁺ / g). The values achieved through experimentation are higher than the values of the numerical optimization.

Nelson Wilfrido Guagchinga Chicaiza con cédula de identidad número 0503246415 Magister en: Enseñanza del Idioma Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT 1010-2019-2041252; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del amaranto (*Amaranthus spp.*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de Cevallos Carvajal Edwin Ramiro ,aspirante a magister en Maestría en Agroindustria Mención Tecnología de Alimentos.

Ciudad, noviembre, 23, 2021



Mg.C Nelson Wilfrido Guagchinga Chicaiza

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
APROBACIÓN TRIBUNAL	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	VI
RENUNCIA DE DERECHOS.....	VII
AVAL DEL PRESIDENTE.....	VIII
RESUMEN	IX
ÍNDICE DE CONTENIDO	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XVI
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS	XVIII
CAPITULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes:.....	3
1.2. Justificación	5
1.3. Planteamiento del problema.....	6
1.4. Hipótesis	8
1.4.1. Hipótesis nula.....	8
1.4.2. Hipótesis alternativa.....	8
1.5. Objetivos de la investigación	9
1.5.1. Objetivo general.....	9
1.5.2. Objetivos específicos	9
CAPÍTULO II.....	11
2. FUNDAMENTACIÓN.....	11
2.1. Fundamentación científico técnica.....	11
2.1.1. Amaranto (Amaranthus spp.).....	11
2.1.2. Botánica de la planta	11
2.1.3. Clasificación taxonómica.....	13
2.1.4. Propiedades	13
2.1.5. Aspectos nutricionales del amaranto.....	13
2.1.6. Aplicaciones del amaranto en la Agroindustria.	14

2.1.6.1.	Colorante:.....	14
2.1.6.2.	Almidón:	14
2.1.6.3.	Proteínas:	14
2.1.6.4.	Harina:	15
2.1.6.5.	Semillas:.....	15
2.1.6.6.	Aceite:.....	15
2.1.7.	Similitudes y diferencias del amaranto con la quinua.....	15
2.1.8.	Optimización.....	15
2.1.9.	Extracto hidroalcohólico.....	16
2.1.10.	Utilización de extractos vegetales en la industria alimentaria	16
2.1.11.	Actividad antioxidante	16
2.1.12.	Secado de las plantas.....	16
2.1.13.	Metabolitos	16
2.1.13.1.	Compuestos grasos.....	16
2.1.13.2.	Alcaloides	17
2.1.13.3.	Agrupamiento lactónico.....	17
2.1.13.4.	Triterpenos / Esteroides	17
2.1.13.5.	Catequinas.....	17
2.1.13.6.	Resinas	17
2.1.13.7.	Azúcares reductores.....	18
2.1.13.8.	Saponinas	18
2.1.13.9.	Compuestos fenólicos	18
2.1.13.10.	Aminoácidos libres / aminos.....	18
2.1.13.11.	Quinonas / Benzoquinonas	19
2.1.13.12.	Flavonoides.....	19
2.1.13.13.	Glucósidos cardiotónicos.....	19
2.1.13.14.	Mucílagos.....	19
2.2.	Fundamentación del estado del arte	20
CAPITULO III.....		23
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1.	Metodología	23
3.1.1.	Tipos de investigación:	23
3.1.1.1.	Investigación cuantitativa	23
3.1.1.2.	Investigación descriptiva	23
3.1.1.3.	Investigación experimental	23
3.1.2.	Técnicas	24

3.1.2.1.	Observación	24
3.2.	Investigación descriptiva.....	24
3.2.1.	Descripción del método de elaboración	24
3.2.1.1.	Recolección de la materia prima.....	24
3.2.1.2.	Selección y limpieza de la materia prima	25
3.2.1.3.	Secado.....	25
3.2.1.4.	Molido.....	25
3.2.1.5.	Tamizaje fitoquímico.....	25
3.2.1.6.	Preparación de las muestras	28
3.2.1.7.	Obtención del extracto	28
3.2.1.8.	Ensayo de Frap.....	28
3.2.1.9.	Determinación del contenido de polifenoles totales	29
3.2.1.10.	Diagrama de flujo	31
3.2.1.11.	Presupuesto	32
3.3.	Investigación experimental	34
3.3.1.	Diseño experimental	34
3.3.2.	Factores de estudio.....	34
CAPÍTULO IV.....		36
4.	APLICACIÓN Y/O VALIDACION DE LA PROPUESTA	36
4.1.	Resultado.....	36
4.1.1.	Perfil fitoquímico	36
4.1.2.	Matriz experimental	38
4.1.3.	Modelo codificado de la cantidad de polifenoles totales	38
4.1.4.	Modelo codificado del poder antioxidante reductor del hierro	40
4.1.5.	Optimización numérica del proceso de extracción hidroalcohólico de la droga cruda.....	43
4.1.6.	Caracterización del extracto optimizado	45
4.2.	Evaluación de expertos	46
4.3.	Evaluación del usuario	47
4.4.	Evaluación de impactos o resultados	48
4.4.1.	Técnicos	48
4.4.2.	Sociales	48
4.4.3.	Ambientales	48
CAPÍTULO V.....		49
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
5.1.	Conclusiones	49

5.2. Recomendaciones.....	51
CAPÍTULO VI.....	52
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	52
Referencias.....	52
CAPÍTULO VII.....	61
7. ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados...	10
Tabla 2	Etapas del desarrollo	10
Tabla 3	Descripción morfológica, agronómica y de calidad.....	12
Tabla 4	Clasificación taxonómica del amaranto (<i>Amaranthus spp</i>)	13
Tabla 5	Presupuesto de la investigación	32
Tabla 6	Descripción del diseño superficie de respuesta.....	34
Tabla 7	Representación de las corridas experimentales.....	35
Tabla 8	Perfil fitoquímico	36
Tabla 9	Matriz experimental para la evaluación de polifenoles y actividad antioxidante de la planta de amaranto.....	38
Tabla 10	Parámetros del modelo codificado de la cantidad de polifenoles totales.	39
Tabla 11	Parámetros del modelo codificado del poder antioxidante reductor del hierro	41
Tabla 12	Restricciones para la optimización de la extracción.	43
Tabla 13	Solución optimizada que cumple con las restricciones.....	43
Tabla 14	Valores óptimos predichos y experimentales, obtenidos a las condiciones definidas en el proceso de optimización.	44
Tabla 15	Caracterización del extracto optimizado.....	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Lugar de recolección Universidad Técnica de Cotopaxi.....25

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Contenido de polifenoles totales	40
Gráfica 2 Contenido del poder antioxidante reductor del hierro	42
Gráfica 3 Relación del optimizado.....	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Cultivos de amaranto en el campus de la Universidad Técnica de Cotopaxi	61
Anexo 2 Selección y limpieza del amaranto	62
Anexo 3 Secado del amaranto.....	62
Anexo 4 Molido del amaranto y peaje de la droga cruda	63
Anexo 5 Extractos hidroalcohólicos	63

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Las plantas son la base para la vida en la Tierra y son el pilar más importante de la nutrición humana. A nivel mundial las investigaciones han avanzado en el conocimiento y el uso de las plantas, aprovechando las bondades y beneficios que poseen.

El Ecuador es un país mega diverso, está ubicado en la línea equinoccial, geográficamente posee tres regiones continentales en dirección al Occidente la región Litoral, hacia el Oriente la región Amazónica y en el centro de las dos Cordilleras, la región Sierra (FAO, 2016). Dan lugar a una complejidad de ecosistemas y dentro de estos a nichos y micro nichos ecológicos, que son hábitats propicios para albergar a la gran gama de biodiversidad. Cada población aprovecha la flora de su entorno por ser parte sustancial de su identidad.

Las plantas poseen abundantes compuestos bioactivos, proporcionan beneficios para la salud más allá de las consideraciones de la nutrición básica, como por ejemplo las propiedades antioxidantes, han sido positivas en el alivio del estrés oxidativo y la prevención de enfermedades mediadas por los radicales libres. Se ha intensificado la búsqueda de fitoquímicos de origen vegetal, con el propósito de obtener principios activos inocuos y eficaces, de vegetales considerados como alimentos funcionales.

La innovación científica de este trabajo se fundamenta en “la optimización de extracción de compuestos bioactivos y aprovechamiento de las cualidades nutritivas y el potencial medicinal del amaranto, orientado a la obtención de extractos

hidroalcohólicos que posean antioxidantes reductores de hierro y polifenoles totales, los cuales son de gran interés industrial. En la agroindustria tendrá un impacto en el cual dará la posibilidad de sustituir los aditivos químicos por aditivos naturales, obteniendo alimentos saludables, que satisfagan las necesidades del consumidor, debido que al ritmo de vida que llevan no tienen una alimentación óptima.

2.1. Antecedentes:

Según Flores, et al. (2016) realizaron su investigación sobre la optimización del proceso de extracción de sustancias antioxidantes a partir del orégano mexicano (*Lippia graveolens hbk*) utilizando la metodología de superficie de respuesta (MSR) con un diseño factorial 3 x 3. La concentración de fenoles totales, medidos bajo condiciones óptimas, fue usada para determinar el mejor tiempo de procesamiento. Por comparación con *Rosmarinus officinalis*, el contenido relativo del extracto de orégano, en fenoles totales (143.8%) y en capacidad antioxidante (90.6 %), obtenidos mediante maceración hidro-etanólica a condiciones óptimas, muestran que el orégano mexicano es una fuente alternativa de sustancias fenólicas con gran capacidad antioxidante.

Conforme a Núñez, et al. (2019) investigaron acerca de la optimización del proceso de extracción de compuestos fenólicos de la angiosperma marina *Thalassia testudinum*. Utilizaron el método de Box y Hunter y se evaluó el efecto de tres factores influyentes en la extracción de compuestos fenólicos (velocidad de agitación, relación material vegetal/% alcohol y concentración de etanol). Como variable respuesta se empleó el contenido de polifenoles totales determinada por el método de Folin-Ciocalteu. Los resultados del diseño proporcionaron como condiciones óptimas en las variables estudiadas las siguientes: 1/11.5 p: v, 60% de EtOH y 800 r.p.m., alcanzando rendimiento de polifenoles totales, igual a 25.60 mg/g de extracto seco; superior a las restantes condiciones de extracción para un extracto bioactivos con potencialidades de uso en la industria farmacéutica o nutracéutica.

De acuerdo con Hernández, et al. (2020) estudiaron la Optimización del proceso de extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de Justicia *Spicigera schltl*. A los extractos, se les determinó el contenido fenólico total (método de Folin-Ciocalteu), actividad antioxidante (potencial antioxidante/reductor del hierro) y actividad secuestradora de radicales libres (método del radical libre 2,2-difenil-2-picrilhidrazil). La metodología de superficie de respuesta (MSR) se empleó para evaluar el efecto del disolvente y el tiempo de extracción, en el contenido de fenoles totales y las propiedades antioxidantes. De

acuerdo con la MSR, las condiciones óptimas para la extracción son 25% de agua en la mezcla del disolvente y un tiempo de sonicación de 16 minutos.

Luisetti, Lucero & Ciappini (2020) llevaron a cabo la investigación sobre la optimización de la extracción de compuestos antioxidantes a partir de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). La capacidad antioxidante se determinó mediante la captura del radical libre DPPH. Se obtuvieron valores desde 16.3 a 161.5 mg de trolox equivalente (TE) 100 g⁻¹ de quinua. La máxima capacidad antioxidante se obtuvo para la relación L/S de 28:1, 58°C de temperatura de secado de grano y 39% v/v de etanol en el solvente de extracción. La variable de mayor influencia fue la concentración de etanol en el solvente.

Naranjo, Quintejo & Ciro (2016) realizaron la extracción de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de hojas de *Bixa orellana L.* (achiote) con la finalidad de evaluar el efecto del tiempo de extracción y la relación solvente/ sobre el contenido de fenoles totales, así como el efecto del contenido de sólidos y el pH de la solución, sobre la actividad antioxidante del extracto de hojas de B orellana. El contenido total de fenoles fue evaluado por el método de Folin-Ciocalteu. La actividad antioxidante se determinó por los métodos espectrofotométricos de reacción con el radical 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6- ácido sulfónico) y la medida de la capacidad reductora sobre el Fe⁺³, los resultados se expresaron como micromoles de equivalentes Trolox por gramo de extracto (μmol ET. g⁻¹). Las condiciones del proceso que más favorecen la extracción de compuestos fenólicos desde las hojas de *Bixa orellana L.* son: tiempo de extracción de 60 h y relación solvente/ hojas (v/p) de 4/1. El contenido máximo de fenoles totales fue de 144,77 ± 9,66 mgAT.g⁻¹, que al someterlo a una solución de pH de 8 y 11,7 °Brix, presenta una actividad antioxidante de 4406,83 ± 43,30 μmol ET. g⁻¹ por el método de reacción con el radical 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6- ácido sulfónico) y 4547,22 ± 53,19 μmolET.g⁻¹ por el método de medida de la capacidad reductora sobre el Fe⁺³.

2.2. Justificación

El ser humano viene utilizando las plantas desde épocas remotas con fines medicinales, vestimenta, alimento, vivienda y al no tener conocimiento sobre los principios activos de las plantas lo asocian con efectos de magia o intervención de los dioses en rituales. Los conocimientos sobre las bondades de las plantas han sido transmitidos en distintas culturas y generaciones a través del tiempo, permitiendo que no se pierda el saber con el pasar de los años, los mismos que no han considerado los beneficios o problemas con su uso en la manipulación o consumo. Por este motivo la necesidad de realizar investigaciones que permitan identificar, caracterizar y aplicar de manera óptima las plantas en procesos industriales y tratamientos terapéuticos.

El amaranto (*Amaranthus spp.*) es uno de los cultivos más antiguos de América Latina, los pueblos han preservado a los granos del amaranto como alimento de primera necesidad, sus hojas son utilizadas como verduras y sus flores se utilizan como colorantes, el residuo del trillado es utilizado como alimento para el ganado y como medicina tradicional es utilizada para tratar anemias, sangrados de todo tipo, reduce el colesterol y los triglicéridos en la sangre, estimula el sistema inmunológico, controla la diabetes, problemas cardiovasculares, control de obesidad y posee propiedades antiinflamatorias, fortificantes, anticancerígenas, antibacteriano, antivírico, vasodilatador y antioxidante. Los compuestos bioactivos del amaranto han despertado gran interés en extraerlos y usarlos en la industria dando un impulso al sector agroindustrial.

En la sociedad actual por el ritmo de vida y la enorme oferta de alimentos, conduce a que muchas personas no sigan una alimentación equilibrada y no ingieran los nutrientes que necesitan o las cantidades adecuadas. La industria alimentaria busca nuevas tecnologías, procedimientos en los que se pueda reducir los costos de producción y productos innovadores, de manera que estos alimentos funcionales, además de sus propiedades nutricionales, proporcionan un mejor estado de salud y reducen los factores de riesgo que provocan la aparición de enfermedades.

Los extractos son compuestos obtenidos de sustancias biológicamente activas presentes en las plantas, usando disolventes (agua, alcohol, etanol, mezcla de estos u otros solventes), poseen una elevada concentración de compuestos bioactivos por

lo cual la industria alimentaria, farmacéutica y química aprovechan sus bondades para ofrecer productos de calidad a la sociedad.

Esta investigación tiene como propósito optimizar la extracción hidroalcohólica del amaranto en base a su contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante, con la finalidad de estandarizar el proceso y ser una base para futuras investigaciones donde se aplique a los alimentos.

2.3. Planteamiento del problema

Las plantas por mucho tiempo no fueron de interés investigativo, por lo cual ha ocasionado que sea escasa o nula la información sobre cierta vegetación, debido a la falta de conocimientos, lo cual ha desencadenado que los escasos estudios existentes no tengan un reconocimiento, un valor científico y tecnológico, limitando el aprovechamiento de las bondades que ofrecen las plantas en su composición.

Los aditivos alimentarios (antioxidantes, colorantes, emulsificadores, estabilizadores de sabor, solventes, agentes de glaseado, edulcorantes, conservadores y agentes espesantes) son ingredientes agregados intencionalmente para modificar las características físicas, químicas, biológicas o sensoriales de los alimentos. El consumo de alimentos procesados se ha incrementado con el pasar del tiempo. La sociedad ha debatido los estudios de la toxicidad y la carcinogenicidad de los aditivos alimentarios porque existe desconfianza sobre los peligros que representa para la salud, ya que el riesgo de sobrepasar los límites permitidos para diferentes aditivos es latente. Los aditivos se obtienen de plantas, animales y minerales o se producen sintéticamente.

La investigación del extracto de amaranto busca caracterizar los compuestos bioactivos presentes en la planta para su posible aplicación en la industria alimentaria, disminuyendo o sustituyendo el uso de aditivos sintético, dando respuesta a las exigencias de los consumidores por productos más saludables. El amaranto (contiene aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales) es un alimento completo desde la perspectiva nutricional y alimentaria.

Los polifenoles y antioxidantes poseen una actividad antioxidante en presencia de los radicales libres, protegiendo a los alimentos del proceso oxidativo, cuidando el cuerpo humano de diversas enfermedades por la captura de los radicales libres.

La falta de implementación de tecnologías que permitan simplificar, optimizar y elevar la calidad de los procesos de diseño y manufactura en la industria ha impedido el avance tecnológico para transmitir el conocimiento sobre sistemas de esta naturaleza.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis nula

Ho: La concentración de etanol, tiempo y temperatura de extracción no influyen en la optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del amaranto (*Amaranthus spp.*).

2.4.2. Hipótesis alternativa

H1: La concentración de etanol, tiempo y temperatura de extracción influyen en la optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del amaranto (*Amaranthus spp.*).

2.5. Objetivos de la investigación

2.5.1. *Objetivo general*

- Optimizar el proceso de extracción hidroalcohólica a partir del amaranto (*Amaranthus spp.*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante.

2.5.2. *Objetivos específicos*

- Determinar el perfil fitoquímico del amaranto mediante ensayos cualitativos.
- Optimizar el proceso de extracción de los compuestos bioactivos del amaranto en función del contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante.
- Caracterizar el extracto hidroalcohólico optimizado de la droga cruda.

Tareas:

Tabla 1 *Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos*

planteados

Objetivo	Actividad (tareas)
Determinar el perfil fitoquímico del amaranto mediante ensayos cualitativos.	<i>Recolección del amaranto. Selección y limpieza de la planta. Deshidratado del amaranto. Molido de la planta seca de amaranto. Identificación de los compuestos bioactivos del amaranto mediante ensayos de laboratorio.</i>
Optimizar el proceso de extracción de los compuestos bioactivos del amaranto en función del contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante	<i>Determinación experimental del contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante. Realizar los respectivos cálculos. Los datos obtenidos insertar en el programa Design Expert. Efectuar los ensayos experimentales a las condiciones optimizadas</i>
Caracterizar el extracto hidroalcohólico optimizado de la droga cruda.	<i>Llevar a cabo los ensayos de laboratorio bajo las condiciones del mejor optimizado: Características sensoriales utilizar la técnica de observación para determinar el color, aspecto, homogeneidad y el olfato para su olor. Características fisicoquímicas con un espectrofotómetro medir los polifenoles, los antioxidantes reductores de hierro y con un pHmetro medir su pH.</i>

Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

Etapas:

Tabla 2 *Etapas del desarrollo*

Etapas	Descripción
Planeación	<i>Ordenación sistemática de las tareas para lograr los objetivos. Revisión bibliográfica.</i>
Ejecución	<i>Desarrollo de la parte experimental.</i>
Publicación	<i>Revisión del tribunal Impresión y empastado del documento.</i>

Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

3.1. Fundamentación científico técnica

3.1.1. *Amaranto (Amaranthus spp.)*

Es una planta cultivada desde la época prehispánica, donde tenía una gran importancia como alimento y como elemento simbólico en la cosmovisión mesoamericana.

El amaranto se domesticó en América por culturas precolombinas y de allí posiblemente se difundió a otras partes del mundo. Fue cultivada y utilizada por los Aztecas en el valle de México junto al maíz, frijol y calabaza, por los Mayas en Guatemala y junto a la papa, maíz y quinua por los Incas en Sudamérica tanto en Perú, Bolivia y Ecuador (Mapes, 2015). En la actualidad, este cultivo ha perdurado como un vestigio y ha permanecido en algunas culturas indígenas.

Es una planta perenne que crece en alturas de aproximadamente 110 a 3000 m sobre el nivel del mar, tiene un crecimiento muy rápido y una fotosíntesis muy eficiente por lo cual es conocida como C4 debido a su capacidad de resistencia a plagas y enfermedades, se caracteriza por soportar sequías y fríos, puede desarrollarse en suelos salinos, alcalinos y ácidos (Algara , Gallegos, & Reyes, 2016).

3.1.2. *Botánica de la planta*

El amaranto rojo es una planta que puede llegar a alcanzar una altura de 0.5 a 3 metros o de 0.3 a 1 metro, con troncos delgados, débiles o ascendentes, de poco pelo y ramas de 1 a 6 decímetros de largo, posee flores y espigas de color rojo. Sus hojas están

dispuestas a lo largo del tallo, tiene un rabillo en la hoja que mide 1-6 cm de largo son lampiñas profundamente emarginadas en las puntas con una anchura de cuatro lados iguales ovalados de 2-15 x 1-7 cm, naturalmente poseen una línea blanca y son de color brillante. Posee una raíz bastante fuerte que puede llegar a medir 1 metro de profundidad, es rígida y con pocas ramas, los tallos suelen ser ordinariamente cubierta de pelos finos y suaves que se pueden observar en colores rojizos (Cortés, 2015).

Tabla 3 Descripción morfológica, agronómica y de calidad

Hábito de crecimiento	<i>Erecto</i>
Tipo de raíz	<i>Pivotante</i>
Tipo de ramificación	<i>Sencillo a ramificado</i>
Forma de tallo	<i>Redondo</i>
Color del tallo juvenil	<i>Verde</i>
Color del tallo a la madurez	<i>Verde – amarillo - rosado</i>
Forma de la hoja	<i>Romboidal</i>
Tamaño de la hoja	<i>Grande (20x8cm)</i>
Borde de la hoja	<i>Entero</i>
Color de la hoja	<i>Verde</i>
Color de la panoja en flor	<i>Rosado</i>
Tamaño de la panoja (cm)	<i>50 a 80</i>
Tipo de panoja	<i>Amarantiforme</i>
Actitud de la panoja	<i>Erecta y semirecta</i>
Color del grano seco	<i>Blanco a crema</i>
Tamaño del grano	<i>0,7 a 1,4 mm</i>
Forma del grano	<i>Redondo</i>
Peso de 1000gr	<i>1 g</i>
Peso hectolitro	<i>78 – 83 (kg/hl)</i>
Grano de primera (%)	<i>80 a 90</i>
Altura de la planta (cm)	<i>70 a 180</i>
Días al panojamiento	<i>50 a 60</i>
Días a floración	<i>70 a 90</i>
Días a la cosecha en seco	<i>150 a 180</i>
Adaptación (m.s.n.m)	<i>1800 a 3000</i>

Elaborado por: (Grandes, 2015)

3.1.3. Clasificación taxonómica

Tabla 4 Clasificación taxonómica del amaranto (*Amaranthus spp*)

Reino	<i>Plantae</i>
Clase	<i>Magnoliophyta</i>
Subclase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Género	<i>Amaranthus</i>
Especie	<i>A.hipochondriacus</i>
Nombre científico	<i>Amaranthus spp</i>
Nombre común	<i>Amaranto, sangorache, ataco</i>

Elaborado por: (Loor, 2020)

3.1.4. Propiedades

Es una planta con atributos peculiares, capaz de disminuir los niveles de colesterol en el plasma, estimular el sistema inmunológico, actividad antitumoral, reducir los niveles de glucosa en la sangre, mejorar las condiciones de hipertensión y anemia. Proporciona alta calidad y cantidad de proteínas, aceites, fibra dietética, almidón, vitaminas (A, K, B6, C, E y B) y minerales como calcio, hierro y otros (Kumar, 2019).

Ciertos estudios han establecido la presencia de principios activos como alcaloides, flavonoides, glucósidos, ácidos fenólicos, esteroides, saponinas, aminoácidos, vitaminas, minerales, terpenoides, lípidos, betaína, taninos catéquicos y carotenoides (López & Alonso, 2020).

3.1.5. Aspectos nutricionales del amaranto

El amaranto puede consumirse en forma de germinado, las hojas tiernas en ensalada, o como sopa. La digestibilidad de su proteína es muy alta, alcanzando entre el 80% y el 92%. Asimismo, no contiene gluten, así que es indicado para el consumo de los celíacos (alérgicos al gluten). El amaranto posee una sorprendente calidad proteínica. La semilla contiene entre 14 y 19% de proteína. La proteína de amaranto es muy buena fuente de lisina (el doble que el trigo y el triple que la del maíz) (Trino, et al., 2017).

El amaranto contiene tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C que se distribuyen principalmente en su cáscara. Respecto a las hojas, éstas contienen 86% de humedad y 3,5% de proteína. En sus hojas y principalmente en el germinado, podemos encontrar una alta porción de vitaminas A y C, grasas naturales y minerales como el fósforo, calcio, potasio, magnesio y hierro. La hoja del amaranto tiene más hierro que la espinaca, lo que la hace ideal para evitar la anemia que afecta principalmente a mujeres embarazadas y a niños (Luis, et al., 2018).

3.1.6. Aplicaciones del amaranto en la Agroindustria.

Es una planta con diversos beneficios, por lo cual en la agroindustria ha despertado un interés para desarrollar productos innovadores a base del amaranto tales como:

3.1.6.1. Colorante:

Es alto en betalainas, compuestos responsables del color rojo del grano. Es apto para pigmentar bebidas, alimentos, repostería aportando una alta cantidad de antioxidantes (INIAP, s.f.).

3.1.6.2. Almidón:

El almidón es el componente principal en la semilla de amaranto, ya que representa entre 50 y 60% de su peso seco. Constituye una fuente de energía de reserva. Tiene un alto nivel nutricional y tecnológico. El almidón del amaranto está dividido en dos tipos: aglutinante y no aglutinante, el primero es el apropiado para la industria panadera, es decir, se puede utilizar en la industria ya que reúne esta primera característica, sin embargo, el amaranto sólo puede ser utilizado en la elaboración de productos panificados que no necesiten expansión debido a que carece de gluten funcional, y podrá ser utilizado en mezclas con harinas de otros cereales (Mapes, 2015).

3.1.6.3. Proteínas:

El amaranto cuenta con una proteína de excelente calidad, ya que es la única entre los vegetales de su tipo que contiene todos los aminoácidos esenciales (aquellos que el organismo no puede producir), como son la leucina, lisina, valina, metionina, fenilalanina, treonina e isoleucina (Gottau, 2020).

3.1.6.4. Harina:

La combinación de harina de amaranto, el amaranto puede aportar cantidades importantes de fibra dietética y vitaminas E y B, puede ser una fuente importante de niacina (para la producción de hormonas sexuales, del crecimiento y del metabolismo), y lisina (para la producción de anticuerpos, hormonas y enzimas), así como de fósforo (para la formación de hueso y la función renal) y de magnesio (para el metabolismo del azúcar en sangre y relajante del músculo liso), y puede servir como ayuda a la curación de herpes (Luis, et al., 2018).

3.1.6.5. Semillas:

Las semillas de amaranto son bajas en contenido de lípidos (de 7 a 8%). La semilla de amaranto en grano está considerada por la FAO y la OMS una de las semillas más nutritivas del mundo, por su alto contenido en proteínas, calcio, ácido fólico y vitamina C (Kumar, 2019).

3.1.6.6. Aceite:

Es insaturado por su alto contenido en ácido linoleico. Tiene un gran valor debido a su elevada cantidad de escualeno, un potente antioxidante. Tiene la virtud de permanecer estable en una amplitud de temperaturas, es sabroso, de aroma delicado y tiene un alto contenido de proteínas y grasas (Luis, et al., 2018).

3.1.7. *Similitudes y diferencias del amaranto con la quinua*

Los dos poseen un gran valor nutricional y no contienen gluten. El amaranto tal vez es más completo en términos de composición química, y tiene la ventaja frente a la quinua de no contener saponina, por lo que no requiere el proceso de saponificación (desamargado) y no representa un riesgo para el consumo ni para el ambiente.

3.1.8. *Optimización*

Es un sistema para maximizar o minimizar los indicadores mediante la resolución efectiva de problemas, para reducir o eliminar la pérdida de tiempo, recursos, costos innecesarios, obstáculos y errores.

3.1.9. Extracto hidroalcohólico

Es la extracción de los principios activos, mediante la maceración de la droga de la planta en alcohol-agua (el alcohol suele ser etanol), su eficiencia va a estar sujeta al % del disolvente, temperatura y tiempo.

3.1.10. Utilización de extractos vegetales en la industria alimentaria

En la actualidad por la demanda de productos más saludables, los extractos vegetales son una alternativa como saborizantes, colorantes, antioxidantes naturales, enriquecedores del alimento y para dar valor agregado a los productos (Quintín, 2015).

3.1.11. Actividad antioxidante

Los antioxidantes son moléculas capaces de ceder un electrón, lo cual, retarda o impide la oxidación de biomoléculas de proteínas, lípidos, ácidos nucleicos o propagación de las reacciones oxidativas en cadena. Son trascendentes para la prevención del comportamiento de los radicales libres sobre el organismo; reducen los procesos oxidativos, retardando el proceso de envejecimiento y evitando el desarrollo de distintas enfermedades (Garro, et al., 2015).

3.1.12. Secado de las plantas

Las plantas son secadas con la finalidad de preservar su composición química; la temperatura adecuada de secado es a 40° C debido que a esta temperatura los componentes no se volatilizan. Para un secado homogéneo la transferencia de calor al material debe ser igualitaria con la intención de extraer la mayor humedad posible.

3.1.13. Metabolitos

3.1.13.1. Compuestos grasos

Son compuestos constituyentes de las grasas, producto de los hidrolisis básicos de grasas animales o vegetales. Estas pueden ser saturadas, monoinsaturadas o poliinsaturadas. Se los conoce como ácidos mono carboxílicos de cadena lineal R-COOH, donde R es una cadena alquilo formada sólo por átomos de carbono e hidrógeno. Existen más de 20 ácidos grasos diferentes. La extensión de la cadena de carbonos puede variar entre 4 y 24 aunque los comunes tienen 16 o 18 átomos de carbono (Sanhueza, Durán, & Torres, 2015).

3.1.13.2. Alcaloides

Los aminoácidos de las plantas desdoblan los metabolitos secundarios, son solubles a un pH ácido e hidrosolubles en solventes orgánicos (pH alcalino). Se caracterizan por la presencia de un nitrógeno en su estructura y contener uno o más átomos de nitrógeno en un anillo heterocíclico. Los alcaloides predominan en los tejidos de intensa actividad celular, hojas, raíces, semillas, pero hay variaciones de acuerdo a su concentración y ambiente (Vázquez, et al., 2016).

3.1.13.3. Agrupamiento lactónico

Son compuestos de naturaleza química heterogénea, se encuentran en varias familias de plantas, varios autores han descrito estos metabolitos como agentes antiinflamatorios, antiespasmódica, antiparasitaria, insecticida y antibacteriana (Díaz, et al., 2015).

3.1.13.4. Triterpenos / Esteroides

Los triterpenos se conforman por 30 átomos de carbono, son compuestos naturales formados por intermedio de seis unidades de isopreno. Están distribuidos en el reino vegetal y desempeñan un papel significativo en la naturaleza. Se conoce que los esqueletos del oleanano, ursano y lupano son más distinguidos dentro de los triterpenos. Poseen estructuras cíclicas respectivamente complejas, la mayoría de las cuales son alcoholes, aldehídos o ácidos carboxílicos (Vélez, et al., 2018).

3.1.13.5. Catequinas

Es un tipo de antioxidante que se lo encuentra en distintos alimentos, ayudan a proteger las células del daño causado por los radicales libres (cambios químicos que ocurren en una célula) previniendo el cáncer y otras enfermedades (Lujano, et al., 2019).

3.1.13.6. Resinas

Es una secreción o flujo orgánico de textura pastosa o sólida que producen algunas plantas, particularmente los árboles es recubrimiento natural que utilizan las plantas para la defensa frente a insectos u microorganismos patógenos. Se dividen en sintéticas, naturales, resinas duras y suaves, son solubles en alcohol y con un alto punto de fusión, aunque también hay solubles en aceites y agua. Es muy apreciada por sus propiedades químicas (Quiroz & Magaña, 2015).

3.1.13.7. Azúcares reductores

“Son mono y oligosacáridos que contienen un grupo aldehídico o cetónico libre que presenta un efecto reductor sobre ciertos agentes oxidantes” (INEN 266, 2013).

3.1.13.8. Saponinas

Se trata de metabolitos secundarios, constituidos por un anillo terpenoide o esteroidal, remplazados por oligosacáridos por medio de enlaces glucosídicos que les confieren un carácter anfifílico. No son resistentes a cambios repentinos de pH, valores muy ácidos o básicos, lo que provoca la ruptura de los enlaces O-glucosídicos. Soporta temperaturas superiores a 150 °C e inferiores a 400 °C (Ahumada, et al., 2016).

Brindan una alta actividad superficial a causa de la combinación estructural de un grupo polar (azúcar) y uno no polar (esteroide o triterpeno), propiedad que les permite ser utilizados como detergente, estabilizador y emulsificante en productos de limpieza y cosméticos (Velásquez & Vélez, 2020).

3.1.13.9. Compuestos fenólicos

Son metabolitos secundarios, se producen por el estrés de las plantas, tienen al menos un anillo aromático con uno o más sustituyentes hidroxilo, se dividen según su estructura química (flavonoides y no flavonoides) (Yábar, Chirinos, & Campos, 2019).

Diversos estudios han demostrado que los compuestos fenólicos proporcionan beneficios para la salud por sus propiedades antioxidantes que actúa como captadores de radicales libres neutralizando riesgosas especies reactivas de oxígeno o iones metálicos quelantes, antialérgicos, anticancerosos, antiinflamatorios, antidiarreicos, antivirales, antiulcerosos, insecticidas, antihelmínticos, antihepatóxicos y antiproliferativos (González, et al., 2017).

3.1.13.10. Aminoácidos libres / aminos

“Moléculas orgánicas compuestas de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Su nombre se debe a los grupos funcionales que contiene: un grupo amino básico (NH₂) y un grupo carboxilo ácido (COOH) unidos a una cadena carbonada (R)” (Peñaranda, 2017).

3.1.13.11. Quinonas / Benzoquinonas

Compuestos de origen orgánicos con una base aromática (benceno, naftaleno, antraceno y fenantreno) se consideran moléculas cíclicas diacetónicas conjugadas. Se obtienen por oxidación de grupos hidroxilos aromáticos (C-OH a C=O) (Bolívar, 2018). No tienen valor nutricional y su principal característica es teñir o pigmentar diferentes materiales utilizados por las personas (Fujifilm, 2017).

3.1.13.12. Flavonoides

Son metabolitos secundarios polifenólicos de bajo peso molecular, regularmente con un grupo cetona. Existen hasta 6.000 tipos de flavonoides y son en parte causantes de los colores intensos en las frutas y verduras (BBC News Mundo, 2019).

Diversas investigaciones denotan que los flavonoides poseen diversos beneficios para la salud, que incluyen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y se encuentran en una variedad de alimentos (frutas verduras y bebidas) (Coronado, et al., 2015).

Están compuestos por quince átomos de carbono cuya estructura constituida por dos anillos de benceno fusionados por una cadena lineal de tres carbonos. El esqueleto se representa por el sistema C6-C3-C6, en el cual tienen dos anillos aromáticos llamados A y B que están unidos por una unidad de tres carbonos que pueden formar un tercer anillo (Vega, De León, & Reyes, 2017).

3.1.13.13. Glucósidos cardiotónicos

Un sinnúmero de especies vegetales contiene glicósidos cardiotónicos, poseen una estructura molecular básica que consistente en una genina o aglicona con uno o más azúcares. Aumentan la fuerza de contracción del corazón (Arias, et al., 2017).

3.1.13.14. Mucílagos

Es una solución acuosa de procedencia vegetal viscosa (ácida o neutra), de una goma o dextrina utilizada para suspender sustancias insolubles y para aumentar la viscosidad e incrementa su volumen al estar en contacto con el agua obteniendo una solución coloidal, sus funciones dependen del peso molecular y de la planta en la que se encuentre. Constan de polisacáridos (conjunto de monosacáridos o hidratos

de carbono simple) con el mismo número de azúcares, se distingue en sus propiedades físicas (Villa, Osorio, & Villacis, 2020).

3.2. Fundamentación del estado del arte

Se busca desarrollar una investigación fundamentada en bibliografías con diferentes investigadores de distintas nacionalidades, que sustente resultados verificables con el problema planteado. Los cuáles serán detallados a continuación.

Este estudio realizado por Pilco (2021) fue la “elaboración de una bebida a base de granos andinos: quinua (*Chenopodium quinoa*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*)” con la finalidad de elaborar una bebida a base de granos andinos, utilizando enzimas y proceso de malteado, caracterizar la composición química, capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de la materia prima, además de caracterizar la composición fisicoquímica y sensorial de las bebidas. Las formulaciones de las bebidas fueron de dos tipos: malteados (72 h) y con enzimas (α -amilasa, amiloglicosidasa y papaína). Las dos bebidas con mayor contenido de proteína fueron las siguientes: bebida con tratamiento enzimático de 50 por ciento quinuas y 50 por ciento kiwicha, con un total de 5.02 g / 100ml de proteína y la bebida malteada con 100 por ciento kiwicha con 8.11 g / 100ml de proteína.

En septiembre Valdez y Cabrera (2019), realizaron la evaluación del efecto antihipertensivo de péptidos de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L.*) añadidos a pasta de trigo (*Triticum aestivum L.*) con alto contenido de proteína obtenidos mediante la hidrólisis con alcalasa en un modelo murino. Se formularon pastas con 11% (A; control), 15% (B) y 20% (C) de contenido proteico. Se determinó el IC50 del hidrolizado proteico; se evaluaron el tiempo de cocción, la pérdida de sólidos y ganancia de peso durante esta, el color y la textura de las muestras de pasta ya cocidas. Con estos resultados se puede concluir que la adición de hidrolizados de amaranto a pastas alimenticias no impacta negativamente en los atributos sensoriales, aunque la aceptabilidad general puede ser mejorable. Es posible mantener las propiedades antihipertensivas de la pasta suplementada en condiciones fisiológicas. El incremento del contenido proteico de las pastas prolonga el efecto antihipertensivo de las mismas.

López (2017) en su investigación realizada sobre el efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de bioactivos y actividad antioxidante del quintonil (*Amaranthus hybridus*) cosechado en época de primavera y otoño para lo cual evaluaron extractos acuosos y metanólicos de quintoniles cosechados en dos estaciones del año crudos, hervidos y cocidos al vapor y se determinó el contenido de compuestos fenólicos totales (TPC), PUFA y capacidad antioxidante usando diferentes métodos como la inhibición del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH•), 2,2'-Azino-bis(3-etilenbenzotiazolino-6-ácido sulfónico) (ABTS•+), óxido nítrico (NO•) y superóxido (O₂⁻). Los resultados indican que el tratamiento térmico, afectó significativamente ($p < 0.05$) el contenido de bioactivos en el quintonil, para el caso de PC éstos incrementaron con respecto al quintonil crudo en extractos acuosos, como metanólicos y después de aplicar el tratamiento térmico al vapor, la clorofila disminuyó posterior a la cocción por hervido y al vapor en comparación con el quintonil crudo.

Algara, Gallegos y Reyes (2016) realizó la investigación sobre el amaranto y sus efectos terapéuticos, el objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión bibliográfica actualizada sobre los componentes bio-activos del amaranto y su impacto en la salud. Para ello, se realizó un análisis sistemático de la literatura científica reciente referente a las propiedades terapéuticas de varios componentes del amaranto, seguido de una síntesis de los hallazgos que se consideraron más relevantes y contundentes. Como resultado se obtuvo una revisión bibliográfica que muestra las muchas cualidades nutricionales y terapéuticas del amaranto, que lo hacen una excelente opción para la generación de nuevos productos alimenticios.

Velastegui (2016) realizó un estudio, en el cual desarrolló un alimento snack tipo barra energética y nutritiva, a partir de Moringa, Quinoa, Amaranto y frutos secos; empacada al vacío. Se escogieron las materias primas con las características fisicoquímicas y nutricionales que den el aporte de proteínas, carbohidratos, calcio, hierro y grasas. Se produjeron varios prototipos de acuerdo al diseño factorial 32 con diversas concentraciones de materias primas y se experimentó con cada una a fin de obtener la formulación ideal. Se caracterizó el producto desde el punto vista nutricional, microbiológico, físico-químico para el cumplimiento de la norma NTE INEN 2570:2011 de Bocaditos de granos, cereales y semillas. Se empacó el

producto con empaque polipropileno (PP) y fue sellado al vacío a fin de garantizar una conservación ideal de nuestra barra. Para el etiquetado se aplicó las normas NTE INEN 1 334-2:2011 y 022 R. Los análisis de laboratorio indicaron por cada 100 g de producto: 11,10 g de proteínas, 58,87g de carbohidratos, 11,31 g de hierro y 16,95 g de grasas.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Metodología

4.1.1. Tipos de investigación:

Con la finalidad de dar solución al problema identificado, se ha utilizado distintos tipos de investigación para realizar la experimentación.

4.1.1.1. Investigación cuantitativa

La investigación cuantitativa permitió determinar la relación entre una variable independiente y un resultado o variable dependiente dentro de una población. Se la empleó con la finalidad de recopilar y analizar los datos numéricos que se obtuvieron a través de la experimentación. En base a los datos recogidos, se pueden comprobar las hipótesis predefinidas.

4.1.1.2. Investigación descriptiva

La investigación descriptiva se centró principalmente en determinar el qué, cuándo, cómo y dónde del objeto de estudio elegido. Se la utilizó para analizar las características del fenómeno de estudio sin conocer la relación entre ellos con el fin de recolectar datos que permitan arrojar información confiable sin manipular las variables estudiadas. De esta forma se obtuvo información relativa al problema de investigación para lo cual se utilizó técnicas como la observación.

4.1.1.3. Investigación experimental

La investigación experimental es la variación de una variable experimental (o varias) para determinar las causas o efectos que puede provocar. Fue empleada con la finalidad

de manipular y controlar la variable independiente, observando su efecto en la variable dependiente, esto se llevó a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de obtener resultados específicos.

4.1.2. Técnicas

Son procedimientos metodológicos y sistemáticos con la finalidad de abordar y estudiar el tema de investigación. Estos métodos permiten recopilar, examinar y exponer la información, de esta forma se adquiere nuevos conocimientos.

4.1.2.1. Observación

Fue usado este método con el fin de establecer una relación concreta e intensiva entre el investigador y el fenómeno de estudio, de esta manera obtuvo datos que luego se sintetizaron para el desarrollo de la investigación y solución del problema planteado.

- **Fichas**

Se las utilizó para registrar los datos obtenidos y registrarlos durante la investigación.

- **Fotografías**

Me permite capturar la imagen de un suceso importante durante la investigación lo que servirán como referencia para formular una solución que resuelva una problemática.

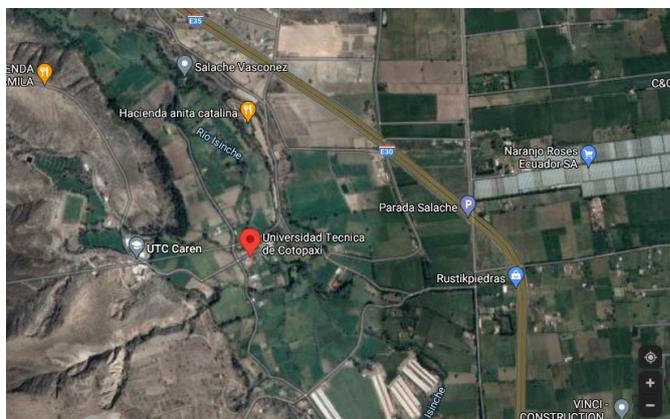
4.2. Investigación descriptiva

4.2.1. Descripción del método de elaboración

4.2.1.1. Recolección de la materia prima

La planta de amaranto fue recolectada en saquillos de fibra vegetal con la utilización de una tijera de podar, en la provincia de Cotopaxi en el cantón Latacunga, parroquia Eloy Alfaro en el sector Salache Bajo. “Geográficamente está localizada entre las coordenadas $-78,6233^{\circ}$ o $78^{\circ} 37' 23,7''$ de longitud oeste; y a $-1,0001^{\circ}$ o $1^{\circ} 0' 0,3''$ de latitud sur”.

Ilustración 1 Lugar de recolección Universidad Técnica de Cotopaxi



Elaborado por: (Googlemaps, 2021)

4.2.1.2. Selección y limpieza de la materia prima

Se revisó los tallos, hojas y flores que no presenten hongos, parásitos, manchas, grietas o alteraciones morfológicas. La tierra fue eliminada por un lavado de la planta en una solución acuosa de hipoclorito de sodio (0,05%) y agua destilada.

4.2.1.3. Secado

La planta fue secada por medio de una estufa con aire forzado a 40°C, con el propósito de no perder sus componentes bioactivos, en un tiempo de 48 horas para alcanzar una humedad inferior a 6%.

4.2.1.4. Molido

Se pulverizó el amaranto seco en un molino manual (L10000 Corona), posteriormente se conservó la droga cruda en bolsas de doble cierre Ziploc, almacenándolas en un lugar oscuro con la finalidad de prevenir que este adquiera humedad que pueda provocar la pérdida de compuestos bioactivos para sus respectivos análisis.

4.2.1.5. Tamizaje fitoquímico

Es la obtención de extractos de plantas con solventes apropiados que permite conocer los principios activos, descartando las especies que no tienen potencial para ser utilizadas para algún beneficio.

Los resultados de las reacciones son reportados como (+) significa presencia o (-) significa ausencia para el metabolito de que se trate.

4.2.1.5.1. Compuestos grasos. Ensayo de Sudan

En la alícuota del extracto se adicionó 1ml de la solución diluida en agua del colorante Sudán III y se evaporó el solvente por baño maría.

Si la coloración es rojo anaranjado (+) o tiene forma de escamas (+-) existen compuestos grasos.

4.2.1.5.2. Determinación de alcaloides. Ensayo de Dragendorff

Se evaporó a baño maría el solvente orgánico del extracto y el residuo fue disuelto en 1 mL de ácido clorhídrico al 1% en agua.

En la alícuota acuosa se agregó 1 gota de ácido clorhídrico concentrado, calentándolo suavemente y enfriándolo (pH ácido), se añadió 3 gotas del reactivo de Dragendorff.

Es positivo si se apreciaron las siguientes características: Opalescencia (+), turbidez definida (++) , precipitado (+++).

4.2.1.5.3. Agrupamiento lactónico. Ensayo de Baljet

Se empleó para la detección de cumarinas.

Solución 1: Hidróxido de sodio al 10% en agua.

Solución 2: Ácido pícrico al 1% en etanol.

Se evaporó el solvente de la alícuota a baño maría. Mezclando volúmenes iguales de las soluciones se adicionó 1 mL de esta última a las muestras que se sometieron al baño María.

Es positivo si las muestras toman una coloración o precipitado rojo (++) y (+++).

4.2.1.5.4. Triterpenos / Esteroides. Ensayo de Liberman – Burchard

Se adicionó 1 mL de anhídrido acético y se mezcló bien. Dejando caer por la pared del tubo de ensayos 3 gotas de ácido sulfúrico concentrado sin agitar.

El ensayo es positivo si el cambio de coloración, de rosado a azul muy rápido (+++), verde intenso visible rápido (++) y verde oscuro-negro al final de la reacción (+).

4.2.1.5.5. Catequinas. Ensayo de Catequinas

Encima del papel de filtro se aplicó una gota de cada extracto y sobre la mancha se puso una gota de la disolución de Na₂CO₃. Es positiva si aparece una mancha verde-carmelita a la luz UV.

4.2.1.5.6. Resinas. Ensayo de resinas

Se adicionó 10 mL de agua a 2 mL de cada extracto. Es positiva si aparece de un precipitado.

4.2.1.5.7. Azúcares reductores. Ensayo de Fehling

En una alícuota del extracto se agregó 2ml del reactivo y se calentó a baño María por 5 o 10 minutos. Es positivo (+++) si la dilución toma una pigmentación roja o presenta un precipitado rojo.

4.2.1.5.8. Saponinas. Ensayo de Espuma

Se disolvió una alícuota del extracto en 5 veces su volumen en agua y se agitó fuertemente por 3 o 5 minutos. La formación de espuma abundante la cual persiste por más de dos minutos con un grosor de 2mm es prueba positiva.

4.2.1.5.9. Compuestos fenólicos. Ensayo de Cloruro Férrico (III)

Se agregó acetato de sodio en una alícuota para neutralizar y 3 gotas de una dilución de tricloruro férrico al 5% en solución salina fisiológica. Es positivo (+++) para compuestos fenólicos en general, al observarse un cambio de tonalidad a rojo-vino; para taninos del tipo pirocatecólicos una pigmentación verde intensa y taninos del tipo pirogalotánicos una coloración azul.

4.2.1.5.10. Aminoácidos libres / aminos. Ensayo de Ninhidrina

Se mezcló en 2 mL de solución de Ninhidrina al 2 % en agua con una alícuota del extracto alcohólico y se calentó a baño María la dilución durante 5-10 minutos. Es positivo cuando se da una pigmentación azul violácea.

4.2.1.5.11. Quinonas / Benzoquinonas. Ensayo de Bortranger

Se evaporó el extracto alcohólico en baño María, en 1 mL de cloroformo se diluyó el residuo, luego se adicionó 1 mL de hidróxido de sodio al 5% en agua, se agitó las fases y se dejó reposar hasta la separación.

Si la fase acuosa alcalina (superior) se colora de rosado o rojo (+++) es positivo.

4.2.1.5.12. Flavonoides. Ensayo de Shinona.

Se añadió 1 mL de ácido clorhídrico concentrado y la cinta de magnesio metálico en la alícuota del extracto, se esperó 5 minutos y se agregó 1 mL de alcohol amílico. Cuando el alcohol amílico se coloreó de naranja, rosa azul o violeta, carmelita o rojo intenso es positivo (+++).

4.2.1.5.13. *Glucósidos cardiotónicos. Ensayo de Kedde*

Se unió volúmenes iguales de disoluciones de ácido 3,5-dinitrobenzoico a 2% en metanol y de KOH al 5% en agua. En un 1 mL de la disolución reactiva se mezcló una alícuota del extracto etanólico y se dejó reposar durante 5-10 minutos. Si los ensayos presentan una coloración violácea y que persista durante 1-2 horas es positivo.

4.2.1.5.14. *Mucílagos. Ensayo de Mucílagos*

Se enfrió una alícuota del extracto a una temperatura de 0°C a 5°C. El ensayo es positivo (+++) si la muestra tiene una consistencia gelatinosa.

4.2.1.5.15. *Principios amargos. Ensayo de Principios Amargos*

Se cató el extracto acuoso y se reconoció el sabor de cada uno de estos principios, bien diferenciados al paladar.

4.2.1.6. Preparación de las muestras

Se realizó las muestras a analizar a diferentes condiciones concentración de etanol (60%, 75%, 90%), tiempo (6h., 15h, 24h), y temperatura de extracción (30°C, 45°C, 60°C) con la utilización de 1g de droga cruda para la elaboración de cada corrida experimental.

4.2.1.7. Obtención del extracto

El extracto se obtuvo en los tiempos establecidos por cada corrida experimental, por maceración con agitación ocasional, eliminando los residuos sólidos del extracto final con una bomba al vacío.

4.2.1.8. Ensayo de Frap

El ensayo se realizó siguiendo el procedimiento propuesto por Benzie y Strain (1996) y teniendo en consideración la modificación de tiempo propuesta por Pulido y col. (2000). Este método consiste en medir la capacidad de la muestra para reducir el hierro férrico a ferroso. A un pH bajo se coloca en el medio de reacción el complejo Fe³⁺-TPTZ, este complejo en presencia de agentes reductores se reduce a Fe²⁺-TPTZ que desarrolla un color azul intenso con un máximo de absorción a 593nm.

El reactivo FRAP está compuesto por 0,0078g de TPTZ [2,4,6-tri (2-piridil)-1,3,5-triazina], al cual se le añade una gota de HCl (1:1), más 2,5mL de HCl 40mM y se

disuelve totalmente. Luego se adicionarán 25mL de buffer acetato (pH= 3,6) y 2,5 mL de una disolución 20mM de FeCl₃, dejándose incubar 37°C durante 15min.

Para la determinación se tomaron 50μL del extracto de la muestra y se añadieron en un tubo de ensayo de 10mL de capacidad. Posteriormente, se adicionaron 1,5mL del reactivo FRAP. Se atemperó a 37 °C durante 30 minutos y se leyó la absorbancia a 593nm.

El cálculo de la actividad antioxidante se realizó por medio de una curva de calibración de Fe²⁺ empleando la sal de Mohr [Fe (NH₄)₂SO₄] como patrón, según la ecuación siguiente:

$$AAT = \frac{(A - a)}{b \times V \times fd} \times P.M.$$

Donde:

AAT: Actividad antioxidante total.

A: Absorbancia del extracto.

a: Intercepto de la curva de calibración.

b: Pendiente de la curva de calibración.

V: Volumen del extracto (mL).

fd: factor de dilución de la muestra.

P.M: Masa de la muestra.

4.2.1.9. Determinación del contenido de polifenoles totales

Los compuestos fenólicos se cuantificaron de acuerdo al método descrito por Slinkard y Singleton (1997) con el reactivo de Folin-Ciocalteu. La preparación de la muestra consistió en tomar 2g de pulpa homogenizada y centrifugarlos (MLW modelo T 52, Alemania) durante 10min a 3500min⁻¹. Del sobrenadante obtenido

se tomó 1mL y se diluyó convenientemente para la determinación. Se mezclaron 50µl de la muestra con 2,5mL de disolución acuosa de Folin-Ciocalteu diluida 1:10. La mezcla se agitó y se dejó en reposo durante 5min. Se adicionaron 2mL de una disolución al 7,5 % (m/v) de Na₂CO₃. Se agitó nuevamente, se dejó reposar durante 2h y se leyó la absorbancia a 765nm. Se utilizó ácido gálico como patrón entre 100 y 900mg/L. El contenido de fenoles totales se expresó como ácido gálico en mg/100g de fruto, mediante la siguiente ecuación:

$$CF = \frac{(A - a) \times 1000}{b \times V \times \frac{fd}{PM}}$$

Donde:

CF: Contenido de polifenoles totales.

A: Absorbancia.

a: Intercepto de la curva de calibración.

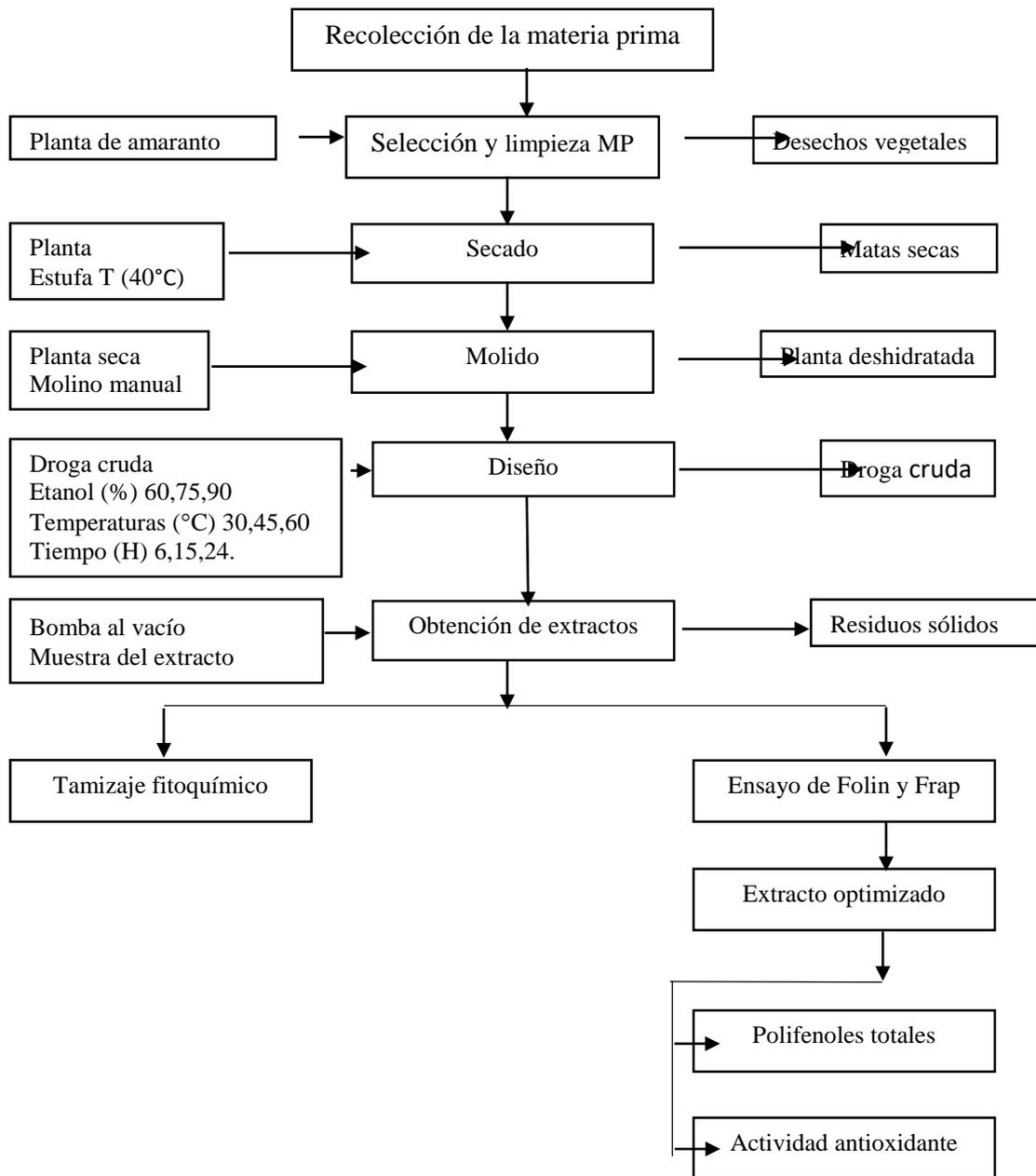
b: Pendiente de la curva de calibración.

V: Volumen total del extracto (mL).

fd: Factor de dilución de la muestra.

PM: Masa de la muestra.

4.2.1.10. Diagrama de flujo



4.2.1.11. Presupuesto

Tabla 5 Presupuesto de la investigación

Cantidad	Recursos	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO		
		H. uso	Valor Unitario \$	Depreciación de 120 días
Equipos				
1	Estufa	120	0,0934	11,21
1	Balanza analítica	30	0,2461	7,38
1	Espectrofotómetro	30	0,1762	5,29
1	Incubadora	120	0,1370	16,44
1	Baño María	20	0,0695	1,40
				41,72
Cantidad	Descripción	Unidad	Valor Unitario \$	Valor Total \$
Materiales				
15	Matraz Erlenmeyer 100 ml de vidrio	U	2,20	33,00
12	Matraz Erlenmeyer 250 ml de vidrio	U	2,98	35,76
3	Matraz aforado 100ml t/plástico	U	6,05	18,15
1	Micropipeta Microlit 100-1000 µl volumen variable	U	85,00	85,00
4	Pipeta 10 ml	U	3,57	14,28
1	Piseta plástica 500ml	U	2,55	2,55
1	Punta Microlit 1000 µl paquete	U	20,00	20,00
1	Punta 10 a 200 µl con caja porta puntas amarillas	U	20,50	20,50
4	Matraz aforado 50ml t/plástico	U	7,30	29,2
2	Matraz aforado 10ml t/plástico	U	5,05	10,10
3	Vasos de precipitación 250 ml	U	3,00	9,00
1	Papel aluminio	U	2,25	2,25
1	Limpión industrial	M	3,13	3,13
1	Alcohol antiséptico	L	3,23	3,23
2	Agua destilada	L	1,50	3,00
1	Jabón liquido	L	1,75	1,75
				290,90
Reactivos				
12	Etanol	L	10	120
1	TPTZ 3g	G	450	450
1	Carbonato de sodio	G	65	65
1	Folin-Ciocalteu	MI	147	145
1	Ácido Gálico	G	135	135
				915
Material Bibliográfico y fotocopias.				
2	Esferos.	U	0,45	0,90

150	Impresiones.	U	0,5	7,50
1	Computadora	U	900	900
				908,40
Gastos varios				
610	Internet	Horas	0,10	61
20	Combustible	Días	12,00	240
20	Alimentación	Días	3	60
				361
Materia prima				
10	Amaranto	Kg	1	10
				10
TOTAL				2,527.02

Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

4.3. Investigación experimental

4.3.1. Diseño experimental

Para el diseño experimental y la optimización del amaranto (*Amaranthus spp.*) se utilizó el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.), de manera que la predicción del sistema posea el mayor rendimiento de polifenoles totales y actividad antioxidante. Se empleó el método superficie de respuesta para una optimización numérica a través de un diseño lineal, generando un modelo matemático que describe los cambios en las variables de cada extracto.

4.3.2. Factores de estudio

Las condiciones que se evaluaron son: concentración de etanol (A), tiempo (B) y temperatura de extracción (C), a la vez que el rendimiento de los parámetros del modelo codificado para la cantidad de polifenoles totales y del poder antioxidante reductor de hierro fueron las variables respuesta. Con 17 corridas establecidas por las combinaciones del software.

Tabla 6 Descripción del diseño superficie de respuesta

Factor	UM	TIPO	
Concentración de etanol	%	Numérico	60 etanol 75 etanol 90 etanol
Tiempo	H	Numérico	6 horas 15 horas 24 horas
Temperatura	°C	Nominal	30 °C 45 °C 60 °C

Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

Tabla 7 Representación de las corridas experimentales

Corridas	T(°C)	Tpo. (h)	Concentración etanol (%)
1	45	24	90
2	60	24	75
3	45	15	75
4	60	15	60
5	45	15	75
6	45	6	60
7	45	15	75
8	45	6	90
9	60	15	90
10	45	15	75
11	30	6	75
12	30	15	60
13	45	24	60
14	45	15	75
15	30	15	90
16	60	6	75
17	30	24	75

Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

CAPÍTULO IV
APLICACIÓN Y/O VALIDACION DE LA PROPUESTA

5.1. Resultado

En la actualidad se realizan diversas investigaciones dirigidas a la búsqueda de nuevas plantas que presenten compuestos bioactivos. A continuación, se exponen los resultados alcanzados de la investigación.

5.1.1. Perfil fitoquímico

Los resultados cualitativos de los componentes bioactivos del extracto etéreo, etanólico y acuoso de la planta de amaranto se evidencian en la tabla 8, los mismos que pueden ser de interés farmacológico, industrial y cosmetológico.

Tabla 8 *Perfil fitoquímico*

Metabolito	Ensayo	Extracto etéreo	Extracto etanólico	Extracto acuoso
Compuestos grasos	<i>Sudan</i>	+		
Alcaloides	<i>Dragendorff</i>	-	+	-
Agrupamiento lactónico	<i>Baljet</i>	++	-	
Triterpenos / esteroides	<i>Lieberman B.</i>	++	-	
Catequinas	<i>Catequinas</i>		+	
Resinas	<i>Resinas</i>		-	
Azúcares reductores	<i>Fehling</i>		-	-
Saponinas	<i>Espuma</i>		+++	-
Compuestos fenólicos	<i>Cloruro férrico (III)</i>		+++	+++
Aminoácidos libres / aminas	<i>Nihidrina</i>		+	
Quinonas / benzoquinonas	<i>Bortranger</i>		+++	
Flavonoides	<i>Shinoda</i>		+	+++
Glucósidos cardiotónicos	<i>Kedde</i>		-	
Mucílagos	<i>Mucílagos</i>			++
Principios amargos	<i>Principios amargos</i>			+++

+: Presencia +/-: Regular -: Ausencia

Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

Los ensayos del tamizaje fitoquímico de amaranto indicaron, que el extracto etanólico es el que contiene una gran diversidad de metabolitos (alcaloides, catequinas, aminoácidos libres / aminos, flavonoides); los mayoritarios fueron saponinas, compuestos fenólicos y quinonas / Benzoquinonas. El extracto acuoso mostro solo la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, principios amargos y mucílagos. El extracto etéreo contiene compuestos grasos, agrupamiento lactónico, triterpenos / esteroides.

Se presentó opalescencia (+) en el extracto etanólico para el ensayo de Dragendorff. Los compuestos fenólicos en el ensayo del Cloruro Férrico son derivados del pirocatecol (la coloración fue verde intensa y oscura) tanto en el extracto hidroalcohólico como en el acuoso.

Estos la investigación realizada por Guapi (2014) demuestra que la planta de amaranto posee una gran cantidad de compuestos bioactivos teniendo en el extracto etéreo de los granos y hojas de las dos variedades de amaranto contienen los siguientes metabolitos: triterpenos y esteroides, aceites y grasas. En el extracto alcohólico de las hojas y granos de las dos variedades de amaranto contiene los siguientes metabolitos: aminoácidos, tripterpenos y esteroides, flavonoides, antocinidinas, lactonas y coumarinas, azucares reductores, catequinas, fenoles y taninos. En el extracto acuoso de las hojas y granos de dos variedades de amaranto contienen los siguientes metabolitos: flavonoides, fenoles y taninos, azucares reductores, saponinas, principios amargos. En base a esta investigación se verifica los resultados obtenidos en nuestra experimentación demostrando que el amaranto posee una gran variedad de componentes bioactivos los mismos que concuerdan con la investigación mencionado.

5.1.2. Matriz experimental

Tabla 9 Matriz experimental para la evaluación de polifenoles y actividad antioxidante de la planta de amaranto.

Corridas	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Etanol (%)	Actividad antioxidante ($\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$)	Polifenoles totales (mg/g)
1	45	24	90	732,83	25,12
2	60	24	75	782,83	25,99
3	45	15	75	766,17	22,12
4	60	15	60	799,5	17,65
5	45	15	75	416,17	19,11
6	45	6	60	382,83	17,12
7	45	15	75	516,17	24,13
8	45	6	90	716,17	24,99
9	60	15	90	932,83	30,12
10	45	15	75	816,17	21,11
11	30	6	75	399,5	14,45
12	30	15	60	416,17	10,01
13	45	24	60	432,83	17,95
14	45	15	75	466,17	15,01
15	30	15	90	799,5	18,35
16	60	6	75	766,17	26,34
17	30	24	75	732,83	14,34

Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

La tabla 9 evidencia el contenido total de polifenoles y actividad antioxidante existente en los extractos hidroalcohólicos, las corridas se sometieron a diferentes condiciones (tiempo, temperatura y concentración de etanol). Las corridas con mayor concentración de polifenoles totales y actividad antioxidante fueron las de mayor, temperatura y concentración de etanol.

5.1.3. Modelo codificado de la cantidad de polifenoles totales

La Tabla 10 muestra la relevancia del análisis de regresión de la varianza y el coeficiente de estimación del contenido de la variable respuesta de polifenoles totales. Se aprecia que el modelo lineal es significativo, con un nivel de confianza de 95.0%, lo cual indica que existe una relación significativa entre la concentración de etanol y temperatura de extracción, con las variables dependientes del modelo. Las estadísticas R^2 mostraron que el modelo ajustado explica el 84,9% del cambio en el contenido total de polifenoles.

Tabla 10 *Parámetros del modelo codificado de la cantidad de polifenoles totales.*

Indicador	Polifenoles totales (mg/g)
Intercepto	20,23
XCPF	4,48*
XTIE	0,063
XTEE	5,37*
R2	0,849
R2 ajustado	0,815
R2 predicho	0,786
F modelo	24,47
F falta de ajuste	17,59
Precisión adecuada	0,20

CPF: concentración de etanol

TIE: tiempo de extracción

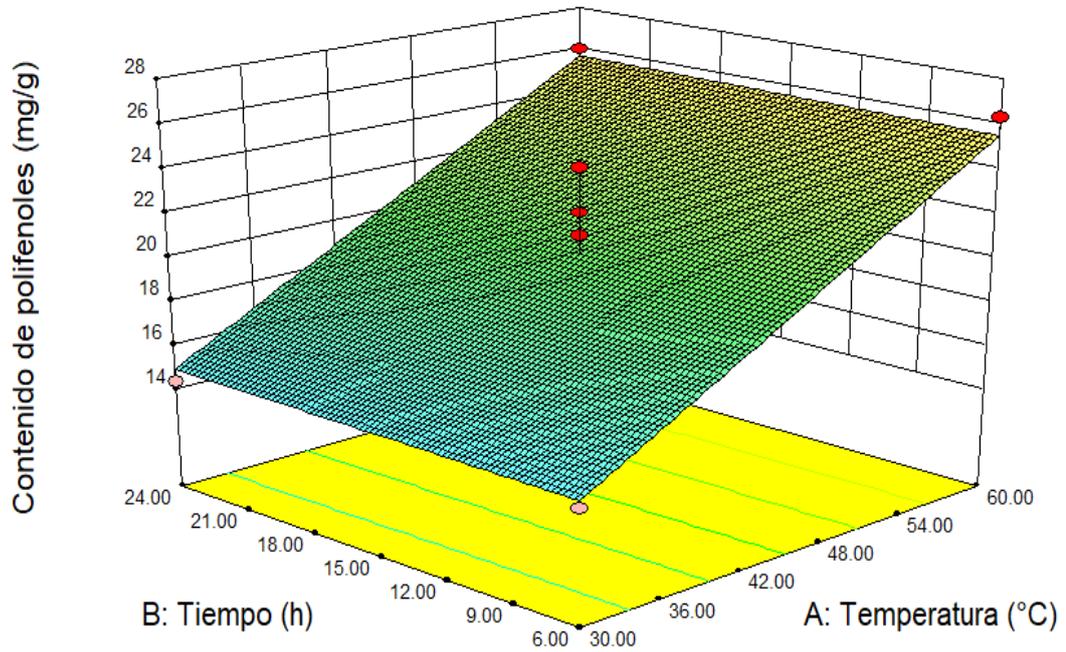
TEE: temperatura de extracción

Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

Conforme a los resultados visibles en la tabla 10, la relación de concentración de etanol y temperatura de extracción (A y C), son factores significativos ($\leq 0,02$), mientras que el tiempo de extracción no resulto significativo (B).

En el análisis de los factores se encontró que la concentración de etanol y la temperatura de extracción tienen el mayor impacto en la variable dependiente. De esta forma, se comprueba que la variabilidad de los coeficientes, la concentración de etanol y temperatura de extracción tendrán una relación directa en la determinación del contenido de polifenoles.

Gráfica 1 *Contenido de polifenoles totales*



Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

La gráfica 1 muestra que cuanto mayor es la concentración de etanol y temperatura de extracción, mayor es la concentración de polifenoles totales en el extracto de amaranto.

5.1.4. Modelo codificado del poder antioxidante reductor del hierro

La Tabla 11 muestra la relevancia del análisis de regresión de la varianza y el coeficiente de estimación del contenido de la variable respuesta del poder antioxidante reductor del hierro. Se aprecia que el modelo lineal es significativo, con un nivel de confianza de 95.0%, lo cual indica que existe una relación significativa entre la concentración de etanol y temperatura, con las variables dependientes del modelo. El estadígrafo R² indicó que el modelo ajustado explica el 71,2% de la variabilidad del poder antioxidante reductor del hierro.

Tabla 11 *Parámetros del modelo codificado del poder antioxidante reductor del hierro*

Indicador	Poder antioxidante reductor del hierro ($\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$)
Intercepto	639,70
X _{CPF}	166,67*
X _{TIE}	52,08
X _{TEE}	116,67*
R ²	0,712
R ² ajustado	0,598
R ² predicho	0,401
F modelo	4,94**
F falta de ajuste	0,42
Precisión adecuada	7,60

CPF: concentración de etanol

TIE: tiempo de extracción

TEE: temperatura de extracción

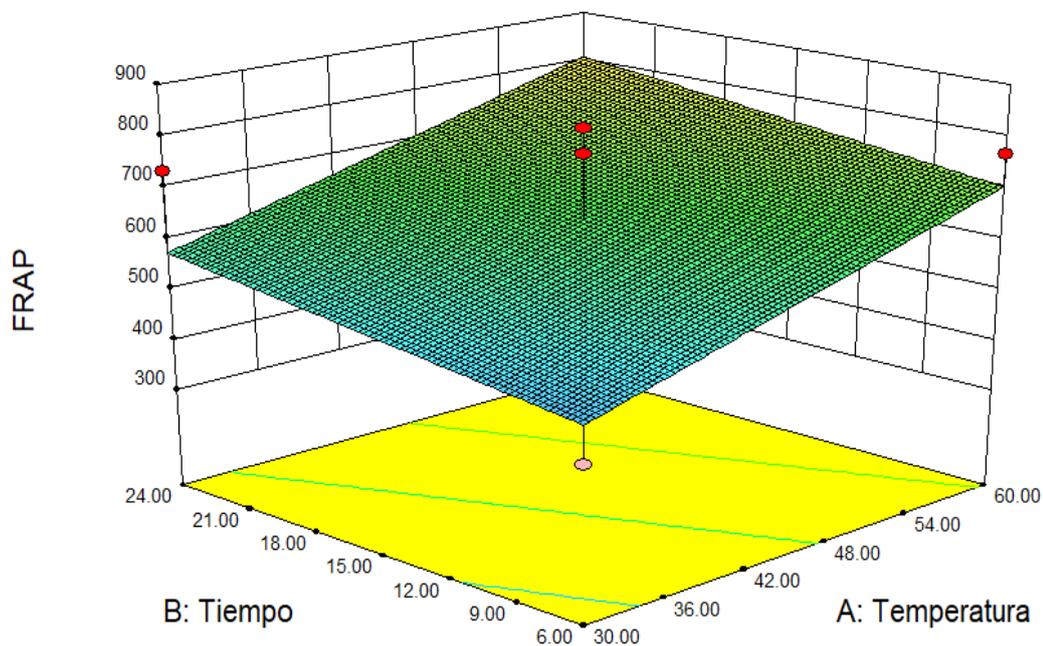
Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

De acuerdo con los resultados de la Tabla 11, la relación entre la concentración de etanol y la temperatura de extracción (A y C), es significativa ($\leq 0,02$), mientras que el tiempo de extracción no resulto significativo (B).

Al analizar las condiciones de concentración de etanol y temperatura de extracción se demuestra que poseen predominancia sobre la variable dependiente. Se refleja que la variabilidad de factores tendrá una relación directa al momento de determinar la actividad antioxidante.

La gráfica 2 demuestra que, a mayor concentración de etanol y temperatura, mayor es la concentración de actividad antioxidante reductor del hierro en el extracto de amaranto.

Gráfica 2 Contenido del poder antioxidante reductor del hierro



Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

De acuerdo con los datos obtenidos y la investigación realizada por López, López y Palou (2014) sobre la capacidad antioxidante de subproductos de semillas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*), observaron resultados más altos de capacidad antioxidante y fenólicos totales, en el caso de los extractos obtenidos con metanol y etanol, al 50%, seguido por las diluciones al 70% y, finalmente los resultados más bajos se obtuvieron en extractos obtenidos con los disolventes en grado absoluto (al 100%). En la investigación de las Propiedades antioxidantes y evaluación preliminar de la composición fitoquímica de diferentes partes anatómicas del amaranto realizada por Kraujalis y su grupo de investigación (2013) encontrado el principal componente antioxidante en diferentes extractos de amaranto, incluyendo hojas, tallos y semillas. Rodríguez y Tironi (2020) investigaron evaluación de harina de amaranto como ingrediente funcional antioxidante para la preparación de un producto similar leche con potencialidad de modular el estrés oxidativo, en donde llegaron a la conclusión que es posible diseñar alimentos a base de amaranto que contengan las concentraciones ideales de antioxidantes combinándolos con otros alimentos. El amaranto es una planta que posee metabolitos de gran importancia.

5.1.5. Optimización numérica del proceso de extracción hidroalcohólico de la droga cruda

La optimización numérica de la extracción se llevó a cabo bajo condiciones de las variables independientes (% etanol, tiempo y temperatura de extracción), de esta manera se podrá tener valores superiores los que fueron definidos por el programa Design Expert para el rendimiento de polifenoles totales y poder antioxidante reductor de hierro, presentes en la droga cruda de amaranto (Tabla 12).

Tabla 12 Restricciones para la optimización de la extracción.

Parámetro	Límite inferior	Límite superior	Criterio
Concentración de etanol (%)	60	90	Intervalo
Tiempo de extracción (h)	6	24	Intervalo
Temperatura de extracción	30	60	Intervalo
Polifenoles totales (mg/g)	10,01	30,12	Maximizar
Actividad antioxidante ($\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$)	382,833	932,833	Maximizar

Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

La Tabla 13 muestra la respuesta que predice el valor de las variables dependientes, se escogió la muestra de mayor significancia desde el punto de vista estadístico.

Tabla 13 Solución optimizada que cumple con las restricciones

Parámetro	Unidades	Solución
Concentración de etanol	%	89,99
Tiempo de extracción	H	22,56
Temperatura de extracción	°C	59,98
Polifenoles totales	mg/g	30,1209
Actividad antioxidante	$\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$	943,588
Conveniencia estadística		0,968

Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

En la tabla 14 se analiza los valores predichos por el programa Design Expert y los valores conseguidos por medio de la experimentación. Se demuestra que los valores experimentales del contenido de polifenoles totales son de 32,1006 mg/g y el poder antioxidante reductor del hierro de 944,014 $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$, fueron superiores a la predicción del programa.

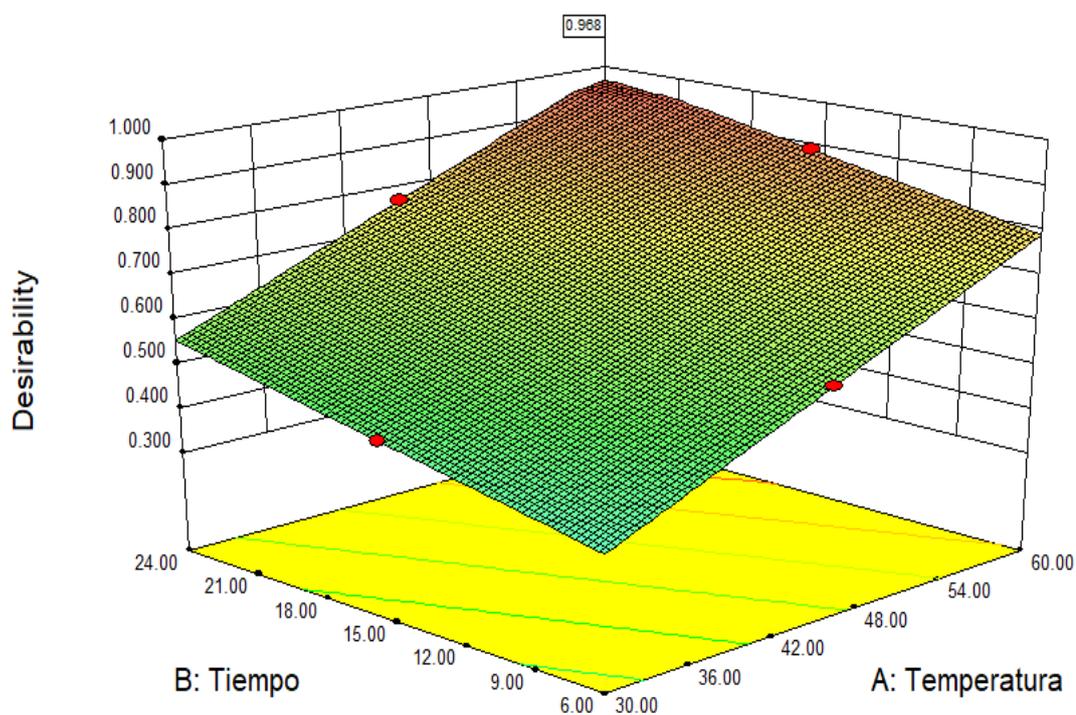
Tabla 14 Valores óptimos predichos y experimentales, obtenidos a las condiciones definidas en el proceso de optimización.

Parámetro	Valor predicho	Valor experimental
Polifenoles (mg/g)	30,1209	32,1006
Capacidad antioxidante ($\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$)	943,588	944,014

Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

Se optimizaron las variables respuesta (% etanol, temperatura y tiempo), una vez que fue definido el buen ajuste y adecuación del modelo. La gráfica 3 presenta la respuesta conseguida para la optimización de los factores de estudio. Las restricciones optimas que arrojó el programa es una concentración de etanol 89,99 %, tiempo 22,56 h y temperatura 59,98 °C, con una deseabilidad de 0,968, cercana al máximo de 1. A través de esta combinación, se consiguieron los siguientes valores: 30,1209 mg/g en el contenido de polifenoles totales y 943,588 $\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$ del poder antioxidante reductor del hierro de lo que hace relación a los picos más altos en la gráfica.

Gráfica 3 Relación del optimizado



Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

5.1.6. Caracterización del extracto optimizado

Tabla 15 Caracterización del extracto optimizado

Parámetros		Unidad	Extracto etanólico
Características sensoriales	Color	-	Verde oscuro
	Olor	-	Característico
	Aspecto	-	Opaco
	Homogeneidad	-	Si
Características fisicoquímicas	Antioxidante reductor de Fe	$\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$	944,014
	Polifenoles	mg/g	32,1006
	pH	-	4,9

Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

Los resultados de la evaluación del extracto optimizado del amaranto en la tabla 15, muestran las características organolépticas que presentó fue un color verde oscuro, lo cual puede estar atribuido por la solubilidad de las betacianinas en el alcohol. En el extracto se observó homogeneidad, un aspecto opaco y un aroma fragante a etanol.

Las características fisicoquímicas fueron en el antioxidante reductor de hierro de $944,014\mu\text{molFe}^{2+}/\text{g}$, un contenido de polifenoles de $32,1006\text{mg}/\text{g}$ y un pH de 4,9. Al no haber una investigación previa sobre la extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del amaranto (*Amaranthus spp.*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante, no podemos afirmar que los valores entran en un rango ya que aún no se han establecido límites sobre contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante, pero si se han realizado varias investigaciones sobre el amaranto.

5.2. Evaluación de expertos

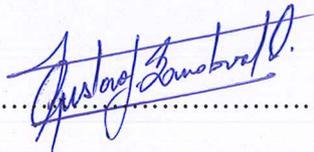
En calidad de Experto del Trabajo de Titulación “Extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del amaranto (*Amaranthus spp.*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante”, propuesto por Cevallos Carvajal Edwin Ramiro, como autor para optar por el título magíster en Agroindustria mención Tecnología de Alimentos.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación cumple con los objetivos, metodologías y resultados relacionados al tema propuesto, siendo una investigación interesante ya que se obtiene información acerca de polifenoles y capacidad antioxidante del amaranto, siendo un producto que en base a estudios es beneficioso para la salud humana.

Latacunga, 28 de noviembre de 2021

Atentamente,



.....
Gustavo Sandoval Cañas Mg

CC: 1713697538

5.3. Evaluación del usuario

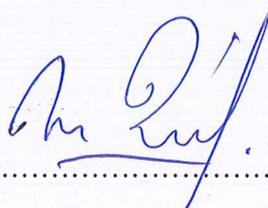
AVAL DEL USUARIO

Yo, **Marco Antonio Rivera Moreno** en calidad de **Director del Proyecto de Granos Andinos**, en la Universidad Técnica de Cotopaxi experiencia que he adquirido durante **once años como Docente Investigador**, certifico que el proyecto de titulación con el tema: **"EXTRACCIÓN HIDROALCOHÓLICA DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS DEL AMARANTO (*Amaranthus spp.*) EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE"** del Ing. Cevallos Carvajal Edwin Ramiro, estudiante del programa de Maestría en Agroindustria: Mención Tecnología en alimentos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, cumple con los parámetros científicos abordados en la investigación los mismos que muestran interés y será beneficioso tanto para la industria alimentaria como para el público en general, es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad.

Para cuyo efecto reconozco y acepto las disposiciones establecidas en las reglamentaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, 28 de octubre del 2021

Atentamente,



.....
Mg. Marco Antonio Rivera Moreno
Director del Proyecto de Granos Andinos UTC
C.I. 0501518955

5.4. Evaluación de impactos o resultados

5.4.1. *Técnicos*

El amaranto tiene compuestos activos de gran potencial para la industria alimentaria, ofrecen una alternativa como aditivo alimentario, dando la apertura a mejorar la calidad de los productos, sustituyendo los aditivos químicos o sintetizados.

5.4.2. *Sociales*

Es un impacto positivo para la industria, esta investigación permitirá conocer los compuestos bioactivos que posee la planta de amaranto; por lo cual, permitirá el desarrollo de productos innovadores que satisfagan las necesidades de la sociedad.

5.4.3. *Ambientales*

Los extractos contienen principios activos que se pueden sustituir por ciertos productos químicos o sintetizados, que son menos tóxicos para la salud y se degradan con facilidad. Durante la producción de los extractos se genera residuos contaminantes (papel filtro, papel industrial, envases, agua) que pudiese producir.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se detectó la presencia de fitocompuestos en la droga cruda de la planta de amaranto, evidenciando que los extractos contienen metabolitos secundarios, mostrando que el extracto etanólico es el que contiene una gran diversidad de metabolitos (alcaloides, catequinas, aminoácidos libres / aminos, flavonoides); los mayoritarios fueron saponinas, compuestos fenólicos y quinonas / Benzoquinonas. El extracto acuoso mostro solo la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, principios amargos y mucílagos. El extracto etéreo contiene compuestos grasos, agrupamiento lactónico, triterpenos / esteroides.
- Una vez realizadas las diferentes corridas experimentales se comprobó el mejor proceso de la extracción, obteniendo como resultado que con una concentración de etanol de 89,99 %, tiempo de 22,56 h y temperatura de extracción de 59,98°C, se demuestra un buen ajuste matemático. Se evidencio el proceso de optimización numérica extracción hidroalcohólica, mediante una comparación de valores experimentales en polifenoles totales (32,1006mg/g) y actividad antioxidante (944,014 μ molFe²⁺/g), con los valores obtenidos en los predichos de la optimización de polifenoles totales (30,1209mg/g) y actividad antioxidante (943,588 μ molFe²⁺/g). Los resultados obtenidos mediante la experimentación resultaron superiores a

los valores de la optimización numérica obtenida mediante la predicción del programa.

- Al valorar el extracto optimizado se logró determinar sensorialmente un color verde oscuro, homogéneo, opaco y un aroma intenso. Mientras tanto en las características fisicoquímicas se evidenció una actividad antioxidante de $944,014 \mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$, contenido de polifenoles de $31,1006 \text{mg/g}$ y un pH de 4,9.

6.2. Recomendaciones

- El secado de la planta está relacionado directamente con la cantidad de compuestos presentes por lo que se recomienda no exceder los 40° C debido a que al ser superior este tipo de temperatura los compuestos se destruyen y volatilizan.
- Apreciar en futuras investigaciones el tiempo de almacenamiento del extracto optimizado para garantizar la estabilidad de los principios activos en estudio, además almacenar el extracto en un frasco ámbar y en refrigeración.
- Considerar que algunos fenoles totales o polifenoles son fotosensibles, por lo que es recomendable realizar la cuantificación en espacios con poca luz visible para obtener la concentración de los polifenoles por espectrofotometría.
- En cuanto a la cuantificación de los posibles metabolitos secundarios, se recomienda el análisis por cromatografía líquida de alta eficiencia HPLC, o por cromatografía de gases GCFID ya que proporcionaría mayor información sobre los componentes del extracto del amaranto (*Amaranthus spp.*)

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Referencias

- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., & Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *UNAL*, 45(3), 438-469.
doi:<http://dx.doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>
- Algara , P., Gallegos, J., & Reyes, J. (2016). El amaranto y sus efectos terapéuticos. *Dialnet*, 7(21), 55-73. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/304251542_EL_AMARANTO_Y_SUS_EFECTOS_TERAPEUTICOS
- Arias, J., Zapata , K., Rojano, B., Peñuela, M., & Arias, M. (2017). Producción de glúcidos cardiotónicos, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en cultivos de células vegetales en suspensión de *Thevetia peruviana*. *SciElo*, 20(2), 353-362. doi:http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262017000200013&script=sci_abstract&tlng=es
- Arrieta , E., Arcón, A., Pérez, J., Aguilar, A., Alvarez, M., & Pérez, J. (2018). Fitoquímica de *Ambrosia artemisiifolia* L, *Croton conduplicatus* kunth, *Lantana camara* L, de la región norte de Colombia. *Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(30), 44-51. Obtenido de <https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/154>

- BBC News Mundo. (2019). Obtenido de Agenda Destacados:
<https://www.elmostrador.cl/agenda-pais/2019/08/14/que-son-los-flavonoides-por-que-son-buenos-y-en-que-alimentos-los-puedes-encontrar/>
- Bolívar, G. (2018). *Quinonas: propiedades, clasificación, obtención, reacciones*. Obtenido de Lifeder: <https://www.lifeder.com/quinonas/>
- Britez, M., Rolhaiser, F., Ana, R., & Romero, M. (2020). Incorporación de harina de amaranto para la obtención de bocaditos de carne con bajo contenido de grasa. *UTE*, 11(3), 35-45. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5722/572263177004/html/>
- Chamorro, R., Repo, R., Ccapa, K., & Quispe, F. (2018). Composición química y compuestos bioactivos de treinta accesiones de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Sociedad química de Perú*, 84(3), 362-373. Obtenido de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1222>
- Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *SciELO*, 42(2), 206-212. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>
- Cortés, E. (2015). El amaranto, planta originaria de México, vigente en el gusto de mexicanos. *Xinhuanet*. Obtenido de http://spanish.xinhuanet.com/2015-11/23/c_134842739.htm
- Díaz, M., Cazaña, Y., Pérez, Y., Valdivia, A., Prieto, M., & Lugo, Y. (2015). Evaluación cualitativa de metabolitos secundarios en extractos de variedades e híbridos de *Morus alba* L. (morera). *SciELO*, 20(3), 358-366. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962015000300010
- Dueñas, A., Castañeda, R., Martín, L., Ojito, K., & Guerra, J. (2020). Estudio fitoquímico de la especie endémica cubana *Zanthoxylum pseudodumosum*, una planta con potencial actividad antifúngica. *SciELO*, 32(3), 406-4019. Obtenido de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212020000300406

FAO. (2016). *El estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura en Ecuador*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/CA3493ES/ca3493es.pdf>

Flores-Martínez, H., Leon-Campos, C., Estarron-Espinosa, M., & Orozco-Avila, I. (2016). Optimización del proceso de extracción de sustancias antioxidantes a partir a partir del oregano mexicano (*Lippia graveolens* HBK) utilizando la metodología de superficie de respuesta (MSR). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(3), 773-785. Obtenido de <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=62048168009>

Fujifilm. (2017). *Productos vegetales en investigaciones biomédicas: las quinonas*. Obtenido de Fujifilm Wako Chemicals U.S.A Corporation: <https://www.wakolatinamerica.com/blog-reactivos/noticias-wako/post/quinonas-en-investigaciones-biomedicas/>

Gallegos, M. (2016). Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud, en la población rural de Babahoyo, Ecuador. *SciELO*, 77(4), 327-332. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832016000400002&script=sci_arttext

García, R., Cruz, F., Alarcón, F., Nieto, A., & Gallegos, M. (2019). Análisis fitoquímico cualitativo de los extractos acuosos de *Thalassia testudinum* Banks ex Köning et Sims de la localidad de Champotón, Campeche, México, durante el ciclo anual 2016-2017. *SciElo*(48), 151-168. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682019000200151

Garro, A., Cardona, W., Rojano, B., Robledo, S., & Alzate, F. (2015). Actividad antioxidante y citotóxica de extractos de *Pilea dauciodora* Wedd (Urticaceae). *SciElo*, 20(1), 88-97. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962015000100008

- Gobierno del Encuentro. (s.f.). *Ecuador, país inmenso en biodiversidad*. Obtenido de Gobierno del Encuentro: <http://www.biodiversidad.gob.ec/ecuador-pais-inmenso-en-biodiversidad/>
- González, L., Díaz, R., Castillo, C., Nieto, A., & Méndez, D. (2017). Compuestos fenólicos: presencia, identificación y propiedades antioxidantes en plantas y frutos. *Mexican journal of biotechnology*, 2(1), 46-64. Obtenido de <https://biblat.unam.mx/es/revista/mexican-journal-of-biotechnology/articulo/compuestos-fenolicos-presencia-identificacion-y-propiedades-antioxidantes-en-plantas-y-frutos>
- Googlemaps. (2021). Ubicación de la facultad de CAREN de la UTC. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Universidad+Tecnica+de+Cotopaxi/@-0.996117,-78.6249922,15.25z/data=!4m12!1m6!3m5!1s0x91d462563a35aa99:0xa3a059adae90fa63!2sUniversidad+Tecnica+de+Cotopaxi!8m2!3d-0.9994491!4d-78.6191374!3m4!1s0x91d462563a35aa99:0xa3a059ad>
- Gottau, G. (2020). *Todo sobre el amaranto: propiedades, beneficios y su uso en la cocina*. Obtenido de Vitónica: <https://www.vitonica.com/alimentos/todo-sobre-el-amaranto-propiedades-beneficios-y-su-uso-en-la-cocina>
- Grandes, G. (2015). *Caracterización morfológica y evaluación agronómica de 8 líneas de amaranto (amaranthus sp.) provenientes de Rusia en el barrio Tigualo (Salcedo) y en el barrio Las Manzanas (sigchos).*[Tesis-Ingeniería Agronomica; Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2538>
- Guapi, J. (2014). *Caracterización bromatológica y fotoquímica de los granos y hojas del chocho (Lupinus mutabilis Sweet), quinua (Chenopodium quinoa Willd), amaranto (Amaranthus caudatus L.) Y sangor ache (Amaranthus hybridus L.)*[UNACH]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/689>

- Hernández, S., Quiroz, C., Ramírez, M., Ronquillo, E., & Aguilar, M. (2020). Optimización del proceso de extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de *Justicia spicigera* Schltdl. mediante la metodología de superficie de respuesta. *Ciencias Químico Biológicas*, 23, 1-6. doi:<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.246>
- INEN 266. (2013). Norma Técnica Ecuatoriana. *Azúcar determinación del azúcar reductor*, 1-6. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/266-1R.pdf>
- INIAP. (s.f.). *Amaranto*. Obtenido de [eva.iniap](http://eva.iniap.gob.ec): <https://eva.iniap.gob.ec/web/oferta-tecnologica/amaranto/>
- Kraujalis, P., Venskutonis, P., Kraujalienė, V., & Pukalskas, A. (2013). Propiedades antioxidantes y evaluación preliminar de la composición fitoquímica de diferentes partes anatómicas del amaranto. *Springer*, 322-328. doi:<https://doi.org/10.1007/s11130-013-0375-8>
- Kumar, A. (2019). *¿Qué es el amaranto y para que sirve?* Obtenido de Amati: <https://www.amatifoods.com/que-es-el-amaranto-y-para-que-sirve/>
- Loor, J. (2020). *Desarrollo de un snack energético bajo en gluten a partir de la harina de arroz (*Oriza sativa* L.) con amaranto (*Amaranthus spp.*) y frutos secos [Ingeniero agrícola mención agroindustrial, Universidad Agraria Del Ecuador]*. Repositorio institucional. Obtenido de https://cia.uagraria.edu.ec/cia_inv_view.php?id=33736&option=view
- López, A., & Alonso, J. (2020). EL RESURGIMIENTO DE LA PLANTA *Amaranthus spp.* COMO CULTIVO POTENCIAL PARA LANUTRICIÓN HUMANA. *RD-ICUAP*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/340742244_THE_RETURN_OF_Amaranthus_spp_AS_A_POTENTIAL_CROP_FOR_HUMAN_NUTRITION
- Lopez, G. (2017). *Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de bioactivos y actividad antioxidante del quintonil (*Amaranthus hybridus*) cosechado en época de primavera y otoño*[Tesis de maestría- Maestro en ciencias;

Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio institucional.
Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11799/67782>

- López, O., López, A., & Palou, E. (2014). Capacidad antioxidante de subproductos de semillas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). *ALAN archivos latinoamericanos de nutrición*, 64(1). Obtenido de <https://www.alanrevista.org/ediciones/2014/1/art-7/>
- Luis, G., Hernández, B., Peña, V., Torres, N., Espinoza, V., & Ramírez, L. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (*Amaranthus* spp.). *Journal*, 3(6), 423-436. doi:<https://doi.org/10.19230/jonnpr.2410>
- Luisetti, J., Lucero, H., & Ciappini, M. (2020). Estudio preliminar para optimizar la extracción de compuestos fenólicos bioactivos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Dialnet*, 33(1), 94-99. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7488356>
- Lujano, E., Manganiello, L., Contenido, A., & Ríos, Á. (2019). Identificación y cuantificación de (+) - Catequinas y Procianidinas en cacao procedente de Ocumare de la Costa, Venezuela. *INGENIERÍA UC*, 26(2), 192-201. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/707/70760276008/html/>
- Mapes, E. (2015). El Amaranto. *Ciencia*, 10-15. Obtenido de http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Amaranto.pdf
- Naranjo, A., Quintejo, J., & Ciro, G. (2016). Optimización del proceso de lixiviación de los compuestos bioactivos de las semillas de *Bixa orellana* L. (annato). *Revista Cubana de plantas medicinales*, 22(4), 133-144. Obtenido de <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/634>
- Núñez, R., Quintana, L., Gutiérrez, R., Valdés, O., Gonzáles, K., Hernández, Y., . . . Ortiz, E. (2019). Optimización del proceso de extracción de compuestos fenólicos de la angiosperma marina *Thalassia testudinum*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(2), 101-107. doi:<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n2.74552>

- Peñaranda, I. (29 de mayo de 2017). *Función de los aminoácidos en plantas*.
Obtenido de Metroflor-agro: <https://www.metroflorcolombia.com/funcion-de-los-aminoacidos-en-plantas/>
- Pilco, S. (2021). *Elaboración de una bebida a base de granos andinos: Quinoa (Chenopodium quinoa) y Kiwicha (Amaranthus caudatus)*[Tesis Doctoral en Ciencias de alimentos;Universidad Nacional Agraria la Molina].
Repositorio institucional. Obtenido de
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4576>
- Pujol, A., Tamargo, B., Salas, E., Calzadilla, C., Acevedo, R., & Sierra, G. (2020). Tamizaje fitoquímico de extractos obtenidos de la planta Sapindus saponaria L que crece en Cuba. *Bionatura*, 1209-1214.
doi:<http://dx.doi.org/10.21931/RB/20120.05.03.7>
- Quintín, D. (2015). *Empleo de extractos naturales obtenidos de subproductos agroalimentarios en productos de V gama*[Tesis Doctorals en Xarxa; Universidad de Murcia]. Repositorio institucional. Obtenido de
<http://hdl.handle.net/10803/348881>
- Quiroz, J., & Magaña, M. (2015). Resinas naturales de especies vegetales mexicanas: usos actuales y potenciales. *Scielo*, 21(3), 171-183. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000300013
- Rivero, D. (2008). *Metodología de investigación*. Shalom. Obtenido de
<http://hdl.handle.net/123456789/106>
- Rodriguez, M., & Tironi, V. (2020). Evaluación de harina de amaranto como ingrediente funcional antioxidante para la preparación de un producto similar leche con potencialidad de modular el estrés oxidativo. *UNLP*, 7(2), 278-279. Obtenido de
<https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/11580>
- Sanhueza, J., Durán, S., & Torres, J. (2015). Los ácidos grasos dietarios y su relación con la salud. *Scielo*, 32(3), 1362-1375.
doi:<https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.3.9276>

- Soto, M. (2015). Estudio fitoquímico y cuantificación de flavonoides totales de las hojas de *Piper peltatum* L. y *Piper aduncum* L. procedentes de la región Amazonas. *Dialnet*, 6(1), 105-116. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5127582>
- Torres, O., Vallejos, A., & Castañeda, J. (2017). Productos a base de amaranto como alternativas nutricionales para la lonchera escolar y su importancia en el desarrollo infantil . *Holopraxis*, 1(2), 117-139. Obtenido de <https://revistaholopraxis.com/index.php/ojs/article/view/19>
- Trino, R., Grados, R., Gutierrez, M., Mamani, D., Perez, J., Magariños, W., . . . Gonzales , E. (2017). Evaluación del aporte nutricional del amaranto (*amaranthus*. *Scielo*, 5(2), 15-28. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-02652017000200003&lng=es&nrm=iso
- Valdez, E., & Cabrera , F. (2019). *Evaluación del efecto antihipertensivo de péptidos de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L) añadidos a pasta de trigo (Triticum aestivum L) con alto contenido de proteína obtenidos mediante la hidrólisis con alcalasa en un modelo murino*[Posgrado;UNISON]. Sistema de gestion de investigación. Obtenido de <http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/handle/unison/4246>
- Vázquez, A., Ovando, I., Adriano, L., Betancur, D., & Salvador, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *Scielo*, 66(3), 239-252. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222016000300010&script=sci_arttext&tlng=en
- Vega, A., De León, J., & Reyes, S. (2017). Determinación del Contenido de Polifenoles Totales, Flavonoides y Actividad Antioxidante de 34 Cafés Comerciales de Panamá. *Scielo*, 28(4), 29-36. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000400005>

- Velásquez, M., & Vélez, Y. (2020). Diseño Conceptual de una Planta de Extracción de Saponinas Presentes en el Jugo de Fique. *Scielo*, 25(1), 50-67. doi:<https://doi.org/10.14483/23448393.15298>
- Velastegui, A. (2016). *Desarrollo de un alimento Nutritivo y Energético tipo barra a partir de Moringa, Quinoa y Amaranto* [Tesis - Maestría en procesamiento y conservación de alimentos; Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12977>
- Velázquez, G., Collado, R., Cruz, R., Velasco, A., & Rosales, J. (2019). Reacciones de hipersensibilidad a aditivos alimentarios. *Alergia México ramM*, 66(3), 329-337. doi:<https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.613>
- Vélez, R., Armas, H., Jaramillo, C., & Vélez, E. (2018). Metabolitos secundarios, actividad antimicrobiana y letalidad de las hojas de *Cymbopogon citratus* (hierba luisa) y *Melissa officinalis* (toronjil). *FACSALUD-UNEMI*, 2(2), 31-39. doi:<https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol2iss2.2018pp31-39p>
- Villa, D., Osorio, M., & Villacis, N. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dialnet*, 6(2), 503-524. Obtenido de https://redib.org/Record/oai_articulo2635327-extracci%C3%B3n-propiedades-y-beneficios-de-los-muc%C3%ADlagos
- Villa, D., Osorio, M., & Villacís, N. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *Dialnet*, 6(2), 503-524. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398459>
- Yábar, E., Chirinos, R., & Campos, D. (2019). Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en tres ecotipos de maca (*Lepidium meyenii* Walp.) durante la pre-cosecha, cosecha y secado natural post-cosecha. *Scielo*, 10(1), 85-97. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.10>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1 Cultivos de amaranto en el campus de la Universidad Técnica de Cotopaxi



Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

Anexo 2 Selección y limpieza del amaranto



Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

Anexo 3 Secado del amaranto



Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

Anexo 4 Molido del amaranto y peaje de la droga cruda



Elaborado por: Autor

Anexo 5 Extractos hidroalcohólicos



Elaborado por: Autor (Cevallos; 2021)

GUÍA PARA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN POR EXPERTOS

Tema de Investigación: Extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del amaranto (*Amaranthus*) en función del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante

Nombre del Autor / Investigador: Edwin Ramiro Cevallos Carvajal

Experto Evaluador 1: Quim. Gustavo Sandoval Mg.

Perfil Profesional : Químico en Alimentos

Área de Desempeño : Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi

El trabajo de investigación será evaluado bajo la escala de Likert determinando los siguientes valores

Nivel de Likert	Significado	Rango de porcentaje de satisfacción del experto
1	Totalmente en Desacuerdo	0-20
2	En desacuerdo	20-40
3	Ni en acuerdo , Ni en desacuerdo	40-60
4	De acuerdo	60-80
5	Totalmente de Acuerdo	80-100

CRITERIOS DE EVALUACIÓN		Puntuación					Observaciones
		1	2	3	4	5	
CUALIDADES DEL TEMA	Importancia del problema					x	
	Originalidad					x	
	Interés al público					x	
	Factibilidad					x	
	Delimitación					x	
CUALIDADES TEORICAS-FUNDAMENTOS	Formulación del problema					x	
	Objetivos de la Investigación					x	
	Limitaciones del tema de investigación				x		
	Revisión literaria					x	
	Definición de términos						No aplica
	Sistema de variables						No aplica
	Sistema de Hipótesis					x	
CUALIDADES METODOLÓGICAS	Calculo de población y muestra						No aplica
	Diseño de la Observación / experimentación					x	
	Instrumentos aplicados					x	
	Aplicación de técnicas de recolección de datos					x	
	Recursos utilizados					x	
	Presentación y discusión de resultados					x	
CUALIDADES FORMALES	Lenguaje escrito					x	
	Presentación y estilo del documento					x	
	Bibliografía					x	
	Anexos					x	

Sugerencias del Experto Evaluador : Ninguna

Firma del experto Evaluador
Quim. Gustavo Sandoval Mg.
C.C. 1713697538



GUSTAVO JOSÉ SANDOVAL CAÑAS

Químico de Alimentos, con intereses en la docencia e investigación, comprometido con su trabajo y su familia. Soy una persona proactiva, bastante perceptivo y tolerante. Mi aspiración es desarrollarme en el ámbito profesional como personal. Tengo deseos de aprender y adaptarme a demandas laborales de diversas índoles. Me gusta perfeccionarme cada vez más. Tengo experiencia profesional en el área alimenticia, farmacéutica, docencia e investigación. Me gusta el fútbol y andar en bicicleta; leer y escuchar música.

DATOS PERSONALES

Domicilio: CA 0e1N SN C 5, Conjunto Residencial ATMEC. Quitumbe, Quito-Ecuador
 Teléfono: | 0998030813 (Celular) | 024515953 (Convencional) |
 E-mail: tavitosc@gmail.com

IDIOMAS

ESPAÑOL: Idioma materno
 PORTUGUÉS: INTERMEDIO SUPERIOR (CELPE-BRAS: Certificado de suficiencia en lengua portuguesa para extranjeros)
 INGLÉS: INTERMEDIO (cursando el programa de enseñanza de inglés de la comisión Fulbright, nivel 3).

FORMACIÓN ACADÉMICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
Maestría en Educación en Ciencias: Química de la Vida y Salud **2019**
 TESIS: ALIMENTOS FUNCIONALES Y SU POTENCIAL ANTIOXIDANTE: CONTEXTUALIZANDO LA QUÍMICA EN LA ACADEMIA.
 (Registro Senescyt No.: 0761143265)

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
Químico de Alimentos **2013**
 TESIS: DETERMINACIÓN DE AFLATOXINAS TOTALES EN MATRIZ DE CERALES: MAÍZ Y CEBADA
 (Registro Senescyt No. 1005-13-125441)

COLEGIO NACIONAL EXPERIMENTAL "JUAN PÍO MONTÚFAR"
Bachiller en Ciencias Químico Biológicas **2005**

EXPERIENCIA DOCENTE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI (CARRERA DE AGROINDUSTRIA)
DOCENTE OCASIONAL (TIEMPO COMPLETO) **08/04/2019 – Actualidad**

- Profesor de Química Inorgánica, Química Orgánica, Análisis e Interpretación Instrumental, Bioquímica, Microbiología y Física.
- Coordinador de la Cátedra Integradora de primer y tercer semestre, prácticas preprofesionales de vinculación.
- Participación en Proyecto de Investigación de Bebidas Ancestrales.
- Diseño de nuevas carreras.
- Educación continua.
- Docente de apoyo de investigación.

Anexo 8 Registro SENESYT del experto



Secretaría de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

Quito, 10/11/2021

CERTIFICADO DE REGISTRO DE TÍTULO

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESYT, certifica que SANDOVAL CAÑAS GUSTAVO JOSE, con documento de identificación número 1713697538, registra en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), la siguiente información:

Nombre: SANDOVAL CAÑAS GUSTAVO JOSE
Número de documento de identificación: 1713697538
Nacionalidad: Ecuador
Género: MASCULINO

Título(s) de tercer nivel de grado

Número de registro	1005-13-1254412
Institución de origen	UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
Institución que reconoce	
Título	QUIMICO DE ALIMENTOS
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2013-12-13
Observaciones	

Título(s) de cuarto nivel o posgrado

Número de registro	0761143265
Institución de origen	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA RIO GRANDE DEL SUR
Institución que reconoce	
Título	MASTER EN EDUCACION EN CIENCIAS: QUIMICA DE LA VIDA Y SALUD AREA DE CONCENTRACION: EDUCACION EN CIENCIAS
Tipo	Extranjero
Fecha de registro	2019-04-08
Observaciones	

OBSERVACIÓN:

- Los títulos de tercer nivel de grado ecuatorianos están habilitados para el ingreso a un posgrado.
- Los títulos registrados tanto nacionales como extranjero han sido otorgados por instituciones de educación superior vigentes al momento de la emisión de la titulación.
- El cambio de nivel de formación de educación superior de los títulos técnicos y tecnológicos emitidos por instituciones de educación superior nacionales se ejecutó en cumplimiento a la Disposición Transitoria Octava de la Ley Orgánica Reformatoria a la LOES, expedida el 2 de agosto de 2018.

IMPORTANTE: La información proporcionada en este documento es la que consta en el SNIESE, que se alimenta de la información suministrada por las instituciones del sistema de educación superior, conforme lo disponen los artículos 126 y 129 de la Ley Orgánica de Educación Superior y 56 de su Reglamento. El reconocimiento/registro del título no habilita al ejercicio de las profesiones reguladas por leyes específicas, y de manera especial al ejercicio de las profesiones que pongan en riesgo de modo directo la vida, salud y seguridad ciudadana conforme el artículo 104 de la Ley Orgánica de Educación Superior. Según la Resolución RPC-SO-16-No.256-2016.

En caso de detectar inconsistencias en la información proporcionada de titulaciones nacionales, se recomienda solicitar a la institución de educación superior nacional que emitió el título, la rectificación correspondiente y de ser una titulación extranjera solicitar la rectificación a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación.

Para comprobar la veracidad de la información proporcionada, usted debe acceder a la siguiente dirección:
www.educacionsuperior.gob.ec



Alexandra Navarrete Fuertes
Directora de Registro de Títulos

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



1713697538

Dirección: Alpallana E7-183 entre Av. Diego de Almagro y Whympar.
Código postal: 170158 / Quito Ecuador
Teléfono: 593-2 3934-300 / www.educacionsuperior.gob.ec

GENERADO: 10/11/2021 2.02 PM



Anexo 9 Aval de URKUND



Document Information

Analyzed document	extracción hidroalcohólica del amaranto edwincevallos.docx (D118238070)
Submitted	2021-11-11 15:45:00
Submitted by	Edwin Cevallos
Submitter email	edwin.cevallos@utc.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	gustavo.sandoval7538 utc@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	TESIS BULGARIN - JORDAN URKUND.docx Document TESIS BULGARIN - JORDAN URKUND.docx (D35368780)	2
SA	Trabajo de titulación_Adriana Sofia Ortega Rodríguez.docx Document Trabajo de titulación_Adriana Sofia Ortega Rodríguez.docx (D64894686)	1
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / extracto hidroalcohólico del mortiño.pdf Document extracto hidroalcohólico del mortiño.pdf (D117788113) Submitted by: karla.zurita8231@utc.edu.ec Receiver: gustavo.sandoval7538 utc@analysis.orkund.com	6

0502645435

Jaime Pajac