UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS:

Caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de *Stangea henrici* (Raíz Alto Andina) para su aplicación potencial en la agroindustria, Ayacucho.

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

Bach. Pool Pavel RODRIGUEZ HUACCACHI

ASESOR:

Msc. Eusebio DE LA CRUZ FERNÁNDEZ

AYACUCHO - PERÚ

2026

A la memoria de mi querida abuelita, Clara Ortega Gonzales, quien desde el cielo continúa acompañando mi camino. Fue ella quien me enseñó a conocer y valorar el chicuru, compartiendo conmigo un conocimiento que permaneció en mi memoria y que, con el tiempo, se convirtió en la inspiración para realizar esta investigación.

Este trabajo lleva consigo parte de sus enseñanzas, de sus recuerdos y del cariño con el que me acercó a este recurso de nuestra tierra.

A ella, con amor, gratitud y eterna memoria, dedico este trabajo.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, Eugenio Rodríguez y Daria Huaccachi, por su apoyo incondicional, esfuerzo y confianza a lo largo de mi formación profesional. A mis hermanos, por acompañarme y brindarme su apoyo durante las distintas etapas de este camino. A mi familia, mi profundo agradecimiento por haber sido un soporte fundamental para alcanzar esta meta.

Al Msc. Eusebio De La Cruz Fernández, asesor de la presente investigación, por su orientación, acompañamiento y aportes durante el desarrollo y culminación de este trabajo.

Al Dr. Enrique Javier Aguilar Felices, por su valioso acompañamiento y orientación durante la ejecución de los ensayos de caracterización fitoquímica, así como por compartir sus conocimientos y experiencia durante esta etapa de la investigación.

A CHIRAPAQ, Centro de Culturas Indígenas del Perú y a la Oficina de Cooperación y Relaciones Internacionales de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por el apoyo a través del programa de becas.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por las enseñanzas y conocimientos impartidos durante mi formación profesional.

RESUMEN

Stangea henrici, conocida localmente como chicuru, es una raíz altoandina de uso tradicional cuyo conocimiento y consumo muestran menor continuidad entre las nuevas generaciones. El objetivo fue caracterizar fitoquímica, nutricional y etnobotánicamente la raíz de *Stangea henrici* para evaluar su aplicación potencial en la agroindustria. La investigación fue aplicada, de nivel explicativo y diseño no experimental de corte transversal. La caracterización fitoquímica incluyó la determinación de fructooligosacáridos (FOS), fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante mediante DPPH, ABTS y FRAP. La composición nutricional se determinó mediante análisis químico proximal. Para la caracterización etnobotánica se encuestó a 25 pobladores y se recopilaron testimonios de cinco participantes.

La raíz presentó 32,13 ± 0,39 % de FOS, expresados como equivalentes de fructosa en materia seca; 5,52 ± 0,38 mg EAG/g MS de fenoles totales y 3,94 ± 0,21 mg EQ/g MS de flavonoides totales. La capacidad antioxidante fue de 14,27 ± 0,90 µmol TE/g MS mediante DPPH, 14,05 ± 0,73 µmol TE/g MS mediante ABTS y 57,07 ± 1,26 µmol TE/g MS mediante FRAP. En base seca, presentó 2,21 % de humedad, 97,79 % de materia seca, 5,07 % de proteína, 24,39 % de extracto etéreo, 4,72 % de cenizas, 7,79 % de fibra cruda y 55,82 % de carbohidratos totales, con un valor energético de 464,07 kcal/100 g.

Los resultados en la parte etnobotánica mostraron que el 80,0 % conocía el chicuru y el 20,0 % no lo conocía. Del conocimiento se observó principalmente entre adultos y personas de mayor edad. Entre quienes conocían el recurso, el 35,0 % indicó consumirlo actualmente y el 65,0 % haberlo consumido anteriormente. El uso principal fue alimentario (90,0 %), mediante el consumo crudo y en mazamorra, mientras que el 10,0 % mencionó usos tradicionales relacionados con el tratamiento de enfermedades. Los participantes mostraron disposición favorable hacia nuevos productos.

La *Stangea henrici* presentó características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas de interés para su potencial aplicación agroindustrial. Su contenido de FOS, compuestos fenólicos y flavonoides, capacidad antioxidante y uso alimentario tradicional sustentan continuar estudiando este recurso como materia prima para futuras alternativas de transformación.

Palabras clave: fructooligosacáridos, compuestos fenólicos, flavonoides, capacidad antioxidante, composición proximal.

ABSTRACT

Stangea henrici, locally known as chicuru, is a high-Andean root traditionally used as food, whose knowledge and consumption show lower continuity among younger generations. The objective of this study was to characterize the phytochemical, nutritional, and ethnobotanical properties of *Stangea henrici* root to evaluate its potential application in the agroindustry. This was an applied study with an explanatory level and a non-experimental, cross-sectional design. Phytochemical characterization included the determination of fructooligosaccharides (FOS), total phenolic compounds, total flavonoids, and antioxidant capacity using DPPH, ABTS, and FRAP assays. Nutritional composition was determined through proximate chemical analysis. For the ethnobotanical characterization, 25 residents were surveyed, and testimonies were collected from five participants.

The root showed 32.13 ± 0.39% FOS, expressed as fructose equivalents on a dry matter basis; 5.52 ± 0.38 mg GAE/g DM of total phenolic compounds; and 3.94 ± 0.21 mg QE/g DM of total flavonoids. Antioxidant capacity was 14.27 ± 0.90 µmol TE/g DM by DPPH, 14.05 ± 0.73 µmol TE/g DM by ABTS, and 57.07 ± 1.26 µmol TE/g DM by FRAP. On a dry basis, the root presented 2.21% moisture, 97.79% dry matter, 5.07% protein, 24.39% ether extract, 4.72% ash, 7.79% crude fiber, and 55.82% total carbohydrates, with an energy value of 464.07 kcal/100 g.

The ethnobotanical results showed that 80.0% of participants knew chicuru, whereas 20.0% did not. Knowledge was mainly observed among adults and older individuals. Among those familiar with the resource, 35.0% reported currently consuming it, while 65.0% reported having consumed it in the past. Its main use was as food (90.0%), particularly consumed raw or prepared as *mazamorra*, while 10.0% mentioned traditional uses related to the treatment of illnesses. Participants also showed a favorable disposition toward new products.

Stangea henrici showed phytochemical, nutritional, and ethnobotanical characteristics of interest for its potential agroindustrial application. Its FOS content, phenolic compounds, flavonoids, antioxidant capacity, and traditional food use support further research on this resource as a raw material for future processing alternatives.

Keywords: fructooligosaccharides, phenolic compounds, flavonoids, antioxidant capacity, proximate composition.

INTRODUCCIÓN

La región andina alberga una amplia diversidad de recursos vegetales que han sido utilizados tradicionalmente por las poblaciones locales con fines alimentarios. Sin embargo, diversos cultivos y especies nativas permanecen poco estudiados, pese al interés que pueden representar por su composición nutricional y la presencia de compuestos bioactivos. Esta situación plantea la necesidad de generar información científica que permita conocer sus características y establecer bases para su revaloración y posible aprovechamiento agroindustrial (Campos et al., 2009)

Entre estos recursos se encuentra *Stangea henrici*, conocida localmente como chicuru, una especie altoandina cuya raíz es aprovechada tradicionalmente como alimento. El estudio de este recurso adquiere importancia debido a que la información disponible sobre sus características fitoquímicas y nutricionales todavía es limitada. A ello se suma la necesidad de documentar los conocimientos asociados a su utilización, particularmente en poblaciones donde su reconocimiento y consumo forman parte de prácticas transmitidas entre generaciones.

Entre los componentes de interés para la caracterización de raíces andinas se encuentran los fructooligosacáridos (FOS), compuestos fenólicos y flavonoides. Los FOS son frútanos de cadena corta que han despertado interés en el campo de los alimentos por sus características funcionales. No obstante, la presencia de estos compuestos en una materia prima no permite atribuirle directamente una propiedad prebiótica, debido a que esta denominación requiere demostrar que el sustrato es utilizado selectivamente por microorganismos del huésped y que confiere un beneficio para la salud (Gibson et al., 2017)

Los compuestos fenólicos constituyen un grupo ampliamente distribuido de metabolitos secundarios de las plantas y presentan una considerable diversidad estructural. Su determinación permite ampliar el conocimiento fitoquímico de las materias primas vegetales y constituye un aspecto relevante en estudios relacionados con su capacidad antioxidante (Dai & Mumper, 2010) Asimismo, la evaluación de la capacidad antioxidante puede realizarse mediante diferentes métodos debido a que los ensayos responden a distintos mecanismos químicos. Por esta razón, el empleo de procedimientos como DPPH, ABTS y FRAP permite obtener información complementaria sobre el comportamiento antioxidante de una muestra vegetal (Huang et al., 2005)

En el estudio del chicuru, Campos et al. (2009) caracterizaron nutricional y funcionalmente raíces de *Stangea rhizanta* procedentes de Tinca, Ayacucho, evaluando

su composición proximal, fructooligosacáridos, azúcares, compuestos fenólicos, actividad antioxidante y minerales. Entre los FOS de cadena corta identificaron 1-kestosa y nistosa. Sin embargo, este antecedente corresponde a *Stangea rhizanta* y no a *Stangea henrici*; por ello, sus resultados constituyen una referencia comparativa y no pueden atribuirse directamente a la especie estudiada en la presente investigación.

Además de la caracterización fitoquímica y nutricional, el estudio del chicuru comprende una dimensión etnobotánica relacionada con el conocimiento de la población sobre el recurso, sus formas de consumo y sus usos tradicionales. La documentación de estos saberes permite comprender la relación entre la población y la especie, así como obtener información sobre la permanencia y transmisión del conocimiento entre generaciones. Este aspecto resulta relevante ante la menor continuidad del conocimiento y consumo del chicuru observada entre los participantes más jóvenes.

Desde una perspectiva agroindustrial, la caracterización de *Stangea henrici* constituye una etapa necesaria para identificar atributos que puedan resultar de interés para posteriores alternativas de transformación. La integración de sus características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas permite disponer de una base para evaluar su potencial como materia prima. Sin embargo, la presencia de determinados componentes no implica por sí sola una propiedad funcional ni garantiza su aplicación inmediata en alimentos procesados, por lo que son necesarios estudios posteriores de procesamiento, formulación e inocuidad.

Por lo expuesto, la presente investigación tuvo como objetivo caracterizar fitoquímica, nutricional y etnobotánicamente la raíz de *Stangea henrici* para evaluar su aplicación potencial en la agroindustria. Para ello, se determinaron fructooligosacáridos, fenoles totales, flavonoides y capacidad antioxidante mediante los métodos DPPH, ABTS y FRAP; asimismo, se evaluó su composición nutricional y se caracterizó el conocimiento etnobotánico asociado al chicuru. La información obtenida busca ampliar el conocimiento científico sobre esta raíz altoandina y proporcionar una base para su revaloración y futuras investigaciones orientadas a su aprovechamiento agroindustrial.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTO iii

RESUMEN iv

ABSTRACT v

INTRODUCCIÓN vi

I. PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN 1

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 1

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 2

1.2.1. Problema general 2

1.2.2. Problemas específicos 2

1.3. OBJETIVOS 3

1.3.1. Objetivo general 3

1.3.2. Objetivos específicos 3

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 3

1.4.1. Hipótesis general 3

1.4.2. Hipótesis específicas 3

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 3

1.5.1. Justificación teórica 3

1.5.2. Justificación práctica 4

1.5.3. Justificación social 4

1.5.4. Justificación económica 5

1.5.5. Justificación medioambiental 5

II. MARCO TEÓRICO 6

2.1. ANTECEDENTES 6

2.2. BASES TEÓRICAS 8

2.2.1. *Stangea henrici*: Generalidades 8

2.2.1.1. Clasificación taxonómica 9
2.2.1.2. Descripción botánica y morfológica 10
2.2.1.3. Distribución geográfica, hábitat y condiciones ecológicas de *Stangea henrici* 13
2.2.1.4. Caracterización Fitoquímica de *Stangea henrici* 13
2.2.1.4.1. Fructooligosacáridos (FOS) 14
2.2.1.4.2. Compuestos fenólicos totales 16
2.2.1.4.3. Flavonoides totales 18
2.2.1.4.4. Capacidad antioxidante.....20
2.2.1.4.4.1. Método DPPH 20
2.2.1.4.4.2. Método ABTS 22
2.2.1.4.4.3. Método FRAP.....23
2.2.1.5. Caracterización nutricional de la raíz de *Stangea henrici*.....26
2.2.1.5.1. Humedad y materia seca.....26
2.2.1.5.2. Proteína total 27
2.2.1.5.3. Extracto etéreo 27
2.2.1.5.4. Carbohidratos.....27
2.2.1.5.5. Fibra cruda 28
2.2.1.5.6. Cenizas totales.....28
2.2.1.5.7. Valor energético.....28
2.2.1.6. Caracterización Etnobotánica de *Stangea henrici*.....28
2.2.1.7. Aplicación potencial de la raíz de *Stangea henrici* en la agroindustria 29
III. MATERIAL Y MÉTODOS 32
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN 32
3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION.....33
3.2.1. Tipo de investigación 33
3.2.2. Nivel de investigación 33

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 34
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA....34
3.4.1. Población y muestra vegetal....34
3.4.2. Población y muestra etnobotánica....35
3.5. VARIABLES E INDICADORES 35
3.5.1. Variable independiente 35
3.5.1. Variable dependiente....36
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES....38
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS....39
3.7.1. Materiales y equipos....39
3.7.2. Recolección y preparación de la muestra de *Stangea henrici*....41
3.7.3. Caracterización fitoquímica de la raíz de *Stangea henrici*....41
3.7.3.1. Preparación de la muestra para la caracterización fitoquímica 41
3.7.3.2. Determinación de fructooligosacáridos (FOS)....41
3.7.3.3. Determinación de compuestos fenólicos totales 45
3.7.3.4. Determinación de flavonoides totales 48
3.7.3.5. Determinación de la capacidad antioxidante....51
3.7.3.5.1. Método DPPH....51
3.7.3.5.2. Método ABTS....54
3.7.3.5.3. Método FRAP 57
3.7.4. Caracterización nutricional de la raíz de *Stangea henrici*....60
3.7.5. Caracterización etnobotánica 61
3.8. Procesamiento y análisis de datos....62
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN 65
4.1. Contenido de fructooligosacáridos en la raíz de *Stangea henrici* 65
4.2. Contenido de fenoles totales en la raíz de *Stangea henrici*....67
4.3. Contenido de flavonoides totales en la raíz de *Stangea henrici*....69

4.4. Capacidad antioxidante de la raíz de *Stangea henrici* 72
4.4.1. Capacidad antioxidante mediante el método DPPH 72
4.4.2. Capacidad antioxidante mediante el método ABTS 73
4.4.3. Capacidad antioxidante mediante el método FRAP 75
4.5. Composición nutricional de la raíz de *Stangea henrici* 78
4.6. Caracterización etnobotánica de *Stangea henrici* 80
4.6.1. Características generales de los participantes 80
4.6.2. Conocimiento de *Stangea henrici* (chicuru) 81
4.6.3. Forma de adquisición del conocimiento sobre *Stangea henrici* 82
4.6.4. Usos atribuidos a *Stangea henrici* 83
4.6.5. Antecedentes de consumo de *Stangea henrici* 84
4.6.6. Formas de consumo de *Stangea henrici* 85
4.6.7. Parte utilizada de *Stangea henrici* 86
4.6.8. Grupos poblacionales asociados al consumo de *Stangea henrici* 87
4.6.9. Valor atribuido al chicuru en la comunidad 88
4.6.10. Aceptación de la elaboración de nuevos productos a partir de *Stangea henrici* 89
4.6.11. Conocimientos y prácticas tradicionales asociados al chicuru 89
4.7. Aplicación potencial de la raíz de *Stangea henrici* en la agroindustria 92
CONCLUSIONES 97
RECOMENDACIONES 98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 99
ANEXOS 103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Clasificación taxonómica de Stangea henrici* 9

Tabla 2 *Contenido de fructooligosacáridos en la raíz de Stangea henrici* 66

Tabla 3 *Contenido de fenoles totales en la raíz de Stangea henrici*.....68

Tabla 4 *Contenido de flavonoides totales en la raíz de Stangea henrici* 71

Tabla 5 *Capacidad antioxidante de la raíz de Stangea henrici determinada mediante DPPH*.....73

Tabla 6 *Capacidad antioxidante de la raíz de Stangea henrici determinada mediante ABTS*.....75

Tabla 7 *Capacidad antioxidante de la raíz de Stangea henrici determinada mediante FRAP* 76

Tabla 8 *Composición nutricional de la raíz de Stangea henrici* 78

Tabla 9 *Características generales de los participantes de la caracterización etnobotánica* 80

Tabla 10 *Conocimiento de Stangea henrici (chicuru) por los participantes* 81

Tabla 11 *Forma de adquisición del conocimiento sobre Stangea henrici* 82

Tabla 12 *Usos atribuidos a Stangea henrici por los participantes* 83

Tabla 13 *Antecedentes de consumo de Stangea henrici entre los participantes que conocen el recurso*.....84

Tabla 14 *Formas de consumo de Stangea henrici señaladas por los participantes* 85

Tabla 15 *Parte de Stangea henrici utilizada según los participantes*.....86

Tabla 16 *Grupos poblacionales asociados al consumo de Stangea henrici*.....87

Tabla 17 *Valor atribuido a Stangea henrici en la comunidad*.....88

Tabla 18 *Percepción sobre la elaboración de nuevos productos a partir de Stangea henrici* 89

Tabla 19 *Categorías identificadas en los testimonios sobre el conocimiento tradicional de Stangea henrici* 91

Tabla 20 *Evaluación de la aplicación potencial de Stangea henrici en la agroindustria*93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Stangea henrici (*chicuru*) en su hábitat natural*.....10

Figura 2 *Raíz de Stangea henrici* 12

Figura 3 *Estructuras químicas de los fructooligosacáridos (FOS)*.....16

Figura 4 *Principales clases y estructuras químicas de compuestos fenólicos*.....17

Figura 5 *Estructura química de la quercetina* 19

Figura 6 *Fundamento de la reacción del radical DPPH con un antioxidante*.....21

Figura 7 *Fundamento de la reacción del catión radical ABTS•+ con antioxidantes*.....23

Figura 8 *Fundamento de la reacción del método FRAP* 25

Figura 9 *Ubicación geográfica de la zona de estudio* 33

Figura 10 *Diagrama de flujo para la determinación espectrofotométrica de fructooligosacáridos (FOS) en la raíz de Stangea henrici.* 44

Figura 11 *Diagrama de flujo para la determinación de compuestos fenólicos totales* ..47

Figura 12 *Diagrama de flujo para la determinación de flavonoides totales* 50

Figura 13 *Diagrama de flujo para la determinación de la capacidad antioxidante mediante DPPH en la raíz de Stangea henrici.*.....53

Figura 14 *Diagrama de flujo para la determinación de la capacidad antioxidante mediante ABTS en la raíz de Stangea henrici.* 56

Figura 15 *Diagrama de flujo para la determinación de la capacidad antioxidante mediante FRAP en la raíz de Stangea henrici.* 59

Figura 16 *Curva de calibración de D-fructosa para la determinación de fructooligosacáridos* 65

Figura 17 *Curva de calibración de ácido gálico para la determinación de fenoles totales* 67

Figura 18 *Curva de calibración de quercetina para la determinación de flavonoides totales* 70

Figura 19 *Curva de calibración de Trolox para la determinación de la capacidad antioxidante mediante DPPH* 72

Figura 20 *Curva de calibración de Trolox para la determinación de la capacidad antioxidante mediante ABTS* 74

Figura 21 *Curva de calibración de Trolox para la determinación de la capacidad antioxidante mediante FRAP* 75

Figura 22 *Conocimiento de Stangea henrici (*chicuru*) por los participantes*.....81

Figura 23 *Forma de adquisición del conocimiento sobre Stangea henrici* 82

Figura 24 *Usos atribuidos a Stangea henrici por los participantes*.....83

Figura 25 *Antecedentes de consumo de Stangea henrici entre los participantes que conocen el recurso* 85

Figura 26 *Formas de consumo de Stangea henrici señaladas por los participantes*....86

Figura 27 *Grupos poblacionales asociados al consumo de Stangea henrici* 87

Figura 28 *Valor atribuido a Stangea henrici en la comunidad* 88

ANEXOS

ANEXO 1 *Instrumento de recolección de información etnobotánica* 103

ANEXO 2 *Validación del instrumento de recolección de información etnobotánica* ...104

ANEXO 3 *Constancia de autorización para la recolección de muestras y aplicación de encuestas etnobotánicas.* 105

ANEXO 4 *constancia de determinación y validación taxonómica* 106

ANEXO 5 *Base de datos de la caracterización etnobotánica de Stangea henrici* 107

ANEXO 6 *Evidencias fotográficas de la recolección de Stangea henrici* 109

ANEXO 7 *Evidencias fotográficas de la aplicación del instrumento etnobotánico*..... 110

ANEXO 8 *Registro fotográfico de selección, lavado, corte, secado, molienda y almacenamiento de la muestra destinada a los análisis fitoquímicos.* 113

ANEXO 9 *Determinación de fructooligosacáridos (FOS)* 114

ANEXO 10 *Determinación de fenoles totales* 115

ANEXO 11 *Determinación de flavonoides totales* 116

ANEXO 12 *Determinación de la capacidad antioxidante mediante DPPH*..... 117

ANEXO 13 *Determinación de la capacidad antioxidante mediante ABTS*..... 118

ANEXO 14 *Determinación de la capacidad antioxidante mediante FRAP* 119

ANEXO 15 *Constancia de análisis químico proximal de la raíz de Stangea henrici*...120

ANEXO 16 *Constancia de análisis fitoquímico de la raíz de Stangea henrici* 121

ANEXO 17 *Evidencias fotográficas de los análisis de laboratorio*.....123

ANEXO 18 *Cálculos complementarios de la caracterización fitoquímica y capacidad antioxidante*.....124

ANEXO 19 *Identificación y ubicación del área de recolección*.....127

ANEXO 20 *matriz de consistencia " Caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de Stangea henrici (Raíz Alto Andina) para su aplicación potencial en la agroindustria, Ayacucho."* 128

I. PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los ecosistemas altoandinos albergan una diversidad de recursos vegetales que han formado parte de la alimentación de las poblaciones locales. Sin embargo, varios de estos recursos continúan siendo poco estudiados y mantienen un aprovechamiento limitado fuera de sus zonas de origen. Esta situación reduce las posibilidades de conocer y valorar materias primas nativas que podrían presentar características de interés para la alimentación y para el desarrollo de alternativas de transformación agroindustrial.

Entre estos recursos se encuentra *Stangea henrici*, conocida localmente como chicuru o chicuro, una especie que crece en zonas altoandinas de Ayacucho y cuya raíz ha sido utilizada tradicionalmente como alimento. A pesar de su presencia y uso local, el conocimiento científico disponible sobre esta especie aún es limitado y se encuentra orientado a aspectos específicos. Huamaní García (2010), por ejemplo, estudió características de las semillas, germinación y crecimiento inicial de *Stangea henrici*, mientras que De La Cruz Fernández (2006) abordó la conservación *in situ* del chicuru en una comunidad de Ayacucho. Estos trabajos contribuyen al conocimiento de la especie, pero dejan abierta la necesidad de estudiar específicamente las características de su raíz desde una perspectiva agroalimentarea.

El interés por aprovechar el chicuru como recurso alimentareo también se refleja en experiencias de transformación alimentaria. De La Cruz Calderón y De La Cruz Calderón (2011) quienes evaluaron la incorporación de pulpa de chicuru en la elaboración de yogur, mostrando una posibilidad de utilización del recurso en un alimento procesado. No obstante, para plantear nuevas alternativas de aprovechamiento resulta necesario contar con información que permita conocer con mayor precisión las características de la materia prima y sustentar técnicamente su posible utilización.

En el aspecto nutricional y fitoquímico existe información relevante sobre el chicuru; sin embargo, uno de los principales estudios disponibles corresponde a *Stangea rhizanta*. Campos et al. (2009) determinaron en esta especie su composición nutricional, fructooligosacáridos, compuestos fenólicos y actividad antioxidante, entre otros componentes. Debido a que *Stangea rhizanta* y *Stangea henrici* corresponden a especies diferentes, estos resultados constituyen un referente importante, pero no pueden ser atribuidos directamente a la raíz estudiada en la presente investigación. Por

ello, persiste la necesidad de generar información específica sobre las características fitoquímicas y nutricionales de *Stangea henrici*.

A esta limitación se suma la necesidad de documentar el conocimiento que conserva la población sobre el chicuru. Su reconocimiento, formas de consumo, preparación y utilización forman parte de conocimientos asociados a las comunidades que tradicionalmente han tenido contacto con el recurso. Conocer estos aspectos permite complementar los análisis de laboratorio con la dimensión etnobotánica y comprender la relación existente entre la población y la especie, especialmente frente a los posibles cambios en la continuidad de estos conocimientos y prácticas entre generaciones.

En consecuencia, existe una limitada información científica que integre las características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas de la raíz de *Stangea henrici*. Esta brecha dificulta valorar integralmente el recurso e identificar, con sustento científico, características que puedan resultar de interés para su aplicación potencial en la agroindustria. Por esta razón, resulta necesario caracterizar la raíz de *Stangea henrici* procedente de Pallcca, distrito de Sacsamarca, provincia de Huanca Sancos, Ayacucho, mediante la evaluación de sus características fitoquímicas y nutricionales y la documentación del conocimiento etnobotánico local, generando información que permita evaluar su potencial de aprovechamiento agroindustrial.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son las características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas de la raíz de *Stangea henrici* para su aplicación potencial en la agroindustria?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuáles son las características fitoquímicas de la raíz de *Stangea henrici*?

¿Cuáles son las características nutricionales de la raíz de *Stangea henrici*?

¿Cuáles son las características etnobotánicas de la raíz de *Stangea henrici* en la población de la zona de estudio?

¿Cuál es la aplicación potencial de la raíz de *Stangea henrici* en la agroindustria a partir de sus características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Caracterizar fitoquímica, nutricional y etnobotánicamente la raíz de *Stangea henrici* para evaluar su aplicación potencial en la agroindustria.

1.3.2. Objetivos específicos

Caracterizar fitoquímicamente la raíz de *Stangea henrici*.

Caracterizar nutricionalmente la raíz de *Stangea henrici*.

Caracterizar etnobotánicamente la raíz de *Stangea henrici* en la población de la zona de estudio.

Evaluar la aplicación potencial de la raíz de *Stangea henrici* en la agroindustria a partir de sus características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas.

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Hipótesis general

La raíz de *Stangea henrici* presenta características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas que permiten identificar su aplicación potencial en la agroindustria.

1.4.2. Hipótesis específicas

La raíz de *Stangea henrici* presenta características fitoquímicas.

La raíz de *Stangea henrici* presenta características nutricionales.

La raíz de *Stangea henrici* se encuentra asociada a conocimientos etnobotánicos relacionados con su reconocimiento, consumo, formas de uso y valoración por parte de la población de la zona de estudio.

Las características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas de la raíz de *Stangea henrici*, analizadas de manera conjunta, permiten identificar aspectos de interés para su aplicación potencial en la agroindustria.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Justificación teórica

La presente investigación se justifica teóricamente por la necesidad de ampliar el conocimiento científico sobre la raíz de *Stangea henrici*, recurso vegetal altoandino cuya información respecto a sus características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas aún es limitada. Su caracterización permitirá generar información específica de la

especie y contribuir al conocimiento de sus propiedades y posibilidades de aprovechamiento.

La determinación de fructooligosacáridos, fenoles totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante, conjuntamente con la caracterización nutricional, permitirá disponer de evidencia analítica propia de *Stangea henrici*. Como antecedente comparativo, (Campos et al., 2009) caracterizaron nutricional y funcionalmente la raíz de *Stangea rhizanta*, procedente de Tinca, Ayacucho, y reportaron la presencia de fructooligosacáridos de cadena corta, compuestos fenólicos, actividad antioxidante, fibra dietaria y minerales. Debido a que estos resultados corresponden a *Stangea rhizanta*, no pueden atribuirse directamente a *Stangea henrici*, lo que refuerza la necesidad de generar información específica para la especie objeto de la presente investigación.

1.5.2. Justificación práctica

Desde el punto de vista práctico, la caracterización fitoquímica y nutricional de la raíz de *Stangea henrici* permitirá disponer de información técnica para evaluar sus posibilidades de aprovechamiento como materia prima agroindustrial. (De La Cruz Calderón & De La Cruz Calderón, 2011) evaluaron la incorporación de pulpa de chicuru en concentraciones de 2, 6 y 10 % para la elaboración de yogur prebiótico, considerando características fisicoquímicas, sensoriales, reológicas y microbiológicas. Este antecedente evidencia que *Stangea henrici* ha sido considerada previamente como ingrediente para la elaboración de un producto alimentario procesado.

Los resultados de la presente investigación podrán constituir una base para estudios posteriores relacionados con el procesamiento, formulación y desarrollo de productos derivados de *Stangea henrici*. En este sentido, la investigación no pretende desarrollar ni validar un producto agroindustrial específico, sino caracterizar el recurso y generar información que permita evaluar técnicamente su potencial de aplicación en la agroindustria.

1.5.3. Justificación social

La investigación presenta relevancia social porque incorpora y documenta el conocimiento etnobotánico de los pobladores de la comunidad de Pallcca relacionado con *Stangea henrici*. La recopilación de información sobre el conocimiento del recurso, formas de consumo, preparación y usos tradicionales permite registrar saberes locales asociados al chicuru. En este sentido, (De La Cruz Fernández, 2006) destacó la importancia de los conocimientos de las comunidades vinculados al uso y conservación

de *Stangea henrici*, así como la participación de la población local en la conservación del recurso.

La documentación de estos conocimientos adquiere importancia ante la posibilidad de una menor continuidad de su transmisión entre generaciones. Asimismo, la integración de la información proporcionada por la población con la caracterización fitoquímica y nutricional permite abordar el recurso de manera integral, considerando tanto sus características analíticas como el contexto social y cultural en el que ha sido tradicionalmente conocido y aprovechado.

1.5.4. Justificación económica

Desde la perspectiva económica, la caracterización de *Stangea henrici,* constituye una etapa inicial para evaluar futuras alternativas de valorización de la raíz como materia prima agroindustrial. La disponibilidad de información sobre sus características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas puede proporcionar fundamentos para posteriores investigaciones orientadas a su transformación y al desarrollo de productos con valor agregado.

Debido al alcance de la presente investigación, no se pretende demostrar la rentabilidad comercial del recurso ni cuantificar posibles beneficios económicos derivados de su aprovechamiento.

1.5.5. Justificación medioambiental

Desde el punto de vista medioambiental, el estudio de *Stangea henrici* contribuye a generar y sistematizar información sobre un recurso vegetal asociado a ecosistemas altoandinos. De La Cruz Fernández (2006) abordó la conservación *in situ* de esta especie en la microcuenca de Caracha, Ayacucho, destacando la importancia de generar conocimiento sobre el recurso y fortalecer acciones orientadas a su conservación. En este contexto, conocer sus características y las formas en que es reconocido y aprovechado por la población constituye una base para su valoración y para futuras investigaciones orientadas a su manejo y conservación.

La presente investigación no evalúa directamente el impacto ambiental asociado a la extracción de *Stangea henrici*, su capacidad de regeneración, dinámica poblacional ni sistemas de cultivo. Por ello, los resultados no permiten establecer condiciones de aprovechamiento sostenible, pero constituyen información de base para investigaciones posteriores orientadas a su conservación, manejo y eventual aprovechamiento agroindustrial.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Campos et al. (2009), en el artículo *Nutritional and functional characterisation of Andean chicuru (Stangea rhizanta)*, publicado en *Food Chemistry*, realizaron la caracterización nutricional y funcional de raíces de chicuru procedentes de la comunidad rural de Tinca, Ayacucho, ubicada aproximadamente a 4000 m s. n. m. Los autores evaluaron la composición proximal, fibra dietaria, fructooligosacáridos y azúcares, minerales, compuestos fenólicos y actividad antioxidante. Entre los fructooligosacáridos de cadena corta identificaron 1-kestosa y nistosa, además de estudiar diferentes componentes fenólicos y la actividad antioxidante de la raíz. Este trabajo constituye un antecedente relevante para la presente investigación por abordar componentes nutricionales y fitoquímicos relacionados con los analizados en el presente estudio. Sin embargo, es necesario precisar que (Campos et al., 2009) estudiaron *Stangea rhizanta* y no *Stangea henrici*; por consiguiente, sus resultados no pueden atribuirse directamente a la especie objeto de esta investigación y son considerados únicamente como referencia comparativa.

De La Cruz Calderón & De La Cruz Calderón (2011), en la tesis *Efecto de la adición de pulpa de chicuru (Stangea henrici) a diferentes concentraciones en las características fisicoquímicas y sensoriales del yogurt prebiótico*, estudiaron una alternativa de aprovechamiento alimentario de *Stangea henrici*. Las autoras incorporaron pulpa de chicuru en concentraciones de 2, 6 y 10 % y evaluaron las características fisicoquímicas, sensoriales, reológicas y microbiológicas del producto obtenido. La evaluación sensorial se realizó con 45 jueces no entrenados mediante una escala hedónica de cinco puntos y los resultados fueron analizados mediante la prueba de Friedman. La formulación elaborada con 2 % de pulpa de chicuru presentó la mayor aceptación sensorial. Para este tratamiento se reportaron contenidos de 2,28 % de proteína, 3,52 % de grasa, 0,043 % de fibra, 17,6 % de carbohidratos y 0,33 % de cenizas. Este antecedente resulta de interés porque evidencia una experiencia de incorporación de *Stangea henrici* como ingrediente en una matriz alimentaria procesada, constituyendo una referencia para evaluar posteriores alternativas de aprovechamiento agroindustrial de la especie.

Huamaní García (2010), en la tesis *Morfología de la semilla, germinación y crecimiento inicial de la plántula del chicuru (Stangea henrici) bajo condiciones de laboratorio - Ayacucho 2750 msnm*, estudió semillas de *Stangea henrici* procedentes de Chuychunka, Saywamarca y Waraqupata, localidades ubicadas a 4280, 4170 y 4010 m

s. n. m., respectivamente, en el distrito de Huancapi, provincia de Fajardo, Ayacucho. La investigación estuvo orientada al estudio de la morfología de la semilla, su comportamiento durante la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas bajo condiciones de laboratorio. Este trabajo aporta información específica sobre las características biológicas de *Stangea henrici* y evidencia su presencia en ambientes altoandinos de Ayacucho. No obstante, debido a la orientación morfológica y germinativa de la investigación, no aborda conjuntamente la composición fitoquímica y nutricional de la raíz ni el conocimiento etnobotánico asociado a su aprovechamiento.

De La Cruz Fernández (2006), en la investigación *Aportes para la conservación in situ del "chicuru" (Stangea henrici Graebn.) en la microcuenca de Caracha, comunidad campesina Tinca, provincia Víctor Fajardo - región Ayacucho*, estudió *Stangea henrici* desde una perspectiva relacionada con su conservación y con los conocimientos mantenidos por la población local. La investigación recopiló información referente al conocimiento del chicuru, localización del recurso, propiedades atribuidas, formas de utilización y frecuencia de uso; asimismo, consideró características de las plantas y ecotipos encontrados en el ámbito de estudio. Entre las recomendaciones del trabajo se planteó continuar las investigaciones sobre el chicuru, particularmente aquellas orientadas al estudio fitoquímico cuantitativo. Este antecedente presenta especial relación con la presente investigación debido a que aborda directamente *Stangea henrici* en Ayacucho e incorpora el conocimiento de la población como parte del estudio del recurso, proporcionando una base importante para la caracterización etnobotánica desarrollada en esta investigación.

En conjunto, los antecedentes revisados muestran diferentes aproximaciones al estudio del chicuru. (Campos et al., 2009) aportan información analítica sobre la composición nutricional y funcional de *Stangea rhizanta*, mientras que los trabajos de (De La Cruz Calderón & De La Cruz Calderón, 2011), (Huamaní García, 2010) y (De La Cruz Fernández, 2006) corresponden directamente a *Stangea henrici* y abordan aspectos relacionados con su aprovechamiento alimentario, características biológicas, conservación y conocimiento tradicional, respectivamente.

A pesar de estos aportes, la información disponible sobre *Stangea henrici* permanece fragmentada entre diferentes áreas de estudio. No se evidencia, entre los antecedentes revisados, una investigación que integre en una misma evaluación la determinación de fructooligosacáridos, fenoles totales, flavonoides totales, capacidad antioxidante, composición nutricional y caracterización etnobotánica de la especie. Esta brecha sustenta la necesidad de generar información específica e integrada sobre la raíz de

Stangea henrici, que permita ampliar su conocimiento científico y proporcionar fundamentos para evaluar su aplicación potencial en la agroindustria.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. *Stangea henrici*: Generalidades

Stangea henrici, conocida comúnmente como chicuro o chicuru, es una especie vegetal asociada a ambientes altoandinos y aprovechada tradicionalmente por su raíz. En el departamento de Ayacucho se ha registrado su presencia en localidades ubicadas por encima de los 4000 m s. n. m. (Huamaní García, 2010) estudió material procedente de Chuychunka, Saywamarca y Waraqupata, localidades del distrito de Huancapi, provincia de Fajardo, situadas a 4280, 4170 y 4010 m s. n. m., respectivamente. Estas condiciones evidencian la presencia de la especie en ambientes característicos de las zonas altoandinas de Ayacucho.

La especie presenta un desarrollo prolongado bajo condiciones naturales. De acuerdo con (Huamaní García, 2010), la formación de una raíz apta para el consumo puede requerir entre tres y cinco años. Durante su desarrollo, la formación de inflorescencias se presenta aproximadamente entre el tercer y cuarto año, mientras que las plantas de mayor edad alcanzan la etapa de producción y dispersión de semillas. Estas características del ciclo de desarrollo deben considerarse al analizar la disponibilidad del recurso y ante futuras propuestas relacionadas con su manejo y aprovechamiento.

La raíz constituye la parte de mayor interés alimentario de *Stangea henrici*. Su aprovechamiento se encuentra relacionado con prácticas tradicionales de las poblaciones que conocen el recurso, particularmente en comunidades altoandinas de Ayacucho. (De La Cruz Fernández, 2006) documentó conocimientos locales relacionados con la ubicación del chicuru, sus formas de utilización, frecuencia de uso y propiedades atribuidas por los pobladores de la microcuenca de Caracha. Esta relación entre el recurso y la población constituye un elemento importante para comprender su importancia etnobotánica y la necesidad de conservar los conocimientos asociados a su aprovechamiento.

Además de su utilización tradicional, *Stangea henrici* ha sido considerada como materia prima para la elaboración de alimentos procesados. (De La Cruz Calderón & De La Cruz Calderón, 2011) incorporaron pulpa de chicuru en concentraciones de 2, 6 y 10 % en la elaboración de yogur prebiótico y evaluaron las características fisicoquímicas y sensoriales del producto. Este antecedente muestra que la raíz puede ser incorporada como ingrediente en una matriz alimentaria y constituye una referencia para el estudio

de posteriores alternativas de aprovechamiento agroindustrial. La existencia y características generales de esta investigación se encuentran registradas en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Centro del Perú (De La Cruz Calderón & De La Cruz Calderón, 2011)

En relación con otras especies conocidas como chicuru, (Campos et al., 2009) estudiaron la composición nutricional y funcional de *Stangea rhizanta*. Los autores evaluaron fructooligosacáridos, fibra dietaria, minerales, compuestos fenólicos y actividad antioxidante. Este estudio constituye una referencia importante para comprender el interés científico existente en raíces andinas conocidas con esta denominación.

2.2.1.1. Clasificación taxonómica

La muestra recolectada en el centro poblado de Pallcca fue identificada como *Stangea henrici* Graebn. Según la Constancia de Determinación y Validación Taxonómica emitida por la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. La clasificación se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de Stangea henrici

Categoría taxonómica	**Clasificación**
Reino	Plantae
División	Tracheophyta (Magnoliophyta)
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Metaclamídea
Orden	Dipsacales
Familia	Caprifoliaceae (subfam. Valerianoideae)
Género	*Stangea*
Especie	*Stangea henrici* Graebn
Nombre vulgar	Chicuru, Chicuro.

Nota. Clasificación correspondiente a la determinación y validación taxonómica del material vegetal utilizado en la investigación, realizada por el Dr. Rolando Bautista Gomez, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (2026). La constancia de determinación y validación taxonómica se presenta en el Anexo 4.

Figura 1

*Stangea henrici (*chicuru*) en su hábitat natural*



Nota. Ejemplar de *Stangea henrici* registrado en la zona de estudio, Pallcca, distrito de Sacsamarca, provincia de Huanca Sancos, Ayacucho.

2.2.1.2. Descripción botánica y morfológica

Stangea henrici, es una especie herbácea de porte reducido y hábito arrosetado, característica de ecosistemas altoandinos. Su desarrollo se encuentra asociado principalmente al piso ecológico puna, donde puede encontrarse aproximadamente entre los 3800 y 4400 m s. n. m., bajo condiciones ambientales caracterizadas por bajas temperaturas y otras restricciones propias de las zonas altoandinas (Huamaní García, 2010).

Morfológicamente, la especie presenta una parte aérea de escaso desarrollo en comparación con su estructura subterránea. Huamaní García (2010) la describe como una planta herbácea pequeña y arrosetada, cuya parte aérea alcanza aproximadamente 2 cm de altura. El tallo es muy corto y delgado, característica que determina que las hojas se dispongan próximas a la superficie del suelo formando una roseta.

Las hojas son pecioladas, de superficie rugosa y se disponen en forma de roseta. Presentan forma triangular, con limbo ovalado y borde entero. Se ha reportado la presencia aproximada de 11 a 13 hojas por planta (Huamaní García, 2010). Estas características contribuyen al aspecto compacto de la parte aérea de la especie y constituyen elementos morfológicos útiles para su reconocimiento en campo.

En cuanto a las estructuras reproductivas, *Stangea henrici* desarrolla inflorescencias en forma de cabezuelas constituidas por numerosas flores agrupadas densamente y acompañadas por brácteas. Las flores son hermafroditas, predominantemente blancas

y algunas pueden presentar tonalidades púrpuras o violetas en sus bordes; asimismo, presentan corola de forma tubular (Huamaní García, 2010). De La Cruz Calderón y De La Cruz Calderón (2011) reportaron entre 41 y 91 flores en las plantas evaluadas, evidenciando la presencia de numerosas estructuras florales dentro de las inflorescencias.

La estructura subterránea constituye uno de los rasgos más distintivos de la especie y, desde el punto de vista alimentario, representa su principal órgano de interés. La raíz ha sido descrita como tuberosa, pivotante, axonomorfa y de color blanco, con capacidad de desarrollarse incluso en suelos de limitada fertilidad bajo condiciones silvestres. Las referencias recopiladas por Huamaní García (2010) señalan longitudes aproximadas entre 5 y 12 cm para este órgano.

Huamaní García (2010), al evaluar 295 raíces maduras procedentes de plantas de aproximadamente tres a cinco años, determinó una longitud promedio de 6,36 cm, un ancho promedio de 1,69 cm y un peso promedio de 10,42 g por raíz. Estos valores permiten caracterizar cuantitativamente el órgano subterráneo y muestran el reducido tamaño individual de la raíz, aspecto relevante al considerar su disponibilidad como materia prima para un eventual aprovechamiento agroindustrial.

Desde el punto de vista funcional, el engrosamiento de la raíz permite la acumulación de sustancias de reserva. Antecedentes recopilados por Huamaní García (2010) señalan la presencia de almidón y azúcares asociados con las características organolépticas de la raíz. No obstante, debido a que la presente investigación realiza específicamente la caracterización nutricional y fitoquímica de este órgano, su composición debe ser abordada posteriormente mediante los resultados analíticos obtenidos y no únicamente a partir de su descripción morfológica.

Respecto a las semillas, Huamaní García (2010) señala que la estructura considerada comúnmente como semilla corresponde botánicamente a un fruto tipo aquenio, de forma alargada y arriñonada, con tegumento duro y coriáceo. Presenta dos caras lisas y una superficie plegada y áspera, mientras que su coloración varía entre negro y pardo oscuro. La longitud promedio registrada fue de 2,3 mm, con un ancho promedio de 1,3 mm y un peso de 1,6025 g por 1000 semillas.

Internamente, la semilla presenta un embrión de gran tamaño que ocupa la mayor parte de su estructura. Huamaní García (2010) reportó que el embrión ocupa aproximadamente el 90 % del espacio disponible y que el endospermo se encuentra

considerablemente reducido; por ello, gran parte de las sustancias de reserva se localizan en el embrión y los cotiledones.

La germinación de *Stangea henrici* es de tipo epígea. En condiciones controladas de laboratorio, Huamaní García (2010) observó el inicio de la germinación aproximadamente a los 10 días, registrándose el mayor porcentaje alrededor de los 18 días y un intervalo general entre 10 y 23 días. Asimismo, reportó porcentajes de germinación entre 85 y 90 % bajo las condiciones evaluadas. Estos resultados corresponden a condiciones experimentales específicas y, por tanto, no necesariamente representan el comportamiento germinativo de poblaciones silvestres en campo.

El desarrollo de la especie bajo condiciones naturales es prolongado. Según Huamaní García (2010), las plantas de aproximadamente tres a cinco años pueden presentar raíces consideradas aptas para el consumo, mientras que la formación de estructuras reproductivas ocurre durante etapas avanzadas del desarrollo. Esta característica adquiere particular importancia desde una perspectiva de aprovechamiento agroindustrial, debido a que un ciclo prolongado de formación de la raíz podría constituir una limitación para el abastecimiento sostenible de materia prima si su obtención dependiera exclusivamente de poblaciones silvestres.

Figura 2

Raíz de Stangea henrici



Nota. Raíz de *Stangea henrici* recolectada en Pallcca, distrito de Sacsamarca, provincia de Huanca Sancos, Ayacucho.

2.2.1.3. Distribución geográfica, hábitat y condiciones ecológicas de *Stangea henrici*

Stangea henrici es una especie propia de ambientes altoandinos, asociada principalmente al piso ecológico puna. En Ayacucho se ha registrado su presencia en zonas comprendidas aproximadamente entre los 3800 y 4400 m s. n. m., donde se desarrolla bajo condiciones características de alta montaña, entre ellas bajas temperaturas y variaciones marcadas entre el día y la noche (Huamaní García, 2010).

Su hábitat corresponde principalmente a áreas de vegetación natural altoandina, donde forma parte de comunidades constituidas por gramíneas, pastos naturales y otras especies adaptadas a las condiciones de altura. Entre la vegetación asociada se ha registrado la presencia de ichu (*Stipa ichu*), así como especies de los géneros *Calamagrostis*, *Bromus* y *Muhlenbergia*. También se ha observado su presencia en espacios próximos a cultivos tradicionales de las zonas altoandinas (Huamaní García, 2010).

Las condiciones topográficas donde se desarrolla la especie son variables, encontrándose en terrenos con diferentes grados de pendiente. Asimismo, las características del suelo pueden variar entre las zonas donde se ha registrado su presencia, lo que indica que el chicuru no se encuentra restringido, según la información disponible, a una única condición edáfica. Estas características permiten reconocer a *Stangea henrici* como parte de la vegetación propia de ecosistemas altoandinos de Ayacucho (Huamaní García, 2010).

En la región Ayacucho, la presencia de *Stangea henrici* también ha sido documentada en la microcuenca del Caracha, donde el recurso forma parte de la vegetación local y se encuentra relacionado con prácticas de reconocimiento y aprovechamiento por parte de las comunidades altoandinas. Su condición de recurso silvestre adquiere importancia desde el punto de vista de su conservación, particularmente ante posibles alternativas futuras de aprovechamiento (De La Cruz Fernández, 2006).

2.2.1.4. Caracterización Fitoquímica de *Stangea henrici*

La caracterización fitoquímica comprende el estudio de los constituyentes químicos presentes en los tejidos vegetales mediante procedimientos de identificación y cuantificación. Estos compuestos pueden presentar diferencias según la especie, el órgano vegetal y las condiciones ambientales, por lo que su determinación permite describir la composición química de una materia prima vegetal.

En la raíz de chicuru se han estudiado diferentes componentes de interés químico. En *Stangea rhizanta* se ha documentado la presencia de fructooligosacáridos de cadena corta, entre ellos 1-kestosa y nistosa, así como compuestos fenólicos y actividad antioxidante (Campos et al., 2009). Estos datos corresponden a una especie diferente de *Stangea henrici* y, por tanto, constituyen únicamente una referencia dentro del género y no una descripción de la composición de la especie estudiada.

En *Stangea henrici*, la información cuantitativa disponible sobre la composición química de la raíz es limitada. De La Cruz Fernández (2006) señaló la necesidad de profundizar en el estudio fitoquímico cuantitativo del chicuru, particularmente para ampliar el conocimiento de los constituyentes presentes en el recurso.

En la presente investigación, la caracterización comprende la determinación de fructooligosacáridos (FOS), compuestos fenólicos totales y flavonoides totales, complementada con la evaluación de la capacidad antioxidante. Estos componentes presentan diferente naturaleza química: los FOS corresponden a oligosacáridos constituidos principalmente por unidades de fructosa, mientras que los compuestos fenólicos comprenden un amplio grupo de metabolitos vegetales dentro del cual se encuentran los flavonoides (Dai & Mumper, 2010; Panche et al., 2016).

La capacidad antioxidante constituye una evaluación complementaria de la caracterización química, debido a que permite determinar *in vitro* la respuesta de los componentes presentes en una muestra frente a diferentes sistemas de reacción. Debido a que los métodos antioxidantes responden a mecanismos químicos distintos, la utilización de más de un ensayo proporciona información complementaria sobre el comportamiento de la muestra (Huang et al., 2005).

2.2.1.4.1. Fructooligosacáridos (FOS)

Los fructooligosacáridos (FOS) son oligosacáridos constituidos principalmente por unidades de fructosa y se consideran fructanos de tipo inulina de cadena corta. (Yoo et al., 2024) señalan que los FOS corresponden a una serie de oligosacáridos homólogos derivados de la sacarosa, generalmente representados mediante la fórmula GFn. Entre sus principales estructuras se encuentran la 1-kestosa (GF2), la nistosa (GF3) y la 1F-β-fructofuranosil nistosa (GF4), diferenciadas por el número de unidades de fructosa que conforman la molécula.

Dentro de los fructanos de tipo inulina, los FOS presentan cadenas relativamente cortas. La revisión de (Yoo et al., 2024) indica que los fructanos de tipo inulina comprenden compuestos de diferente grado de polimerización, correspondiendo los

fructooligosacáridos u oligofructosas a estructuras de menor longitud de cadena. Asimismo, los fructanos vegetales son compuestos solubles en agua derivados de la sacarosa, cuya estructura depende del tipo y posición de los enlaces entre sus unidades de fructosa.

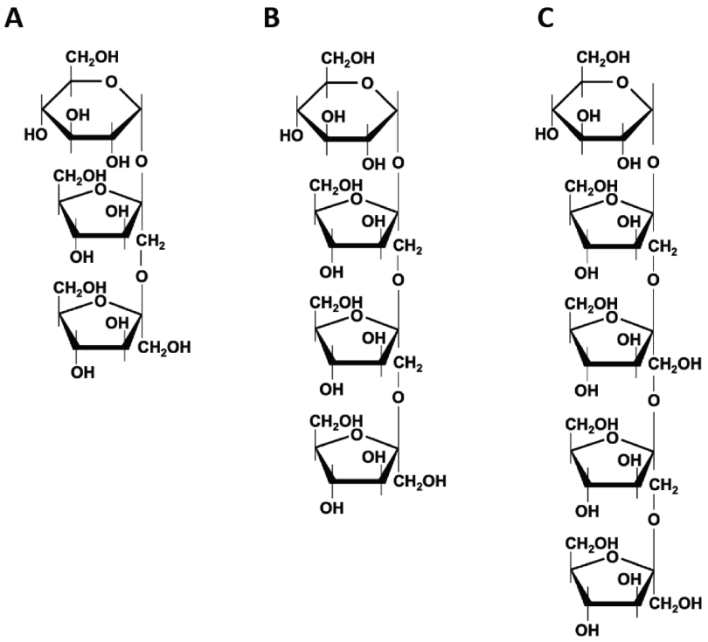
Los FOS pueden encontrarse de manera natural en diferentes alimentos de origen vegetal. (Yoo et al., 2024) mencionan su presencia en cebolla, trigo, centeno, chalota, tomate y plátano. Asimismo, pueden obtenerse a partir de sacarosa o inulina mediante procesos enzimáticos en los que participan enzimas microbianas como β-D-fructofuranosidasa y fructosiltransferasa.

Desde el punto de vista nutricional, los FOS son de interés por su relación con los prebióticos. El artículo define a los prebióticos, de acuerdo con el consenso de la International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics, como sustratos utilizados selectivamente por los microorganismos del hospedero que confieren un beneficio para la salud. Asimismo, la fermentación de estos sustratos por el microbiota intestinal puede generar ácidos grasos de cadena corta, relacionados con diferentes funciones en el ambiente intestinal (Yoo et al., 2024).

En relación con el chicuru, (Campos et al., 2009) determinaron fructooligosacáridos de cadena corta en la raíz de *Stangea rhizanta*, entre ellos 1-kestosa y nistosa. Estos resultados constituyen un antecedente comparativo para el estudio de los fructooligosacáridos en especies del género *Stangea*.

Figura 3

Estructuras químicas de los fructooligosacáridos (FOS)



Nota. Se muestran las estructuras de (A) 1-kestosa (GF2), (B) nistosa (GF3) y (C) 1F-β-fructofuranosil nistosa (GF4). Adaptado de (Yoo et al., 2024).

2.2.1.4.2. Compuestos fenólicos totales

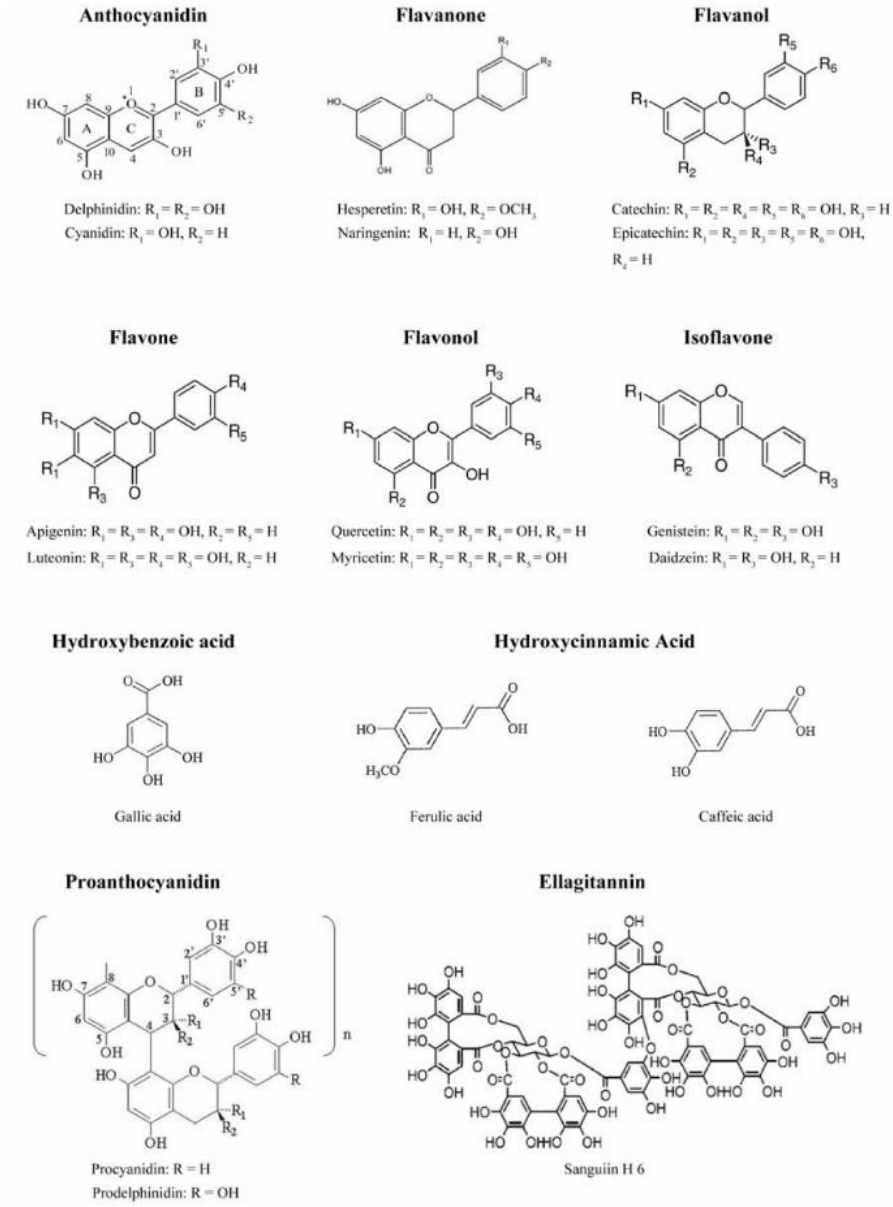
Los compuestos fenólicos constituyen un grupo diverso de metabolitos presentes en las plantas, caracterizados estructuralmente por poseer uno o más anillos aromáticos unidos a uno o más grupos hidroxilo. De acuerdo con su estructura química, comprenden diferentes grupos, entre los que se encuentran los ácidos fenólicos, flavonoides y taninos. Dentro de los ácidos fenólicos se distinguen los derivados del ácido hidroxibenzoico y del ácido hidroxicinámico, mientras que los flavonoides comprenden diferentes subgrupos estructurales como flavonas, flavonoles, flavanonas, flavanoles, antocianidinas e isoflavonas (Dai & Mumper, 2010)

La diversidad estructural de estos compuestos se observa en la Figura 4. Entre los ácidos hidroxibenzoicos se encuentra el ácido gálico, mientras que entre los ácidos hidroxicinámicos se incluyen compuestos como los ácidos ferúlico y cafeico. Asimismo, dentro de los flavonoides se encuentran sustancias como quercetina, catequina, apigenina, luteolina y genisteína, entre otras. Estas diferencias estructurales permiten comprender que los compuestos fenólicos no corresponden a una única sustancia, sino

a un conjunto amplio de moléculas presentes en las matrices vegetales (Dai & Mumper, 2010).

Figura 4

Principales clases y estructuras químicas de compuestos fenólicos



Nota. Estructuras representativas de diferentes clases de compuestos fenólicos, entre ellas antocianidinas, flavanonas, flavanoles, flavonas, flavonoles, isoflavonas, ácidos hidroxibenzoicos, ácidos hidroxicinámicos, proantocianidinas y elagitaninos. Dentro de los ácidos hidroxibenzoicos se presenta el ácido gálico, empleado como estándar de referencia en la determinación de compuestos fenólicos totales de la presente investigación. Adaptado de (Dai & Mumper, 2010).

En las plantas, los compuestos fenólicos intervienen en diferentes procesos fisiológicos y mecanismos de respuesta frente a factores ambientales. Desde el punto de vista alimentario y fitoquímico, han adquirido especial interés debido a sus propiedades antioxidantes. Estas propiedades se encuentran relacionadas con su estructura química y, particularmente, con características como el número y la disposición de los grupos hidroxilo presentes en las moléculas (Dai & Mumper, 2010).

La determinación del contenido de compuestos fenólicos totales puede realizarse mediante procedimientos espectrofotométricos. Entre los métodos más utilizados se encuentra el ensayo de Folin-Ciocalteu, cuyo fundamento involucra la reacción de sustancias reductoras presentes en la muestra con los componentes del reactivo, generando una coloración cuya intensidad puede determinarse espectrofotométricamente. La respuesta obtenida permite estimar el contenido de compuestos fenólicos mediante comparación con una curva de calibración elaborada con un estándar de referencia (Singleton et al., 1999)

Uno de los estándares empleados para esta determinación es el ácido gálico, compuesto perteneciente al grupo de los ácidos hidroxibenzoicos, cuya estructura puede observarse en la Figura 4. Cuando se utiliza este compuesto para construir la curva de calibración, los resultados de la muestra pueden expresarse como equivalentes de ácido gálico (EAG). Sin embargo, debe considerarse que el reactivo de Folin-Ciocalteu no presenta especificidad absoluta para los compuestos fenólicos, debido a que otras sustancias con capacidad reductora también pueden reaccionar y contribuir a la respuesta analítica (Everette et al., 2010)

2.2.1.4.3. Flavonoides totales

Los flavonoides constituyen un grupo amplio de compuestos fenólicos de origen vegetal, caracterizados por presentar una estructura básica formada por 15 átomos de carbono organizados en un sistema C6–C3–C6, constituido por dos anillos aromáticos (A y B) conectados mediante un anillo heterocíclico (C). Las adaptacion a condiciones de laboratorio. estructurales de este esqueleto permiten distinguir diferentes clases de flavonoides, entre ellas flavonas, flavonoles, flavanonas, flavanoles, antocianidinas e isoflavonas (Panche et al., 2016)

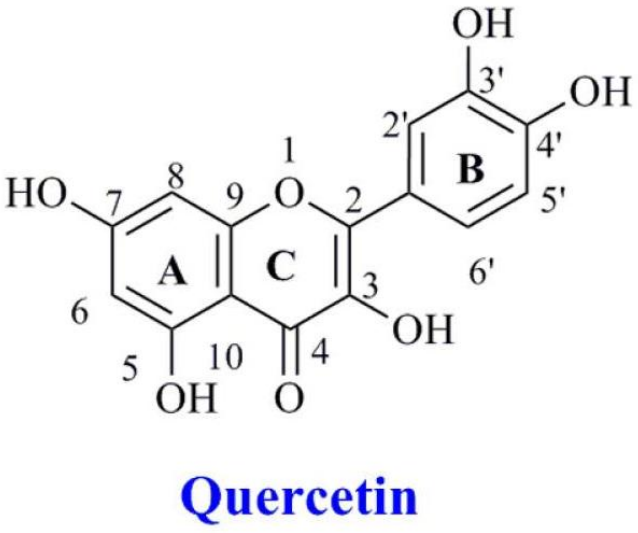
Los flavonoides se encuentran ampliamente distribuidos en diferentes tejidos vegetales y participan en procesos relacionados con la pigmentación, protección frente a la radiación ultravioleta y respuesta de las plantas frente a diferentes condiciones ambientales. Asimismo, han adquirido interés en el estudio de alimentos y recursos

vegetales debido a sus propiedades antioxidantes, las cuales se encuentran relacionadas con su estructura química, particularmente con el número y posición de los grupos hidroxilo y otras características estructurales de la molécula (Rice Evans et al., 1996); (Panche et al., 2016)

Entre los flavonoides se encuentra la quercetina, perteneciente al grupo de los flavonoles. Su estructura presenta el sistema característico de tres anillos (A, B y C) y grupos hidroxilo localizados en las posiciones 3, 5, 7, 3′ y 4′. Estas características estructurales están relacionadas con sus propiedades químicas y antioxidantes (Thapa Magar & Sohng, 2020). La estructura química de la quercetina se presenta en la Figura 5.

Figura 5

Estructura química de la quercetina



Nota. Estructura química de la quercetina, en la que se muestran los anillos A, B y C y la numeración de sus posiciones estructurales. Adaptado de (Thapa Magar & Sohng, 2020)

La determinación de flavonoides totales puede realizarse mediante métodos espectrofotométricos basados en la formación de complejos entre determinados flavonoides y el cloruro de aluminio ($AlCl_3$). La interacción del aluminio con grupos funcionales presentes en las moléculas de flavonoides produce cambios en la absorción que permiten efectuar su determinación espectrofotométrica. No obstante, la respuesta obtenida puede variar de acuerdo con la estructura del flavonoide, la concentración del

reactivo y las condiciones de reacción, por lo que el procedimiento constituye una estimación del contenido de los compuestos que reaccionan bajo las condiciones establecidas (Petry et al., 2001)

Para la cuantificación se construye una curva de calibración utilizando concentraciones conocidas de un compuesto de referencia. La quercetina puede emplearse como estándar en métodos colorimétricos para la estimación de flavonoides, permitiendo relacionar la absorbancia obtenida con la concentración del estándar y expresar los resultados como equivalentes de quercetina (EQ) respecto a una determinada cantidad de muestra (Chang et al., 2002)

2.2.1.4.4. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se refiere a la aptitud de una sustancia o conjunto de compuestos presentes en una muestra para reaccionar frente a especies oxidantes mediante diferentes mecanismos químicos, entre ellos la transferencia de electrones y la transferencia de átomos de hidrógeno. En matrices vegetales, esta capacidad puede estar relacionada con la presencia de diversos constituyentes, particularmente compuestos fenólicos, cuya actividad depende de su estructura química, concentración y de las interacciones que se producen entre los componentes de la muestra (Shahidi & Ambigaipalan, 2015)

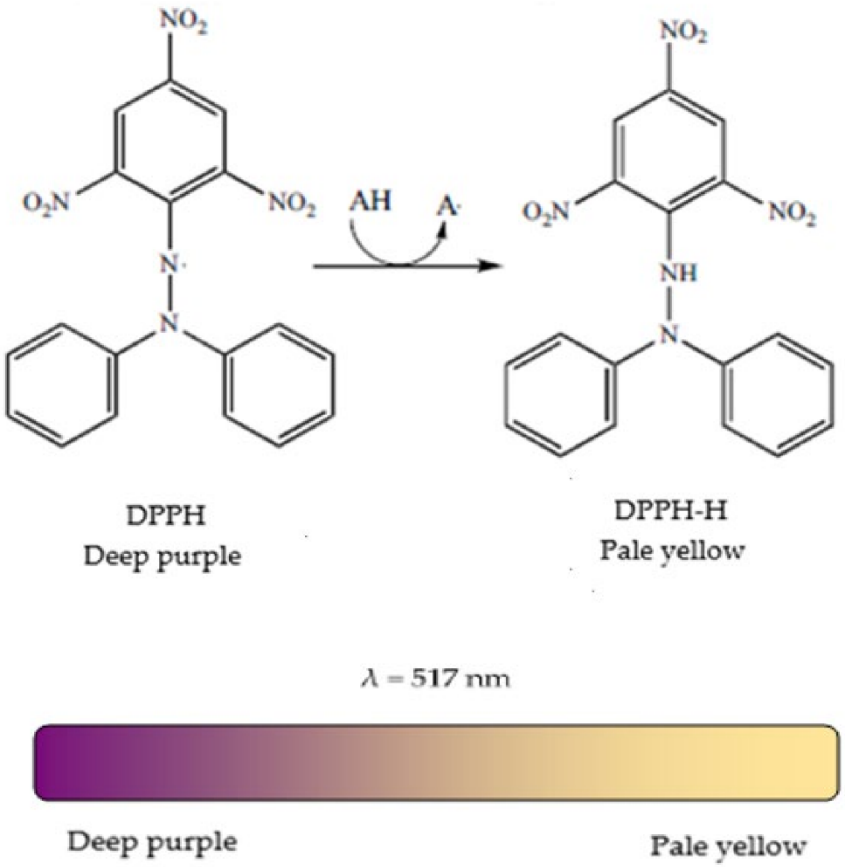
La evaluación de la capacidad antioxidante de extractos vegetales constituye una herramienta de interés para complementar su caracterización fitoquímica. Sin embargo, debido a la diversidad de compuestos antioxidantes y a los diferentes mecanismos mediante los cuales pueden actuar, no existe un único ensayo capaz de representar completamente la capacidad antioxidante de una muestra. Por esta razón, se recomienda utilizar métodos complementarios basados en diferentes principios de reacción (Prior et al., 2005)

2.2.1.4.4.1. Método DPPH

El método DPPH se basa en la utilización del radical estable 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH•), caracterizado por presentar una coloración violeta intensa. Cuando el radical entra en contacto con sustancias capaces de donar electrones o átomos de hidrógeno, se produce su reducción y disminuye la intensidad de la coloración. Este cambio puede cuantificarse espectrofotométricamente y utilizarse para estimar la capacidad antioxidante de una muestra (Brand Williams et al., 1995)

Figura 6

Fundamento de la reacción del radical DPPH con un antioxidante



*Nota***.** El radical DPPH•, de color violeta intenso, es reducido por la acción de un compuesto antioxidante (AH), formando DPPH-H y produciendo una disminución de la coloración. Adaptado de Munteanu y Apetrei (2021).

El ensayo fue desarrollado ampliamente por (Brand Williams et al., 1995) para evaluar la actividad de diferentes compuestos antioxidantes mediante la reacción con el radical DPPH. La disminución de la absorbancia constituye un indicador de la capacidad de los componentes presentes en la muestra para neutralizar el radical bajo las condiciones establecidas en el ensayo.

Debido a su relativa simplicidad y aplicación espectrofotométrica, el DPPH ha sido utilizado ampliamente para evaluar extractos vegetales y alimentos. Sin embargo, los resultados pueden estar influenciados por factores como el solvente, tiempo de reacción, concentración del radical y características químicas de los antioxidantes presentes; por ello, las condiciones experimentales deben considerarse al comparar resultados entre investigaciones (Prior et al., 2005).

2.2.1.4.4.2. Método ABTS

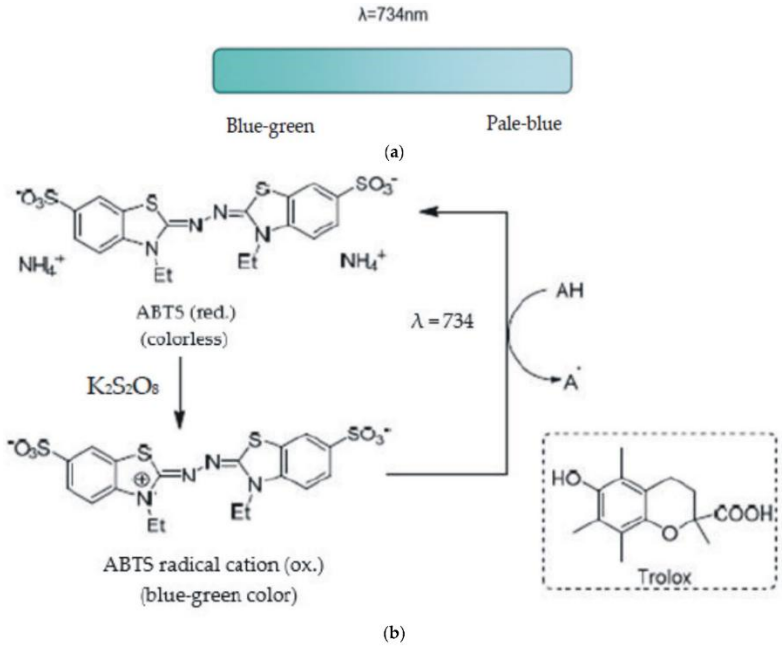
El método ABTS es un ensayo espectrofotométrico utilizado para evaluar la capacidad antioxidante de diferentes matrices alimentarias y extractos vegetales. Se fundamenta en la generación del catión radical ABTS•+ a partir del compuesto 2,2′-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) y en la posterior reducción de este radical por sustancias con capacidad antioxidante ((Re et al., 1999); (Munteanu & Apetrei, 2021)

La generación del catión radical ABTS•+ puede realizarse mediante la oxidación del ABTS con persulfato de potasio. Una vez formado, el radical presenta una coloración azul-verde característica y una absorción intensa en la región visible. Cuando se adiciona una muestra que contiene sustancias antioxidantes, estas reaccionan con el ABTS•+, provocando su reducción y, consecuentemente, una disminución de la intensidad de la coloración. Esta pérdida de color puede ser determinada espectrofotométricamente y se relaciona con la capacidad antioxidante de la muestra (Re et al., 1999)

El fundamento de esta reacción se presenta en la Figura 7. La capacidad de los antioxidantes para reducir el catión radical ocasiona una disminución de su absorbancia; cuanto mayor sea la respuesta antioxidante de la muestra bajo las condiciones del ensayo, mayor será la reducción observada en la señal correspondiente al ABTS•+ (Munteanu & Apetrei, 2021)

Figura 7

Fundamento de la reacción del catión radical ABTS•+ con antioxidantes



Nota. Representación del principio del ensayo ABTS, basado en la formación del catión radical ABTS•+ y su reducción en presencia de sustancias antioxidantes. Adaptado de (Munteanu & Apetrei, 2021)

Para expresar cuantitativamente la respuesta antioxidante puede emplearse Trolox, un análogo hidrosoluble de la vitamina E, como compuesto de referencia. La comparación de la respuesta de la muestra con una curva de calibración preparada con Trolox permite expresar la capacidad antioxidante en equivalentes de Trolox (TE) (Re et al., 1999)

Una de las características del ensayo ABTS es su aplicabilidad para la evaluación de diferentes tipos de antioxidantes y matrices. No obstante, al igual que otros métodos *in vitro*, los resultados dependen de las condiciones experimentales empleadas, tales como la concentración del radical, el medio de reacción, el tiempo y las condiciones de medición. Por ello, los resultados deben interpretarse considerando el procedimiento analítico utilizado y no como una medida absoluta de todos los mecanismos antioxidantes presentes en una muestra (Prior et al., 2005); (Munteanu & Apetrei, 2021).

2.2.1.4.4.3. Método FRAP

El método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) es un ensayo espectrofotométrico empleado para evaluar la capacidad reductora de una muestra. Fue propuesto por

Benzie y Strain (1996) y se fundamenta en la capacidad de los compuestos antioxidantes para reducir el hierro férrico (Fe^{3+}) a hierro ferroso (Fe^{2+}) bajo condiciones ácidas.

El ensayo utiliza el compuesto TPTZ [2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina], que forma un complejo con el hierro. En presencia de sustancias con capacidad reductora, el complejo férrico Fe^{3+}-TPTZ es reducido a su forma ferrosa Fe^{2+}-TPTZ, generándose una coloración azul intensa. El incremento de la absorbancia asociado con la formación del complejo ferroso permite estimar espectrofotométricamente el poder reductor de la muestra (Benzie & Strain, 1996); (Munteanu & Apetrei, 2021)

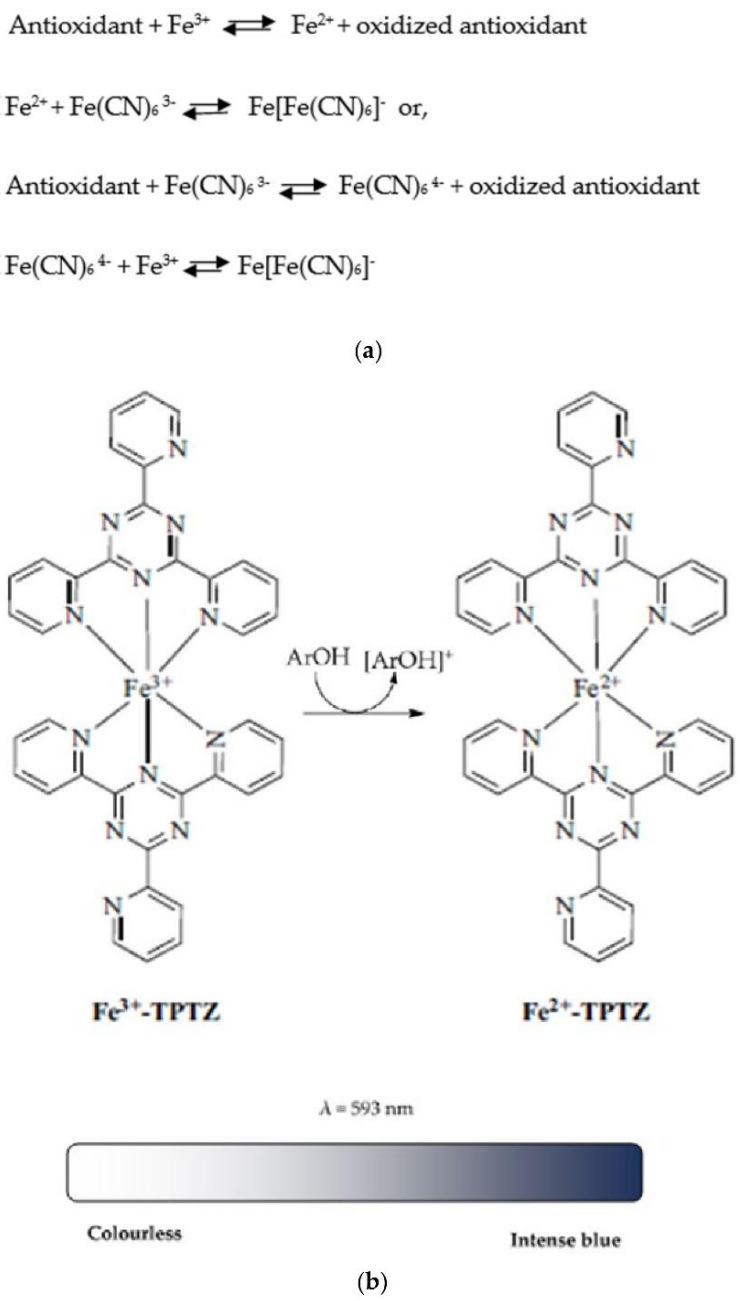
De manera simplificada, el fundamento de la reacción puede representarse como:

Fe^{3+}-TPTZ + antioxidante → Fe^{2+}-TPTZ + antioxidante oxidado

A diferencia de los ensayos DPPH y ABTS, basados en la reducción de radicales cromógenos, el método FRAP determina principalmente la capacidad reductora de los constituyentes presentes en la muestra mediante transferencia de electrones. Por esta razón, los resultados obtenidos mediante FRAP proporcionan información complementaria a la generada mediante los métodos DPPH y ABTS (Prior et al., 2005).

Figura 8

Fundamento de la reacción del método FRAP



Nota. Representación del fundamento del ensayo FRAP, basado en la reducción del complejo férrico Fe^{3+}-TPTZ a su forma ferrosa Fe^{2+}-TPTZ por acción de sustancias con capacidad reductora. Adaptado de (Munteanu & Apetrei, 2021).

El método FRAP presenta ventajas relacionadas con su relativa simplicidad, rapidez y aplicación espectrofotométrica. No obstante, la respuesta obtenida representa la capacidad reductora de los componentes que reaccionan bajo las condiciones específicas del ensayo y no necesariamente todos los mecanismos mediante los cuales

una sustancia puede ejercer actividad antioxidante. En consecuencia, la interpretación de sus resultados debe realizarse considerando el principio químico del método y, preferentemente, complementarse con otros ensayos de capacidad antioxidante (Prior et al., 2005); (Munteanu & Apetrei, 2021).

2.2.1.5. Caracterización nutricional de la raíz de *Stangea henrici*

La caracterización nutricional permite establecer la composición de un alimento o materia prima a partir del conocimiento de sus principales constituyentes. Los datos de composición de alimentos comprenden componentes como agua, proteínas, lípidos, carbohidratos, fibra y minerales, cuya adecuada identificación y expresión permite describir las características nutricionales de una muestra y realizar comparaciones entre alimentos o materias primas (Greenfield & Southgate, 2003)

En el caso de las raíces y otros órganos vegetales utilizados como alimento, la caracterización de estos componentes constituye una base para conocer su composición y evaluar posteriormente sus posibilidades de utilización alimentaria. La interpretación de los valores debe considerar, entre otros aspectos, la base de expresión de los resultados, debido a que diferencias en el contenido de agua pueden modificar considerablemente la concentración aparente de los demás constituyentes (Greenfield & Southgate, 2003)

2.2.1.5.1. Humedad y materia seca

La humedad corresponde a la cantidad de agua presente en un alimento, mientras que la materia seca representa la fracción que permanece después de excluir dicho contenido de agua. Ambas constituyen parámetros fundamentales en la caracterización nutricional, debido a que la proporción de agua influye directamente en la concentración con la que se expresan los demás componentes de una muestra (Greenfield & Southgate, 2003).

La distinción entre base húmeda y base seca es particularmente importante para la interpretación y comparación de resultados. En base húmeda, los componentes se expresan considerando el agua presente en la muestra, mientras que en base seca se expresan respecto a la materia libre de agua. Por ello, la comparación de la composición de diferentes alimentos o investigaciones debe realizarse sobre una misma base de expresión para evitar interpretaciones inadecuadas derivadas de diferencias en su contenido de humedad (Greenfield & Southgate, 2003).

2.2.1.5.2. Proteína total

Las proteínas constituyen componentes nitrogenados de importancia nutricional y forman parte de los principales macronutrientes presentes en los alimentos. Su contenido contribuye a caracterizar nutricionalmente una materia prima y constituye uno de los componentes considerados en la estimación de su aporte energético (Greenfield & Southgate, 2003; Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2003).

En el análisis de alimentos, el contenido de proteína puede estimarse a partir de la determinación del nitrógeno total y la aplicación de un factor de conversión. Por esta razón, el valor obtenido corresponde a una estimación de proteína a partir del nitrógeno determinado y debe interpretarse considerando el procedimiento analítico y el factor de conversión empleado (Greenfield & Southgate, 2003).

2.2.1.5.3. Extracto etéreo

El extracto etéreo corresponde a la fracción de una muestra que puede ser extraída mediante solventes orgánicos bajo condiciones analíticas determinadas. Esta fracción comprende principalmente sustancias de naturaleza lipídica, aunque el resultado analítico puede incluir otros compuestos solubles en el solvente utilizado. Por ello, el extracto etéreo no debe interpretarse necesariamente como equivalente a una identificación específica de los lípidos presentes en el alimento (Greenfield & Southgate, 2003).

Desde el punto de vista nutricional, la fracción lipídica resulta relevante debido a su elevada contribución energética en comparación con proteínas y carbohidratos. En consecuencia, su cuantificación forma parte de la caracterización de la composición de los alimentos y contribuye a la estimación de su valor energético (FAO, 2003).

2.2.1.5.4. Carbohidratos

Los carbohidratos constituyen un grupo diverso de componentes de los alimentos que incluye monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. Su clasificación y expresión dependen de la naturaleza de las fracciones consideradas y del procedimiento utilizado para su determinación, por lo que pueden distinguirse conceptos como carbohidratos totales y carbohidratos disponibles (FAO, 2003).

En los alimentos de origen vegetal pueden coexistir diferentes fracciones de carbohidratos con características químicas y nutricionales distintas. Dentro de estas se encuentran los fructooligosacáridos, que corresponden a una fracción específica de los

carbohidratos y, por tanto, deben diferenciarse conceptualmente del contenido global de carbohidratos determinado en una caracterización proximal.

2.2.1.5.5. Fibra cruda

La fibra cruda corresponde a la fracción de componentes estructurales de origen vegetal que permanece después de someter la muestra a digestiones sucesivas en medio ácido y alcalino. Su determinación forma parte del análisis proximal de los alimentos y permite estimar gravimétricamente la fracción resistente a estas condiciones de digestión, constituida principalmente por componentes de la pared celular vegetal (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2003; Greenfield & Southgate, 2003).

2.2.1.5.6. Cenizas totales

Las cenizas totales representan el residuo inorgánico que permanece después de la eliminación de la materia orgánica de una muestra mediante incineración. Su determinación permite estimar de manera global la fracción mineral presente en un alimento y constituye un parámetro habitual dentro de los estudios de composición nutricional (Greenfield & Southgate, 2003).

2.2.1.5.7. Valor energético

El valor energético expresa la cantidad de energía potencialmente disponible a partir de los componentes energéticos presentes en un alimento. Su estimación se basa principalmente en las cantidades de proteínas, lípidos y carbohidratos, a las cuales se aplican factores de conversión energética establecidos para cada componente (FAO, 2003).

2.2.1.6. Caracterización Etnobotánica de *Stangea henrici*

La etnobotánica estudia las relaciones entre las poblaciones humanas y las plantas, considerando los conocimientos y prácticas desarrollados en torno a los recursos vegetales. Este campo comprende aspectos como el reconocimiento y denominación de las especies, las partes utilizadas, las formas de preparación y consumo, los usos atribuidos y la transmisión de conocimientos asociados a su aprovechamiento (Cotton, 1996; Martin, 2004).

El conocimiento etnobotánico se construye mediante la interacción de las personas con las especies vegetales presentes en su entorno. Este conocimiento comprende saberes relacionados con la identificación de las plantas, sus características, disponibilidad y

formas de utilización, y puede conservarse y transmitirse mediante diferentes mecanismos sociales y culturales.

La transmisión del conocimiento tradicional constituye un componente importante de la relación entre las poblaciones y los recursos vegetales. Esta puede producirse de forma vertical, entre padres e hijos; horizontal, entre personas de una misma generación; u oblicua, entre individuos de diferentes generaciones. Estos mecanismos pueden influir en la distribución y permanencia del conocimiento dentro de una población y generar diferencias entre grupos etarios (Reyes-García et al., 2009).

Los usos tradicionales constituyen otra dimensión de la caracterización etnobotánica y permiten identificar las finalidades atribuidas a una especie por una población. Entre ellos pueden encontrarse usos alimentarios, medicinales, culturales u otros relacionados con las características particulares de cada recurso. La documentación de estos usos describe el conocimiento y las prácticas de una población, por lo que los usos medicinales atribuidos tradicionalmente no deben interpretarse por sí mismos como evidencia de eficacia terapéutica.

Las formas de consumo y las partes utilizadas permiten conocer de qué manera un recurso vegetal es incorporado a las prácticas alimentarias de una población. Su estudio puede comprender la identificación del órgano vegetal aprovechado, las formas de preparación y las modalidades de consumo, proporcionando información sobre las prácticas tradicionales asociadas a una especie (Cotton, 1996; Martin, 2004).

Asimismo, la valoración local de los recursos vegetales permite conocer la importancia o significado que una población atribuye a una especie dentro de su contexto. Esta dimensión complementa la información sobre conocimiento y utilización, debido a que una especie puede ser conocida por la población sin mantener necesariamente la misma frecuencia de uso o valoración a través del tiempo.

En este marco, la caracterización etnobotánica proporciona elementos para analizar el conocimiento, transmisión, usos, consumo, partes utilizadas y valoración de *Stangea henrici* por parte de la población. Estas dimensiones permiten comprender la relación entre la comunidad y el recurso vegetal desde una perspectiva sociocultural, complementando el conocimiento biológico y químico de la especie.

2.2.1.7. Aplicación potencial de la raíz de *Stangea henrici* en la agroindustria

El aprovechamiento agroindustrial de los recursos vegetales nativos puede orientarse hacia su transformación y utilización como materias primas o ingredientes alimentarios,

siempre que sus características permitan plantear alternativas tecnológicamente viables. En el caso de *Stangea henrici,* el interés por su aprovechamiento agroindustrial no es reciente, puesto que existen investigaciones y proyectos orientados a evaluar posibilidades de transformación del recurso en Ayacucho.

(De La Cruz Calderón & De La Cruz Calderón, 2011) incorporaron pulpa de chicuru en la elaboración de yogur prebiótico y evaluaron las características fisicoquímicas y sensoriales del producto. Este estudio demuestra que la raíz de *Stangea henrici* puede ser incorporada en una matriz alimentaria procesada, constituyendo una referencia para considerar futuras alternativas de transformación del recurso.

Desde el punto de vista de su composición, los fructooligosacáridos, compuestos fenólicos y componentes con capacidad antioxidante representan características de interés para evaluar posibles aplicaciones alimentarias. En raíces conocidas como chicuru, (Campos et al., 2009) identificaron fructooligosacáridos de bajo grado de polimerización, principalmente 1-kestosa y nistosa, además de compuestos fenólicos, actividad antioxidante, fibra dietaria y minerales. Los autores señalaron que la presencia de FOS de bajo grado de polimerización, juntamente con determinados componentes minerales, podría favorecer aplicaciones industriales del recurso.

En este contexto, la evaluación del potencial agroindustrial de *Stangea henrici* requiere considerar de manera conjunta sus características fitoquímicas y nutricionales. La identificación de componentes de interés proporciona información para orientar investigaciones posteriores hacia posibles formas de procesamiento y utilización de la raíz como materia prima o ingrediente alimentario. A ello se suma el conocimiento etnobotánico, que permite reconocer las formas tradicionales de consumo y aprovechamiento del recurso documentadas en las poblaciones altoandinas.

Por tanto, el potencial agroindustrial de *Stangea henrici* puede entenderse como la posibilidad de aprovechar la raíz como materia prima o ingrediente para futuras alternativas de transformación, sustentada inicialmente en el conocimiento de sus características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas. La existencia de experiencias previas de incorporación del chicuru en alimentos procesados respalda el interés por continuar investigando sus posibilidades de transformación (De La Cruz Calderón & De La Cruz Calderón, 2011)

La caracterización de *Stangea henrici* permite generar información sobre sus propiedades fitoquímicas, nutricionales y su importancia etnobotánica, aspectos que constituyen una base para valorar sus posibilidades de aprovechamiento agroindustrial.

A partir de esta información, el recurso puede ser considerado para futuras investigaciones orientadas al desarrollo de productos alimentarios, cuya viabilidad deberá evaluarse mediante estudios específicos de formulación, procesamiento, estabilidad, aceptación sensorial e inocuidad.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se desarrolló en diferentes ambientes de acuerdo con los componentes considerados para la caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de *Stangea henrici*.

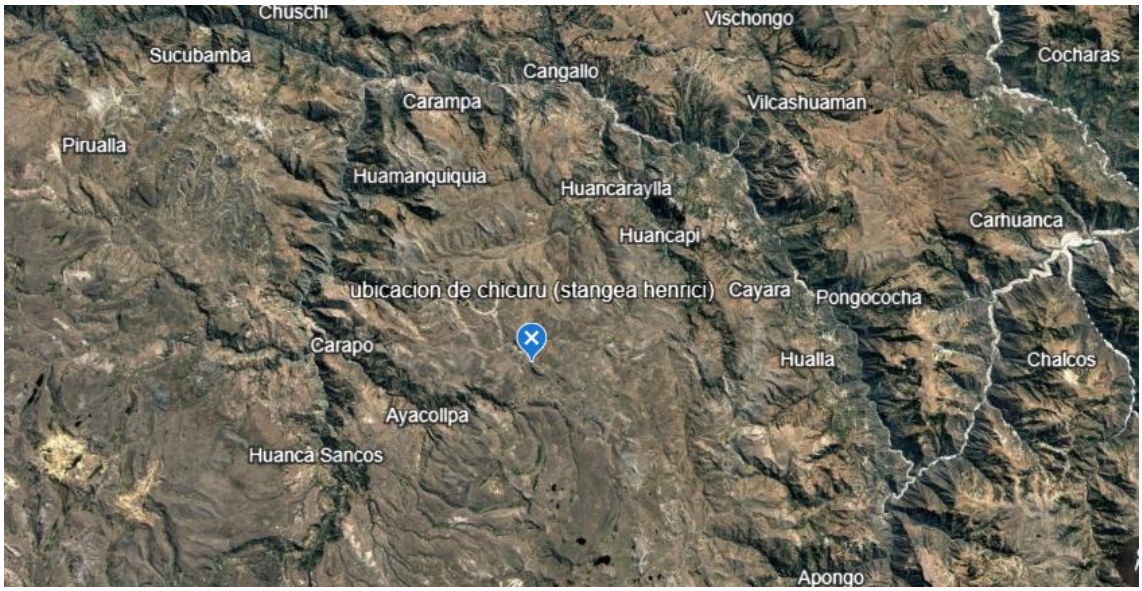
La caracterización fitoquímica se realizó en los laboratorios de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), donde se efectuaron las determinaciones de fructooligosacáridos (FOS), compuestos fenólicos totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante mediante los métodos DPPH, ABTS y FRAP.

La caracterización nutricional de la raíz de *Stangea henrici* se realizó en el laboratorio de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), donde las muestras fueron sometidas a los análisis correspondientes para determinar su composición nutricional.

La caracterización etnobotánica se desarrolló en el centro poblado de Pallcca, distrito de Sacsamarca, provincia de Huanca Sancos, departamento de Ayacucho. En esta localidad se aplicó el instrumento de recolección de información a los pobladores, con la finalidad de documentar el conocimiento, los usos y las formas de aprovechamiento tradicional asociados a *Stangea henrici*.

Figura 9

Ubicación geográfica de la zona de estudio



Nota. Ubicación del centro poblado de Pallcca (ayaccollpa), distrito de Sacsamarca, provincia de Huanca Sancos, región Ayacucho, donde se realizó la recolección de muestras de *Stangea henrici* y la aplicación de las encuestas etnobotánicas.

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

3.2.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, debido a que estuvo orientada a generar conocimiento sobre las características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas de la raíz de *Stangea henrici*, con la finalidad de disponer de información científica que permita evaluar su aplicación potencial en la agroindustria. La investigación aplicada se orienta hacia la utilización del conocimiento científico frente a problemas o necesidades concretas (Ñaupas Paitán et al., 2014).

En este sentido, la información obtenida mediante la caracterización del recurso fue analizada con una orientación práctica, dirigida a identificar características de interés que puedan sustentar posteriores alternativas de aprovechamiento y transformación agroindustrial.

3.2.2. Nivel de investigación

La investigación correspondió al nivel explicativo, debido a que las variables fueron analizadas de manera integrada para establecer cómo las características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas de *Stangea henrici* sustentan la evaluación de su aplicación potencial en la agroindustria. De esta manera, el estudio no se limitó a la

descripción individual de las características determinadas, sino que consideró su interpretación conjunta en función de la variable dependiente planteada.

De acuerdo con Ñaupas Paitán et al. (2014), la investigación explicativa busca profundizar en la comprensión del fenómeno estudiado mediante el análisis de las variables involucradas. En la presente investigación, la variable independiente, constituida por las características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas de la raíz, proporcionó los elementos de análisis para evaluar la variable dependiente, correspondiente a su aplicación potencial en la agroindustria.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación presentó un diseño no experimental y de corte transversal, debido a que las variables fueron evaluadas sin manipulación deliberada ni aplicación de tratamientos experimentales. La información correspondiente a las características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas, así como aquella utilizada para evaluar la aplicación potencial agroindustrial, fue obtenida durante un periodo determinado, sin realizar seguimiento longitudinal. De acuerdo con Ñaupas Paitán et al. (2014), el diseño de investigación establece la estrategia metodológica que orienta la obtención de información para responder a los objetivos planteados.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de estudio comprendió dos componentes: la población vegetal, constituida por *Stangea henrici* presente en el ámbito de estudio, y la población humana, constituida por los pobladores del centro poblado de Pallcca considerados para la caracterización etnobotánica.

3.4.1. Población y muestra vegetal

La población vegetal estuvo constituida por ejemplares de *Stangea henrici* presentes en la zona altoandina correspondiente al ámbito del centro poblado de Pallcca, distrito de Sacsamarca, provincia de Huanca Sancos, departamento de Ayacucho.

La muestra vegetal estuvo constituida por raíces de *Stangea henrici* recolectadas en la zona de puna ubicada en la parte alta del centro poblado de Pallcca. El punto de recolección se localizó en las coordenadas geográficas 13°51′04.59″ S y 74°09′55.50″ O, a una altitud aproximada de 4 222 m s. n. m. Las raíces recolectadas fueron posteriormente acondicionadas de acuerdo con los requerimientos de los análisis correspondientes a la caracterización fitoquímica y nutricional.

3.4.2. Población y muestra etnobotánica

La población etnobotánica estuvo constituida por los habitantes del centro poblado de Pallcca, distrito de Sacsamarca, provincia de Huanca Sancos, departamento de Ayacucho.

La muestra estuvo conformada por 25 pobladores, seleccionados al azar para obtener información relacionada con el conocimiento y aprovechamiento tradicional de *Stangea henrici*. La recopilación de información comprendió la aplicación del instrumento etnobotánico y la realización de entrevistas, complementadas con registros de audio y video durante el trabajo de campo.

La información recopilada estuvo relacionada con el reconocimiento y conocimiento de *Stangea henrici*, forma de adquisición y transmisión de dicho conocimiento, usos atribuidos, consumo actual o pasado, formas y contextos de consumo, partes utilizadas, prácticas asociadas a su recolección y aprovechamiento, valoración del recurso y percepción sobre su posible transformación en productos derivados.

Las respuestas estructuradas permitieron obtener información susceptible de ser organizada mediante frecuencias y porcentajes, mientras que las respuestas abiertas y los testimonios registrados permitieron recuperar información relacionada con experiencias, prácticas y conocimientos tradicionales asociados a la especie. Esta información cualitativa fue organizada posteriormente en categorías temáticas para facilitar su descripción e interpretación.

3.5. VARIABLES E INDICADORES

3.5.1. Variable independiente

Caracterización de la raíz de *Stangea henrici*.

Dimensión

X_1: Caracterización fitoquímica.

X_2: Caracterización nutricional.

X_3: Caracterización etnobotánica.

Indicadores

X_1. Caracterización fitoquímica

- Contenido de fructooligosacáridos (FOS).
- Contenido de compuestos fenólicos totales.

- Contenido de flavonoides totales.
- Capacidad antioxidante mediante DPPH.
- Capacidad antioxidante mediante ABTS.
- Poder reductor mediante FRAP.

X_2. Caracterización nutricional

- Humedad.
- Materia seca.
- Proteína total.
- Extracto etéreo.
- Carbohidratos.
- Fibra cruda.
- Cenizas totales.
- Energía.

X_3. Caracterización etnobotánica

- Conocimiento de *Stangea henrici*.
- Forma de adquisición del conocimiento.
- Usos tradicionales reportados.
- Consumo actual o pasado.
- Formas de consumo.
- Parte utilizada.
- Grupos poblacionales relacionados con su conocimiento y consumo.
- Valoración del recurso en la comunidad.
- Percepción sobre su posible transformación en productos derivados.

3.5.1. Variable dependiente

Aplicación potencial agroindustrial de *Stangea henrici*.

Dimensiones

Y_1: Potencial fitoquímico.

Y_2: Potencial nutricional.

Y_3: Pertinencia etnobotánica y cultural.

Indicadores

Y_1. Potencial fitoquímico

- Atributos fitoquímicos de interés agroindustrial.

Y_2. Potencial nutricional

- Atributos nutricionales de interés agroindustrial.

Y_3. Pertinencia etnobotánica y cultural

- Uso alimentario tradicional.
- Conocimiento y transmisión del uso de *Stangea henrici*.
- Valoración del recurso por la población.
- Aceptación de su posible transformación en productos derivados.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	indicadores
Variable independiente: Caracterización de la raíz de *Stangea henrici*	Determinación de las características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas del recurso vegetal.	Se determinó mediante análisis de laboratorio y encuesta etnobotánica.	Caracterización fitoquímica	FOS, fenoles totales, flavonoides totales, DPPH, ABTS y FRAP.
			Caracterización nutricional	Humedad, materia seca, proteína, extracto etéreo, carbohidratos, fibra, cenizas y energía.
			Caracterización etnobotánica	Conocimiento, usos, consumo, formas de uso y valoración del recurso.
Variables dependientes: Aplicación potencial agroindustrial de *Stangea henrici*	Posibilidad de aprovechamiento del recurso a partir de sus características determinadas.	Se evaluó mediante la integración e interpretación de los resultados obtenidos.	Potencial fitoquímico	Atributos fitoquímicos de interés agroindustrial.
			Potencial nutricional	Atributos nutricionales de interés agroindustrial.
			Pertinencia etnobotánica y cultural	Uso tradicional, conocimiento, valoración y aceptación del aprovechamiento del recurso.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1. Materiales y equipos

Para la caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de *Stangea henrici* se utilizaron los siguientes materiales, equipos, reactivos e instrumentos.

Materiales de laboratorio

- Tubos de ensayo.
- Gradillas.
- Vasos de precipitados.
- Matraces Erlenmeyer.
- Matraces aforados.
- Probetas graduadas.
- Pipetas graduadas.
- Micropipetas y puntas.
- Papel filtro Whatman N.° 40.
- Cubetas para espectrofotometría.
- fiolas para preparación y conservación de soluciones.
- Material de vidrio de uso general.

Equipos

- Espectrofotómetro
- Balanza analítica.
- Agitador.
- Baño María.
- Estufa de secado.
- Termómetro.
- Cronómetro.

Reactivos

- Metanol.
- Agua destilada.
- Fructosa.
- Resorcinol.
- Ácido clorhídrico (HCl).
- Soluciones de Carrez I y Carrez II.

- Reactivo de Folin-Ciocalteu.
- Carbonato de sodio.
- Ácido gálico.
- Cloruro de aluminio ($AlCl_3$).
- Nitrito de sodio.
- Hidróxido de sodio (NaOH).
- Quercetina.
- 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH).
- ABTS.
- Acetato de sodio.
- Ácido acético glacial.
- Cloruro férrico.
- 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ).

Material vegetal

El material vegetal estuvo constituido por raíces de *Stangea henrici* (chicuru), recolectadas en estado silvestre en la zona de puna ubicada en la parte alta del centro poblado de Pallcca, distrito de Sacsamarca, provincia de Huanca Sancos, departamento de Ayacucho. Las muestras fueron destinadas a la caracterización fitoquímica y nutricional.

Las determinaciones fitoquímicas se realizaron en los laboratorios de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), mientras que la caracterización nutricional mediante análisis químico proximal se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la misma universidad.

Instrumentos para la recolección de información etnobotánica

Para la caracterización etnobotánica se empleó un cuestionario constituido por preguntas cerradas y abiertas, complementado con entrevistas y registros de audio y video. Estos instrumentos permitieron recopilar información cuantitativa y cualitativa sobre el conocimiento tradicional asociado a *Stangea henrici*.

El cuestionario fue aplicado a 25 pobladores del centro poblado de Pallcca y estuvo orientado a recopilar información sobre el conocimiento de la especie, forma de adquisición y transmisión de dicho conocimiento, usos atribuidos al recurso, consumo actual o pasado, formas de consumo, parte utilizada, grupos poblacionales asociados con su utilización, valoración del recurso en la comunidad y percepción respecto a su

posible transformación en productos derivados. Asimismo, se recopilaron datos generales como edad, sexo y tiempo de residencia en la comunidad.

Las entrevistas permitieron complementar las respuestas del cuestionario mediante testimonios relacionados con las experiencias de los pobladores, las circunstancias en las que conocieron y consumieron el recurso y las prácticas tradicionales asociadas a su aprovechamiento. Los registros de audio y video fueron utilizados como respaldo de la información recopilada durante el trabajo de campo.

3.7.2. Recolección y preparación de la muestra de *Stangea henrici*

Las raíces de *Stangea henrici* fueron recolectadas manualmente en estado silvestre en la zona de puna ubicada en la parte alta del centro poblado de Pallcca. El punto de recolección se localizó en las coordenadas geográficas 13°51′04.59″ S y 74°09′55.50″ O, a una altitud aproximada de 4 222 m s. n. m.

3.7.3. Caracterización fitoquímica de la raíz de *Stangea henrici*

3.7.3.1. Preparación de la muestra para la caracterización fitoquímica

Las raíces fueron seleccionadas y lavadas con agua para eliminar restos de suelo e impurezas adheridas a la superficie. Posteriormente, se separó la raiz y se realizó el corte en rodajas para facilitar el proceso de secado.

Para el acondicionamiento se utilizaron 787,4 g de muestra húmeda, los cuales fueron sometidos a secado en estufa a una temperatura de 40–45 °C durante 7 días. Durante este periodo, las rodajas fueron removidas periódicamente para favorecer un secado uniforme y prevenir el desarrollo de mohos.

Finalizado el secado, se obtuvieron 91,8 g de muestra seca, que fueron sometidos a molienda hasta obtener una muestra pulverizada. Posteriormente, la muestra fue almacenada en un frasco de vidrio oscuro bajo refrigeración hasta su utilización en las determinaciones de FOS, compuestos fenólicos totales, flavonoides totales y capacidad antioxidante mediante DPPH, ABTS y FRAP.

3.7.3.2. Determinación de fructooligosacáridos (FOS)

La determinación de fructooligosacáridos (FOS) en la raíz de *Stangea henrici* se realizó mediante un método espectrofotométrico basado en la reacción de Seliwanoff con resorcinol en medio ácido, tomando como referencia el procedimiento descrito por (Petkova et al., 2013), con adaptación a condiciones de laboratorio. Para la cuantificación se empleó D-fructosa como patrón de referencia.

Preparación de los reactivos. La solución de Carrez I se preparó disolviendo 15 g de ferrocianuro de potasio trihidratado ($K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$) en agua destilada y aforando a un volumen final de 100 mL. La solución de Carrez II se preparó disolviendo 30 g de acetato de zinc dihidratado [$Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$] en agua destilada y aforando a 100 mL. Asimismo, se preparó una solución de resorcinol ($C_6H_6O_2$) al 1 % (p/v), disolviendo 1 g del reactivo en etanol (C_2H_5OH) al 95 % y completando a un volumen final de 100 mL. Para el desarrollo de la reacción colorimétrica se utilizó ácido clorhídrico concentrado (HCl).

Preparación del extracto y clarificación. Se pesaron 0,1 g de muestra seca y pulverizada de raíz de *Stangea henrici* y se adicionaron 30 mL de agua destilada. La extracción se realizó a 80 °C durante 20 min, bajo agitación constante. Finalizada esta etapa, la preparación se dejó enfriar y se adicionaron 5 mL de solución de Carrez I, seguida de agitación. Posteriormente, se agregaron 5 mL de solución de Carrez II y se homogenizó nuevamente. La mezcla se dejó reposar durante 10 min y luego se filtró utilizando papel filtro Whatman N.° 40. El filtrado obtenido se transfirió a una fiola de 50 mL y se completó el volumen con agua destilada. La extracción acuosa en caliente y la clarificación mediante soluciones de Carrez se realizaron tomando como referencia el procedimiento descrito por (Petkova et al., 2013), con adaptación a condiciones de laboratorio..

Reacción colorimétrica. Se tomaron 0,4 mL del extracto clarificado, a los cuales se adicionaron 0,2 mL de solución de resorcinol al 1 % (p/v) y 1,4 mL de HCl concentrado. La mezcla se mantuvo en baño María a 70 °C durante 15 min. Finalizado el tiempo de reacción, los tubos se retiraron del baño María y se dejaron enfriar a temperatura ambiente antes de efectuar las lecturas espectrofotométricas.

Preparación del blanco. El blanco se preparó sustituyendo el extracto de la muestra por agua destilada. Para ello, se mezclaron 0,4 mL de agua destilada, 0,2 mL de solución de resorcinol al 1 % (p/v) y 1,4 mL de HCl concentrado. La preparación se sometió a las mismas condiciones de reacción aplicadas a las muestras, manteniéndose en baño María a 70 °C durante 15 min y dejándose posteriormente enfriar a temperatura ambiente.

Determinación de la longitud de onda. Previamente a la cuantificación se realizó un barrido espectral con la finalidad de determinar experimentalmente la longitud de onda de máxima absorbancia (λmáx) bajo las condiciones del ensayo. A partir del barrido se estableció una longitud de onda de 484 nm, la cual fue utilizada para las lecturas espectrofotométricas posteriores. Este valor presentó una ligera variación respecto a los 480 nm empleados por Petkova et al. (2013).

Curva de calibración de D-fructosa. Para la construcción de la curva de calibración se utilizó D-fructosa ($C_6H_{12}O_6$) como patrón de referencia. Se preparó una solución estándar de 100 µg/mL, para lo cual se pesaron 0,05 g de D-fructosa, se disolvieron en agua destilada y se aforaron a un volumen final de 500 mL. A partir de esta solución se prepararon patrones con concentraciones de 0,5; 2; 5; 10; 15; 20; 25 y 50 µg/mL.

Cada solución patrón fue sometida a las mismas condiciones de reacción colorimétrica utilizadas para la muestra. Para ello, se tomaron 0,4 mL de cada patrón, a los cuales se adicionaron 0,2 mL de solución de resorcinol al 1 % (p/v) y 1,4 mL de HCl concentrado. Las preparaciones se mantuvieron en baño María a 70 °C durante 15 min y posteriormente se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Cada concentración fue analizada por triplicado.

A partir del promedio de las absorbancias obtenidas para cada concentración se construyó la curva de calibración mediante regresión lineal. La ecuación obtenida experimentalmente fue empleada para determinar la concentración equivalente de D-fructosa en las muestras. El uso de D-fructosa como patrón se realizó tomando como referencia el procedimiento descrito por (Petkova et al., 2013), con adaptación a condiciones de laboratorio. en el intervalo de concentraciones empleado.

Dilución del extracto. Durante las lecturas preliminares se observó que la absorbancia del extracto se encontraba fuera del intervalo de trabajo de la curva de calibración. Por esta razón, se realizó una dilución 1:20. Para ello, se tomaron 2,5 mL del extracto clarificado, se transfirieron a una fiola de 50 mL y se completó el volumen con agua destilada, obteniéndose un factor de dilución de 20.

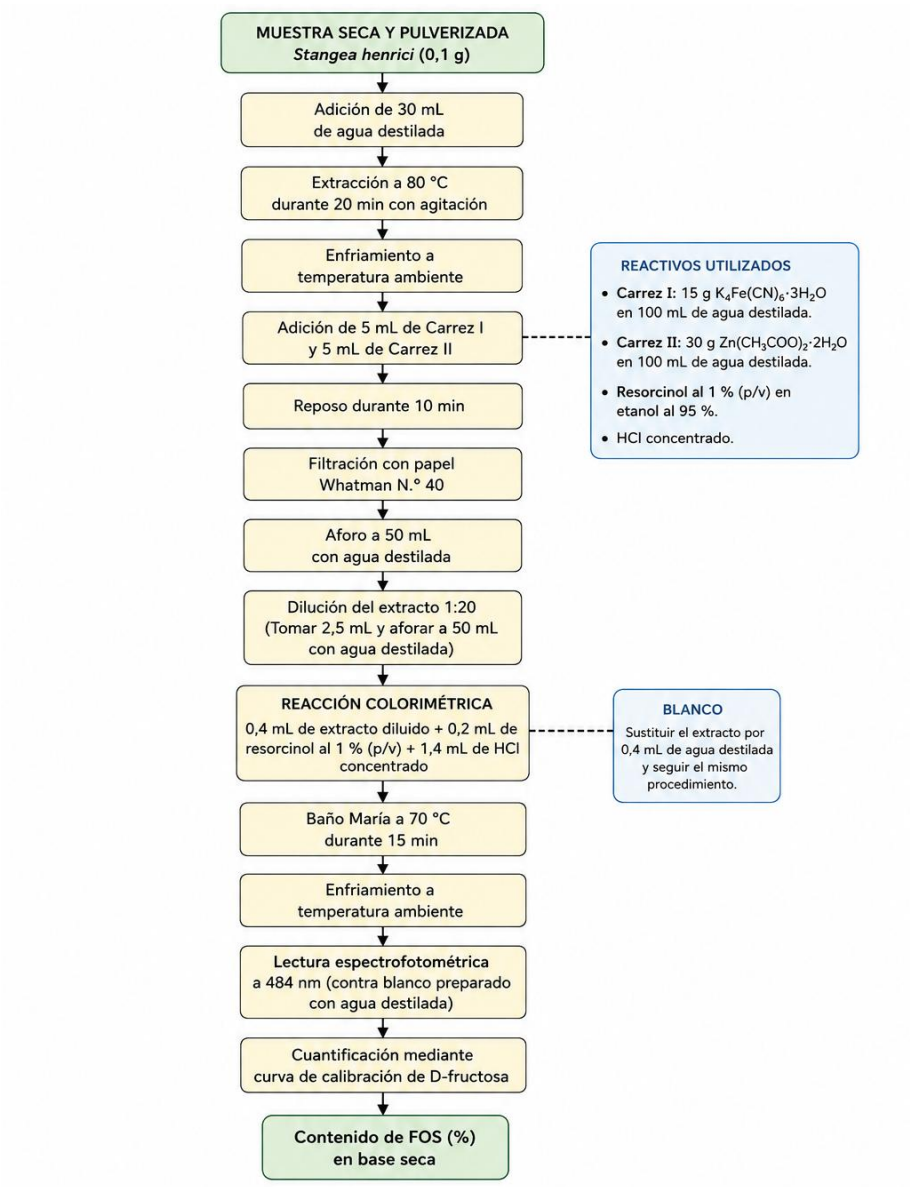
Lectura y cuantificación de la muestra. El extracto diluido fue sometido a las mismas condiciones de reacción colorimétrica utilizadas para los patrones. Las lecturas espectrofotométricas se realizaron a 484 nm, efectuándose seis determinaciones (n = 6). Las absorbancias obtenidas se relacionaron con la ecuación de regresión de la curva de calibración para determinar la concentración equivalente de D-fructosa.

La concentración correspondiente al extracto original se obtuvo aplicando el factor de dilución de 20. Para determinar el contenido final se consideraron la concentración obtenida mediante la curva de calibración, el volumen final del extracto y la masa de muestra utilizada. El contenido de fructooligosacáridos se expresó como porcentaje en base seca (%). Los valores obtenidos en las seis determinaciones fueron procesados mediante estadística descriptiva, calculándose la media aritmética y la desviación estándar.

Adaptación a condiciones de laboratorio del método. El procedimiento descrito por (Petkova et al., 2013) fue adaptado a las características de la matriz vegetal estudiada. Las principales adaptaciones a condiciones de laboratorio. correspondieron al empleo de 0,1 g de muestra seca y pulverizada de raíz de *Stangea henrici*, la extracción a 80 °C durante 20 min, la determinación experimental de la longitud de onda a 484 nm.

Figura 10

Diagrama de flujo para la determinación espectrofotométrica de fructooligosacáridos (FOS) en la raíz de Stangea henrici.



Nota. Procedimiento adaptado de Petkova et al. (2013), con adaptación a condiciones de laboratorio.

3.7.3.3. Determinación de compuestos fenólicos totales

El contenido de fenoles totales en la raíz de *Stangea henrici* se determinó mediante el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, tomando como referencia el procedimiento descrito por (Thaipong et al., 2006), con adaptacion a condiciones de laboratorio.. Para la cuantificación se empleó ácido gálico como patrón de referencia.

Preparación del extracto. Se pesó 1 g de muestra seca y pulverizada de raíz de *Stangea henrici* y se adicionaron 80 mL de metanol (CH_3OH) sin diluir. La extracción se realizó bajo agitación constante durante 4 h a temperatura ambiente. Finalizado este periodo, el extracto se transfirió a una fiola de 100 mL y se completó el volumen con el mismo solvente. El extracto metanólico obtenido se utilizó posteriormente para la determinación de fenoles totales.

Preparación de los reactivos. El reactivo de Folin-Ciocalteu se utilizó previa dilución 1:10, preparada mediante la mezcla de 1 mL del reactivo con 9 mL de agua destilada. Asimismo, se empleó una solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) 1 N para el desarrollo de la reacción colorimétrica.

Dilución del extracto. Durante las evaluaciones preliminares se observó que la absorbancia del extracto metanólico se encontraba fuera del intervalo de trabajo establecido por la curva de calibración de ácido gálico. Por esta razón, antes de efectuar la determinación se realizó una dilución 1:2. Para ello, se tomaron 25 mL del extracto metanólico, se transfirieron a una fiola de 50 mL y se completó el volumen con metanol, obteniéndose un factor de dilución de 2.

Reacción colorimétrica. Para el ensayo se tomaron 150 µL (0,15 mL) del extracto previamente diluido, a los cuales se adicionaron 2400 µL (2,4 mL) de agua destilada y 150 µL (0,15 mL) del reactivo de Folin-Ciocalteu diluido. La mezcla se homogenizó y se dejó reaccionar durante 3 min. Posteriormente, se adicionaron 300 µL (0,30 mL) de Na_2CO_3 1 N y se homogenizó nuevamente.

Las preparaciones se mantuvieron durante 2 h en oscuridad a temperatura ambiente para permitir el desarrollo de la coloración. Transcurrido este periodo, las absorbancias se determinaron mediante espectrofotometría a una longitud de onda de 725 nm, tomando como referencia el procedimiento descrito por (Thaipong et al., 2006).

Preparación del blanco. El blanco se preparó sustituyendo el extracto de la muestra por agua destilada. Para ello, se emplearon 150 µL (0,15 mL) de agua destilada, a los cuales

se adicionaron 2400 µL (2,4 mL) de agua destilada, 150 µL (0,15 mL) del reactivo de Folin-Ciocalteu diluido y 300 µL (0,30 mL) de Na_2CO_3 1 N. El blanco fue sometido a las mismas condiciones de reacción y lectura aplicadas a las muestras.

Curva de calibración de ácido gálico. Para la cuantificación de los fenoles totales se empleó ácido gálico ($C_7H_6O_5$) como patrón de referencia. Se utilizó una curva de calibración previamente obtenida a partir de concentraciones conocidas del patrón y sus respectivas absorbancias. La curva fue proporcionada por el laboratorio donde se realizaron los análisis y la ecuación de regresión lineal correspondiente se empleó para determinar la concentración equivalente de ácido gálico presente en el extracto de *Stangea henrici*.

El empleo de ácido gálico como patrón y del reactivo de Folin-Ciocalteu para la determinación de fenoles totales se realizó tomando como referencia el procedimiento descrito por (Thaipong et al., 2006).

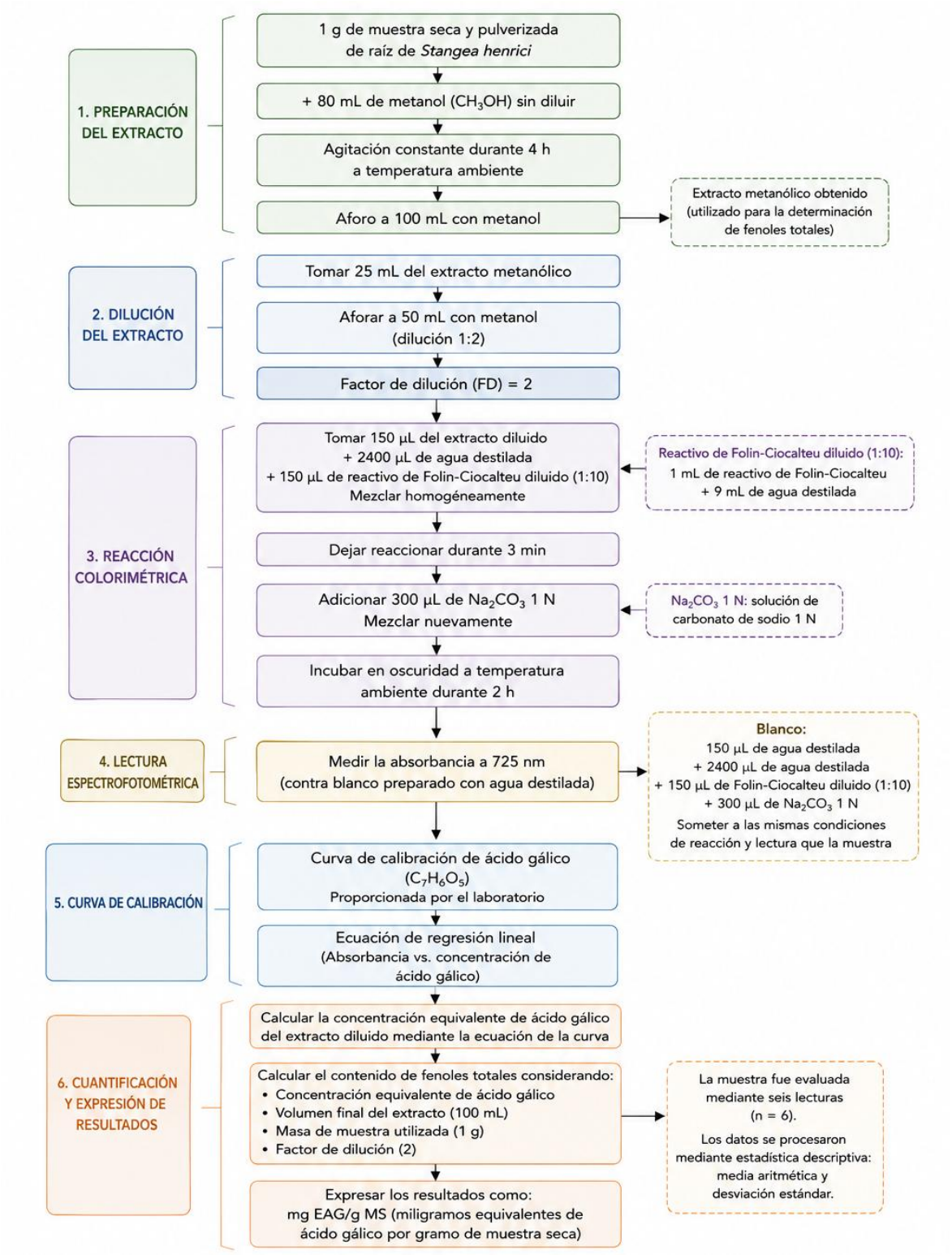
Lectura y cuantificación de la muestra. El extracto diluido fue sometido a la reacción colorimétrica descrita anteriormente. La muestra de raíz de *Stangea henrici* fue evaluada mediante seis lecturas (n = 6) a una longitud de onda de 725 nm. Las absorbancias obtenidas se relacionaron con la ecuación de regresión de la curva de calibración de ácido gálico para determinar la concentración correspondiente.

Para el cálculo del contenido de fenoles totales se consideraron la concentración equivalente de ácido gálico obtenida mediante la curva de calibración, el volumen final del extracto, la masa de muestra utilizada y el factor de dilución de 2. Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra seca (mg EAG/g MS). Los valores obtenidos en las seis determinaciones fueron procesados mediante estadística descriptiva, calculándose la media aritmética y la desviación estándar.

Adaptación a condiciones de laboratorio del método. El procedimiento descrito por (Thaipong et al., 2006) fue adaptado a las condiciones experimentales del presente estudio. La extracción se realizó empleando 1 g de muestra seca y pulverizada de raíz de *Stangea henrici* en 80 mL de metanol sin diluir, bajo agitación durante 4 h a temperatura ambiente y posterior aforo a 100 mL con el mismo solvente. Asimismo, el reactivo de Folin-Ciocalteu se utilizó previa dilución 1:10 y, debido a que la absorbancia inicial del extracto excedió el intervalo de trabajo de la curva de calibración, se aplicó una dilución 1:2 antes de la reacción colorimétrica.

Figura 11

Diagrama de flujo para la determinación de compuestos fenólicos totales



Nota. Procedimiento adaptado de (Zhishen et al., 1999) con adaptacion a condiciones de laboratorio. en la preparación del extracto y dilución de la muestra.

3.7.3.4. Determinación de flavonoides totales

El contenido de flavonoides totales en la raíz de *Stangea henrici* se determinó mediante el método espectrofotométrico descrito por (Zhishen et al., 1999), con adaptacion a condiciones de laboratorio.. El método se basa en el desarrollo de una reacción colorimétrica en presencia de nitrito de sodio ($NaNO_2$), cloruro de aluminio ($AlCl_3$) e hidróxido de sodio (NaOH), cuya intensidad de coloración se determina mediante espectrofotometría.

Preparación del extracto. Se pesó 1 g de muestra seca y pulverizada de raíz de *Stangea henrici* y se adicionaron 80 mL de metanol (CH_3OH) sin diluir. La extracción se realizó bajo agitación constante durante 4 h a temperatura ambiente. Finalizado este periodo, el extracto se transfirió a una fiola de 100 mL y se completó el volumen con el mismo solvente. El extracto metanólico obtenido se empleó para la determinación de flavonoides totales.

Preparación de los reactivos. Para el desarrollo de la reacción colorimétrica se utilizaron soluciones de nitrito de sodio ($NaNO_2$) al 5 %, cloruro de aluminio ($AlCl_3$) al 10 % e hidróxido de sodio (NaOH) al 4 %. La secuencia de adición de los reactivos se realizó tomando como referencia el procedimiento descrito por Zhishen et al. (1999), con las adaptacion a condiciones de laboratorio. efectuadas para las condiciones experimentales del presente estudio.

Reacción colorimétrica. Para cada determinación se tomaron 500 µL (0,5 mL) del extracto metanólico y se adicionaron 500 µL (0,5 mL) de agua destilada. Posteriormente, se agregaron 150 µL (0,15 mL) de $NaNO_2$ al 5 %, se homogenizó la mezcla y se dejó reaccionar durante 5 min.

Transcurrido este tiempo, se adicionaron 150 µL (0,15 mL) de $AlCl_3$ al 10 %, se homogenizó nuevamente y se dejó reaccionar durante 6 min. A continuación, se agregaron 2 mL de NaOH al 4 % y se completó el volumen final de la mezcla hasta 5 mL con agua destilada. Finalmente, los tubos se homogenizaron y se mantuvieron en oscuridad durante 15 min antes de efectuar las lecturas espectrofotométricas.

Preparación del blanco. El blanco se preparó sustituyendo el extracto de la muestra por agua destilada. Para ello, se empleó 1 mL de agua destilada y se adicionaron los reactivos correspondientes siguiendo la misma secuencia, volúmenes, tiempos de reacción y condiciones aplicadas a las muestras.

Lectura espectrofotométrica. Finalizado el periodo de reacción, las absorbancias se determinaron a una longitud de onda de 515 nm. Esta condición correspondió a una

modificación respecto al método descrito por (Zhishen et al., 1999), en el cual la lectura espectrofotométrica se realizó a 510 nm.

Curva de calibración de quercetina. Para la cuantificación de flavonoides totales se empleó quercetina ($C_{15}H_{10}O_7$) como patrón de referencia. Se utilizó una curva de calibración obtenida a partir de concentraciones conocidas de quercetina y sus respectivas absorbancias. La ecuación de regresión lineal correspondiente se empleó para determinar la concentración equivalente de quercetina presente en el extracto.

El empleo de quercetina como patrón constituyó una modificación respecto al procedimiento de (Zhishen et al., 1999), quienes utilizaron rutina como compuesto de referencia para la cuantificación de flavonoides.

Lectura y cuantificación de la muestra. Las absorbancias preliminares del extracto metanólico se encontraron dentro del intervalo de trabajo de la curva de calibración de quercetina; por esta razón, no fue necesario realizar una dilución adicional del extracto. La muestra de raíz de *Stangea henrici* fue evaluada mediante seis determinaciones (n = 6).

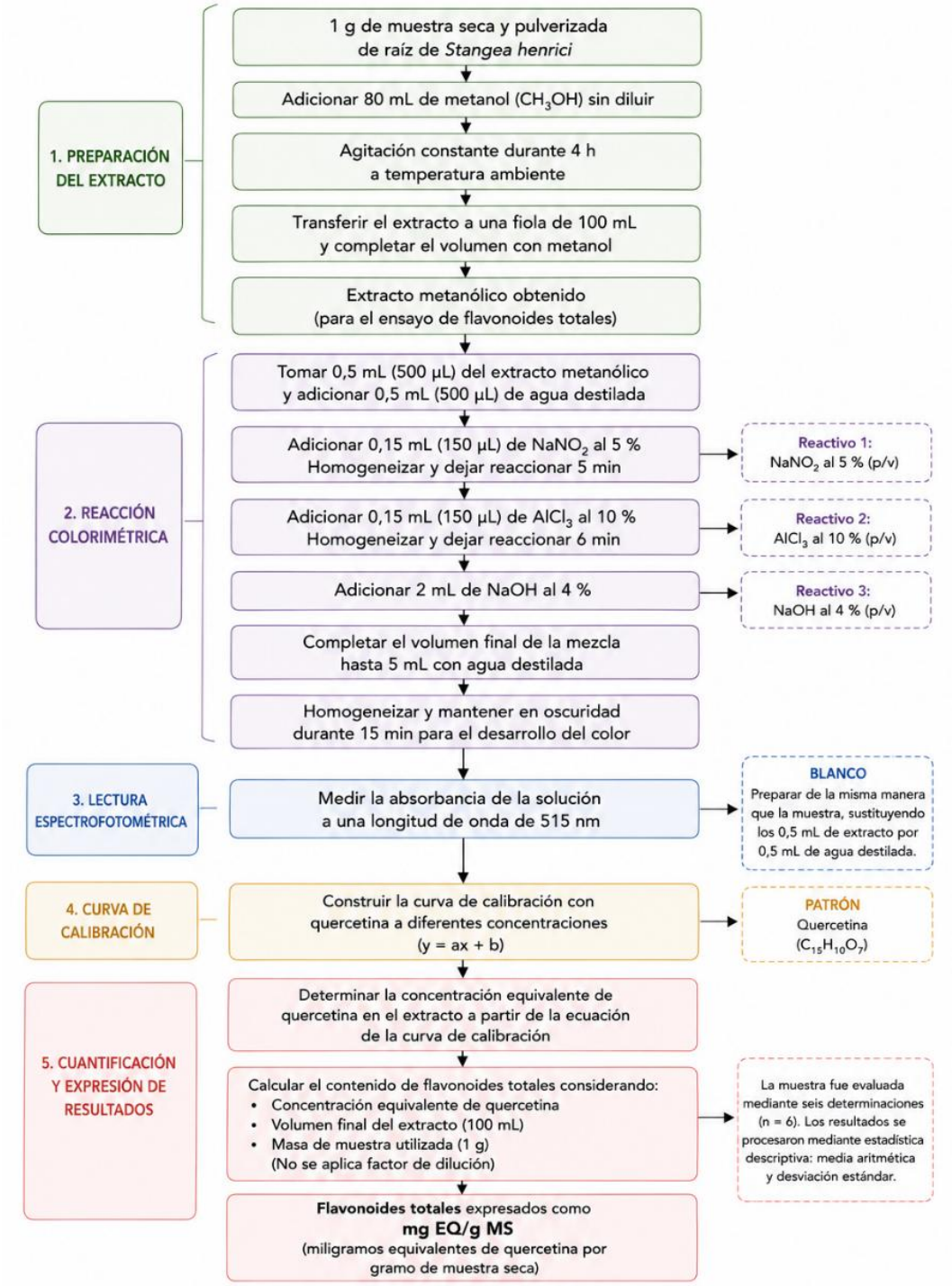
Las absorbancias obtenidas se relacionaron con la ecuación de regresión lineal de la curva de calibración para determinar la concentración equivalente de quercetina. Para el cálculo del contenido de flavonoides totales se consideraron la concentración obtenida mediante la curva de calibración, el volumen final del extracto (100 mL) y la masa de muestra utilizada (1 g). Debido a que el extracto se analizó sin dilución adicional, no se aplicó factor de dilución.

El contenido de flavonoides totales se expresó como miligramos equivalentes de quercetina por gramo de muestra seca (mg EQ/g MS). Los valores correspondientes a las seis determinaciones fueron procesados mediante estadística descriptiva, calculándose la media aritmética y la desviación estándar.

Adaptación a condiciones de laboratorio del método. El procedimiento descrito por (Zhishen et al., 1999), fue adaptado a las condiciones experimentales del presente estudio. Las principales adaptaciones. comprendieron la preparación del extracto metanólico a partir de 1 g de muestra seca y pulverizada, la extracción durante 4 h a temperatura ambiente y posterior aforo a 100 mL, el empleo de quercetina como patrón de referencia y la lectura espectrofotométrica a 515 nm. Asimismo, debido a que las absorbancias del extracto se encontraron dentro del intervalo de trabajo de la curva de calibración, no fue necesario realizar una dilución adicional.

Figura 12

Diagrama de flujo para la determinación de flavonoides totales



Nota. $NaNO_2$: nitrito de sodio; $AlCl_3$: cloruro de aluminio; NaOH: hidróxido de sodio; EQ: equivalentes de quercetina; MS: materia seca. Procedimiento adaptado de (Zhishen et al., 1999), adaptado a condiciones de laboratorio.

3.7.3.5. Determinación de la capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de la raíz de *Stangea henrici* se evaluó mediante los métodos DPPH, ABTS y FRAP, utilizando un extracto metanólico de la muestra seca y pulverizada. Estos métodos permitieron evaluar la capacidad antioxidante del extracto mediante diferentes mecanismos de reacción.

Preparación del extracto metanólico. Se pesó 1 g de muestra seca y pulverizada de raíz de *Stangea henrici* y se adicionaron inicialmente 80 mL de metanol. La mezcla se mantuvo en agitación durante 4 h a temperatura ambiente. Finalizado el proceso de extracción, el extracto se transfirió a una fiola de 100 mL y se aforó con metanol hasta completar el volumen. El extracto metanólico obtenido se utilizó para las determinaciones de capacidad antioxidante mediante los métodos DPPH, ABTS y FRAP.

3.7.3.5.1. Método DPPH

La capacidad antioxidante de la raíz de *Stangea henrici* se determinó mediante el ensayo del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), tomando como referencia el método descrito por (Thaipong et al., 2006), con adaptación a condiciones de laboratorio.. El método se fundamenta en la capacidad de los compuestos antioxidantes presentes en el extracto para reducir el radical DPPH, produciendo una disminución de la absorbancia que puede ser determinada espectrofotométricamente.

Preparación del extracto. Se pesó 1 g de muestra seca y pulverizada de raíz de *Stangea henrici* y se adicionaron 80 mL de metanol (CH_3OH). La extracción se realizó bajo agitación constante durante 4 h a temperatura ambiente. Posteriormente, el extracto se transfirió a una fiola de 100 mL y se completó el volumen con metanol. El extracto metanólico obtenido se utilizó para la determinación de la capacidad antioxidante.

Dilución del extracto. Debido a que las lecturas preliminares del extracto se encontraban fuera del intervalo de trabajo de la curva de calibración, se realizó una dilución 1:2. Para ello, se tomaron 25 mL del extracto metanólico, se transfirieron a una fiola de 50 mL y se completó el volumen con metanol. Esta dilución correspondió a un factor de dilución de 2, el cual fue considerado en el cálculo final.

Preparación de la solución de DPPH. Se pesaron 24 mg (0,024 g) de DPPH y se disolvieron en metanol hasta completar un volumen de 100 mL. A partir de esta solución se preparó la solución de trabajo, tomando 40 mL y adicionando 180 mL de metanol. La solución de trabajo se ajustó hasta alcanzar una absorbancia de 1,1 ± 0,022 y se mantuvo protegida de la luz hasta su utilización.

Preparación del blanco. Para la puesta a cero del espectrofotómetro se utilizó metanol como blanco. Asimismo, para el blanco de reacción se mezclaron 2,85 mL de la solución de DPPH con 0,15 mL de metanol, manteniendo un volumen final de reacción de 3,0 mL.

Reacción con DPPH. Para la evaluación de la muestra se mezclaron 2,85 mL de la solución de DPPH con 0,15 mL del extracto previamente diluido, obteniéndose un volumen final de 3,0 mL. Las preparaciones fueron homogenizadas y posteriormente sometidas a lectura espectrofotométrica. El análisis de la muestra se realizó mediante seis determinaciones (n = 6).

Lectura espectrofotométrica. Las absorbancias correspondientes al blanco de reacción y a las muestras se determinaron a una longitud de onda de 517 nm. La disminución de la absorbancia del radical DPPH en presencia del extracto fue utilizada como indicador de su capacidad antioxidante.

Curva de calibración con Trolox. Para la cuantificación de la capacidad antioxidante se empleó Trolox como patrón de referencia. Se utilizó una curva de calibración obtenida a partir de concentraciones conocidas del estándar y sus respectivas absorbancias. La relación entre la concentración de Trolox y la absorbancia se estableció mediante regresión lineal, y la ecuación obtenida se utilizó para determinar la capacidad antioxidante equivalente a Trolox de las muestras analizadas.

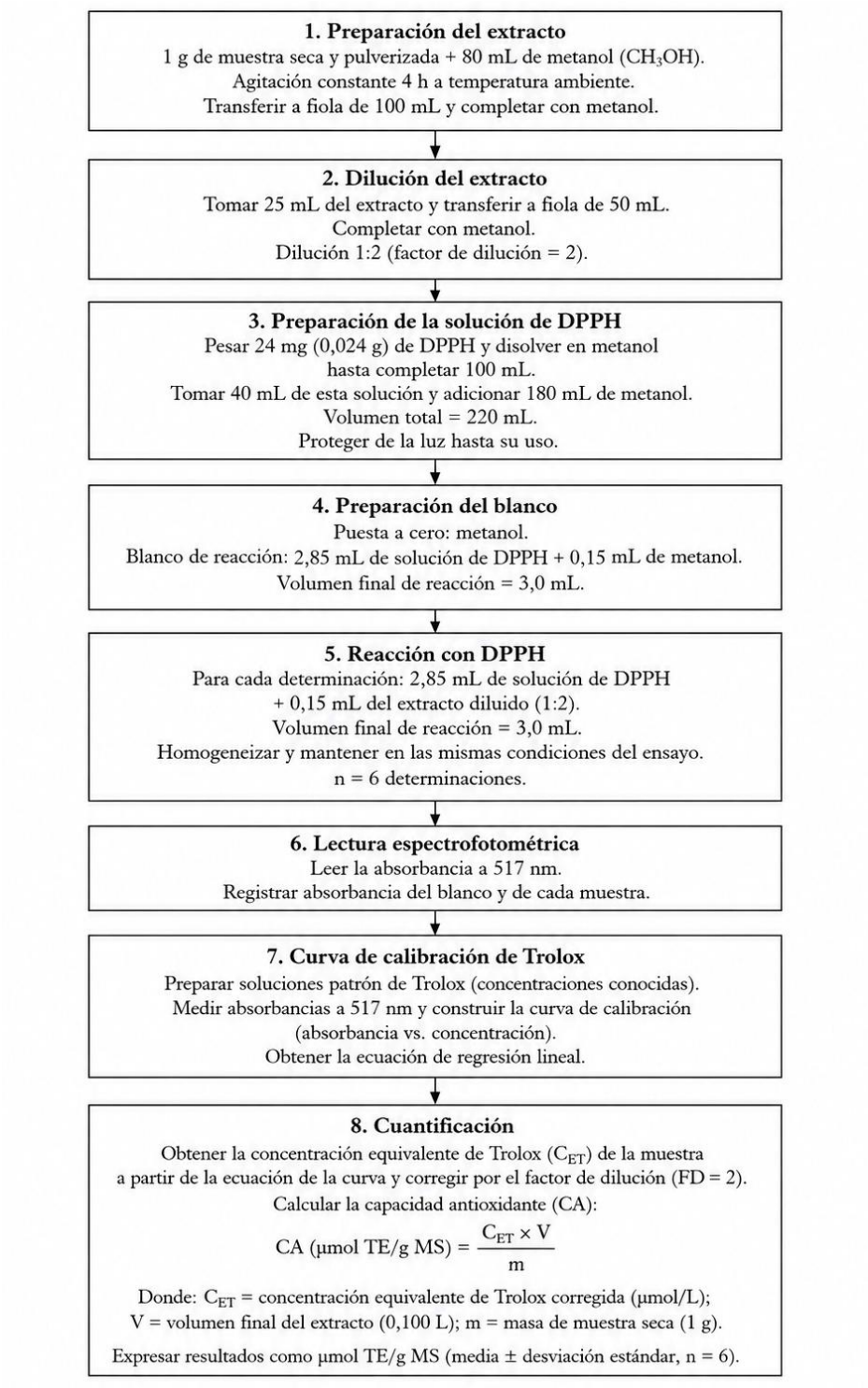
Cuantificación de la capacidad antioxidante. Las absorbancias obtenidas en las seis determinaciones se relacionaron con la ecuación de regresión de la curva de calibración de Trolox. Para el cálculo final se consideraron la concentración equivalente obtenida mediante la curva, el volumen final del extracto, la masa de muestra utilizada y el factor de dilución de 2 correspondiente a la dilución 1:2 realizada antes del ensayo.

Los resultados se expresaron como equivalentes de Trolox por gramo de muestra seca, y los valores correspondientes a las seis determinaciones fueron procesados mediante estadística descriptiva, calculándose la media aritmética y la desviación estándar.

Adaptación a condiciones de laboratorio del método. El procedimiento de referencia fue adaptado a las condiciones experimentales del presente estudio. Se empleó un extracto obtenido a partir de 1 g de muestra seca y pulverizada en metanol, con extracción durante 4 h y aforo final a 100 mL. Debido a que las lecturas iniciales se encontraban fuera del intervalo de trabajo, el extracto fue diluido en una proporción 1:2. Para la reacción se emplearon 0,15 mL del extracto diluido y 2,85 mL de la solución de DPPH, y las lecturas se realizaron a 517 nm.

Figura 13

Diagrama de flujo para la determinación de la capacidad antioxidante mediante DPPH en la raíz de Stangea henrici.



Nota. DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo; TE: equivalentes de Trolox; MS: materia seca; FD: factor de dilución. Procedimiento adaptado de Thaipong et al. (2006), adaptado a condiciones de laboratorio.

3.7.3.5.2. Método ABTS

La capacidad antioxidante de la raíz de *Stangea henrici* se determinó mediante el ensayo del radical ABTS, tomando como referencia el procedimiento descrito por (Thaipong et al., 2006), con adaptación a condiciones de laboratorio.. El método se fundamenta en la capacidad de los compuestos antioxidantes presentes en el extracto para reducir el radical ABTS, provocando una disminución de su absorbancia, la cual se determina espectrofotométricamente.

Preparación del extracto. Se pesó 1 g de muestra seca y pulverizada de raíz de *Stangea henrici* y se adicionaron 80 mL de metanol (CH_3OH). La extracción se realizó bajo agitación constante durante 4 h a temperatura ambiente. Finalizado este periodo, el extracto se transfirió a una fiola de 100 mL y se completó el volumen con metanol. El extracto metanólico obtenido se utilizó para la determinación de la capacidad antioxidante.

Dilución del extracto. Debido a que las lecturas preliminares del extracto se encontraban fuera del intervalo de trabajo establecido para el ensayo, se realizó una dilución 1:2. Para ello, se tomaron 25 mL del extracto metanólico, se transfirieron a una fiola de 50 mL y se completó el volumen con metanol. Esta dilución correspondió a un factor de dilución de 2, considerado posteriormente en la cuantificación.

Preparación de la solución de ABTS. Se pesaron 40,60 mg de ABTS y se disolvieron en 10 mL de agua destilada. De manera independiente, se pesaron 7 mg de persulfato de potasio, los cuales se disolvieron en 10 mL de agua destilada. Ambas soluciones se mezclaron y se dejaron reposar durante 12 h para favorecer la formación del radical ABTS.

Preparación de la solución de trabajo. A partir de la solución de ABTS obtenida se preparó la solución de trabajo mediante su dilución con metanol en una relación 1:60. De acuerdo con el volumen requerido para el análisis, se emplearon 4 mL de la solución de ABTS y 240 mL de metanol. La solución de trabajo fue ajustada hasta alcanzar una absorbancia aproximada de 1,1 ± 0,022 antes de realizar las determinaciones.

Preparación del blanco. Para la puesta a cero del espectrofotómetro se utilizó metanol. Asimismo, el blanco de reacción se preparó mezclando 0,15 mL de metanol con 2,85 mL de la solución de trabajo de ABTS, obteniéndose un volumen final de 3,0 mL. El blanco fue sometido a las mismas condiciones de reacción y lectura empleadas para las muestras.

Reacción con ABTS. Para cada determinación se mezclaron 0,15 mL del extracto previamente diluido con 2,85 mL de la solución de trabajo de ABTS, obteniéndose un volumen final de reacción de 3,0 mL. Las preparaciones fueron homogenizadas y se mantuvieron en oscuridad durante 2 h antes de efectuar las lecturas espectrofotométricas.

Lectura espectrofotométrica. Finalizado el periodo de reacción, las absorbancias de las muestras se determinaron a una longitud de onda de 734 nm. La disminución de la absorbancia del radical ABTS en presencia del extracto se utilizó como indicador de la capacidad antioxidante de la muestra.

Curva de calibración con Trolox. Para la cuantificación de la capacidad antioxidante se empleó Trolox como patrón de referencia. Se utilizó una curva de calibración obtenida a partir de concentraciones conocidas del estándar y sus respectivas absorbancias. La relación entre la concentración de Trolox y la absorbancia se estableció mediante regresión lineal, cuya ecuación se empleó para determinar la capacidad antioxidante equivalente a Trolox del extracto analizado.

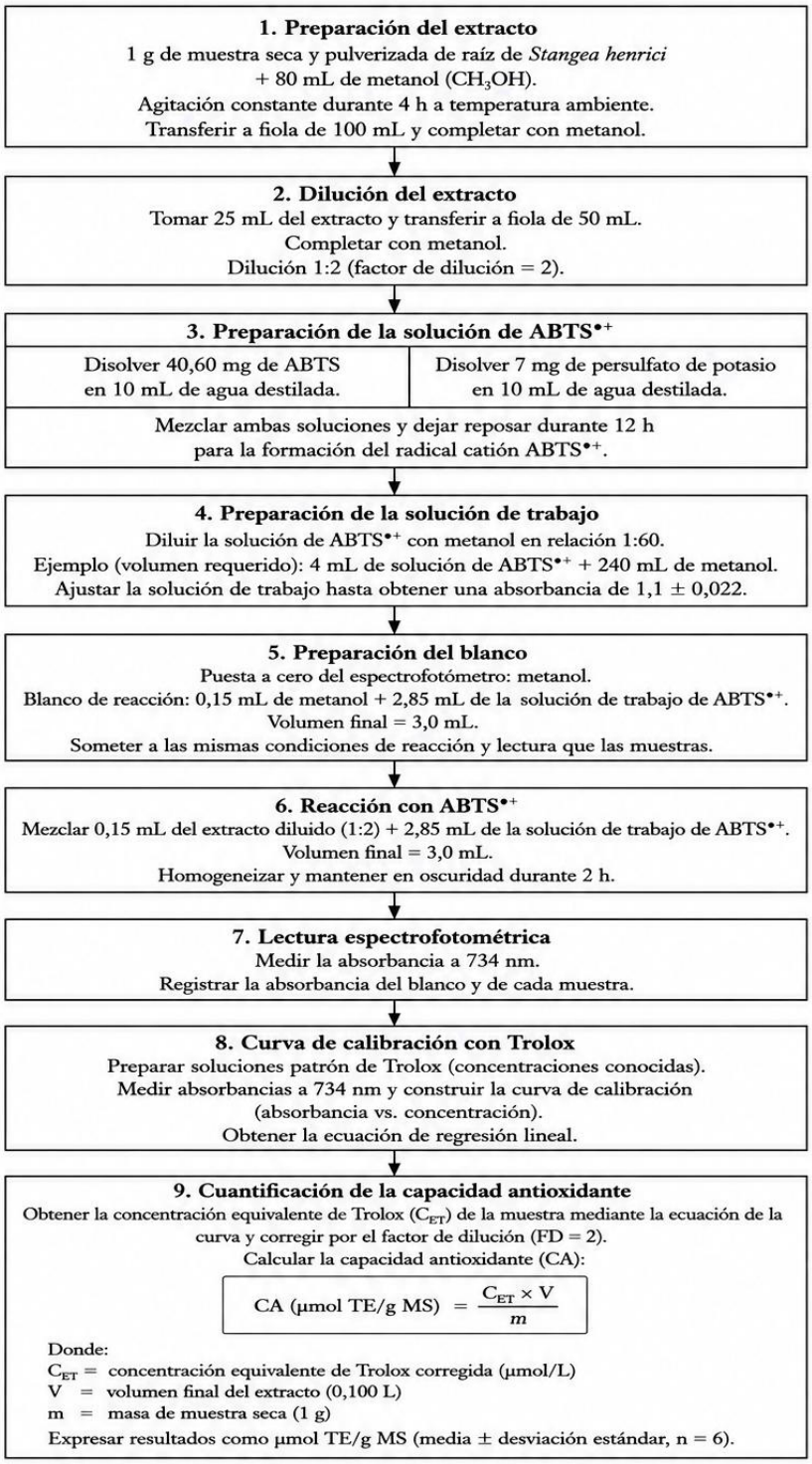
Cuantificación de la capacidad antioxidante. La muestra de raíz de *Stangea henrici* fue evaluada mediante seis determinaciones (n = 6). Las absorbancias obtenidas a 734 nm se relacionaron con la ecuación de regresión de la curva de calibración de Trolox. Para el cálculo final se consideraron la concentración equivalente determinada mediante la curva, el volumen final del extracto, la masa de muestra utilizada y el factor de dilución de 2 correspondiente a la dilución 1:2.

Los resultados se expresaron como equivalentes de Trolox por gramo de muestra seca, y los valores obtenidos en las seis determinaciones fueron procesados mediante estadística descriptiva, calculándose la media aritmética y la desviación estándar.

Adaptación a condiciones de laboratorio del método. El procedimiento descrito por (Thaipong et al., 2006) fue adaptado a las condiciones experimentales del presente estudio. El extracto se obtuvo a partir de 1 g de muestra seca y pulverizada, mediante extracción con metanol durante 4 h y posterior aforo a 100 mL. Debido a que las lecturas iniciales se encontraban fuera del intervalo de trabajo, se realizó una dilución 1:2 del extracto. Para la reacción se utilizaron 0,15 mL del extracto diluido y 2,85 mL de la solución de trabajo de ABTS, manteniéndose las preparaciones en oscuridad durante 2 h antes de su lectura a 734 nm.

Figura 14

Diagrama de flujo para la determinación de la capacidad antioxidante mediante ABTS en la raíz de Stangea henrici.



Nota. ABTS•+: radical catión 2,2′-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico); TE: equivalentes de Trolox; MS: materia seca; FD: factor de dilución. Procedimiento adaptado de Thaipong et al. (2006), con adaptacion a condiciones de laboratorio..

3.7.3.5.3. Método FRAP

La capacidad antioxidante de la raíz de *Stangea henrici* se determinó mediante el ensayo de poder antioxidante reductor férrico (FRAP), tomando como referencia el procedimiento descrito por Thaipong et al. (2006), con adaptacion a condiciones de laboratorio.. El método se fundamenta en la capacidad de los compuestos antioxidantes presentes en el extracto para reducir el hierro férrico (Fe^{3+}) a hierro ferroso (Fe^{2+}), generándose un complejo coloreado cuya absorbancia puede determinarse espectrofotométricamente.

Preparación del extracto. Se pesó 1 g de muestra seca y pulverizada de raíz de *Stangea henrici* y se adicionaron 80 mL de metanol (CH_3OH). La extracción se realizó bajo agitación constante durante 4 h a temperatura ambiente. Finalizado este periodo, el extracto se transfirió a una fiola de 100 mL y se completó el volumen con metanol. El extracto metanólico obtenido se utilizó para la determinación de la capacidad antioxidante.

Dilución del extracto. Debido a que las lecturas preliminares del extracto se encontraban fuera del intervalo de trabajo establecido para el ensayo, se realizó una dilución 1:2. Para ello, se tomaron 25 mL del extracto metanólico, se transfirieron a una fiola de 50 mL y se completó el volumen con metanol, obteniéndose un factor de dilución de 2.

Preparación del tampón acetato. Para la preparación del tampón acetato se pesaron 810 mg de acetato de sodio y se adicionaron 1,6 mL de ácido acético glacial. La preparación se realizó en una fiola de 100 mL y se completó el volumen con agua destilada. El pH de la solución se ajustó a 3,6.

Preparación de la solución de cloruro férrico. Se pesaron 54,1 mg de cloruro férrico, los cuales se disolvieron y aforaron a un volumen final de 10 mL

Preparación de la solución de TPTZ. Se pesaron 31,2 mg de TPTZ [2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina], los cuales se disolvieron y aforaron a 10 mL con una solución de HCl 40 mmol/L.

Preparación del reactivo FRAP. El reactivo de trabajo FRAP se preparó mezclando 25 mL del tampón acetato, 2,5 mL de la solución de cloruro férrico y 2,5 mL de la solución de TPTZ, obteniéndose un volumen total de 30 mL. La mezcla se homogenizó antes de su utilización.

Preparación del blanco. El blanco de reacción se preparó sustituyendo el extracto de la muestra por metanol. Para ello, se mezclaron 2,85 mL del reactivo FRAP con 0,15 mL

de metanol, manteniendo las mismas condiciones experimentales aplicadas a las muestras.

Reacción FRAP. Para cada determinación se mezclaron 2,85 mL del reactivo FRAP con 0,15 mL del extracto previamente diluido. Las preparaciones se homogenizaron y se mantuvieron en baño María a 37 °C durante 30 min para favorecer el desarrollo de la reacción.

Lectura espectrofotométrica. Transcurridos los 30 min de reacción, las absorbancias se determinaron a una longitud de onda de 593 nm. El incremento de la absorbancia producido por la formación del complejo ferroso se utilizó como indicador del poder reductor del extracto de *Stangea henrici*.

Curva de calibración con Trolox. Para la cuantificación de la capacidad antioxidante se empleó Trolox como patrón de referencia. Se utilizó una curva de calibración construida a partir de concentraciones conocidas del estándar y sus respectivas absorbancias. La relación entre la concentración de Trolox y la absorbancia se determinó mediante regresión lineal, y la ecuación obtenida se utilizó para calcular la capacidad antioxidante equivalente a Trolox de las muestras.

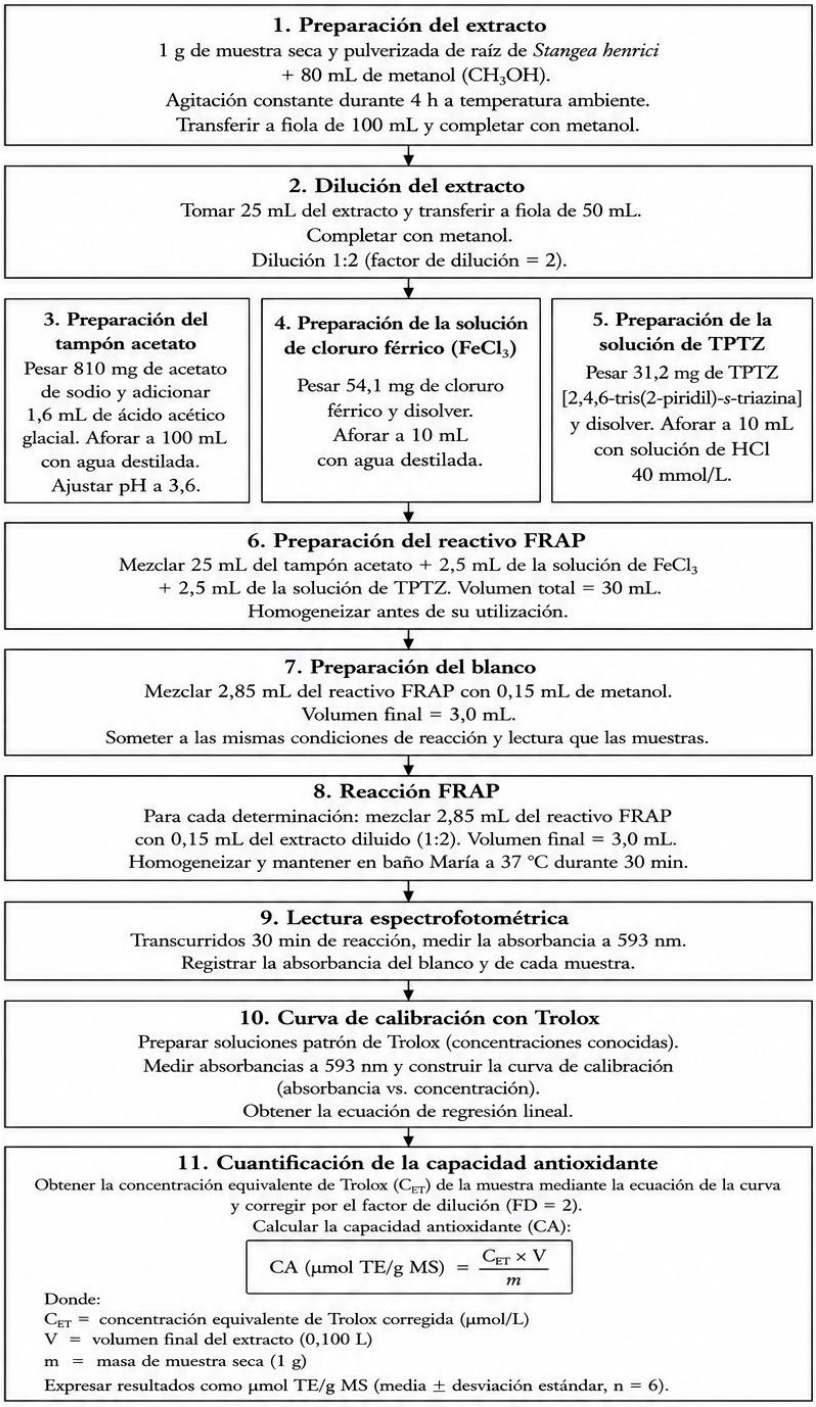
Cuantificación de la capacidad antioxidante. La muestra de raíz de *Stangea henrici* fue evaluada mediante seis determinaciones (n = 6). Las absorbancias obtenidas a 593 nm se relacionaron con la ecuación de regresión de la curva de calibración de Trolox. Para el cálculo final se consideraron la concentración equivalente determinada mediante la curva, el volumen final del extracto, la masa de muestra utilizada y el factor de dilución de 2.

Los resultados se expresaron como equivalentes de Trolox por gramo de muestra seca, y las determinaciones fueron procesadas mediante estadística descriptiva, calculándose la media aritmética y la desviación estándar.

Adaptación a condiciones de laboratorio del método. El procedimiento descrito por (Thaipong et al., 2006) fue adaptado a las condiciones experimentales del presente estudio. El extracto se obtuvo a partir de 1 g de muestra seca y pulverizada mediante extracción con metanol durante 4 h y posterior aforo a 100 mL. Debido a que las lecturas iniciales se encontraron fuera del intervalo de trabajo, se realizó una dilución 1:2. Para la reacción se emplearon 0,15 mL del extracto diluido y 2,85 mL del reactivo FRAP, con baño maría a 37 °C durante 30 min y posterior lectura a 593 nm.

Figura 15

Diagrama de flujo para la determinación de la capacidad antioxidante mediante FRAP en la raíz de Stangea henrici.



Nota. FRAP: poder antioxidante reductor férrico; TPTZ: 2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina; $FeCl_3$: cloruro férrico; TE: equivalentes de Trolox; MS: materia seca; FD: factor de dilución. Procedimiento adaptado de (Thaipong et al., 2006), adaptado a condiciones de laboratorio..

3.7.4. Caracterización nutricional de la raíz de *Stangea henrici*

La caracterización nutricional de la raíz de *Stangea henrici* se realizó mediante análisis químico proximal en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), utilizando una muestra de raíz deshidratada. Las determinaciones de humedad, proteína, extracto etéreo, cenizas totales y fibra cruda se realizaron mediante métodos AOAC consignados en la constancia emitida por el laboratorio. La materia seca y los carbohidratos totales se determinaron mediante cálculo, mientras que el valor energético se obtuvo mediante el método de Atwater.

Humedad. El contenido de humedad se determinó mediante el método gravimétrico por pérdida de masa en estufa, de acuerdo con el método AOAC 934.01, a una temperatura de 105 °C. El resultado se expresó como porcentaje de humedad de la muestra analizada.

$$\text{Humedad}(\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100$$

donde (mi) corresponde a la masa inicial de la muestra y (mf) a la masa obtenida después del secado.

Materia seca. El contenido de materia seca se determinó a partir de la masa remanente después del secado realizado para la determinación de humedad. Su contenido porcentual se obtuvo como el complemento del porcentaje de humedad:

$$\text{Materia seca}(\%) = 100 - \text{Humedad}(\%)$$

Proteína total. El contenido de proteína se determinó mediante el método Kjeldahl, AOAC 2001.11. El contenido de proteína se calculó a partir del nitrógeno determinado empleando el factor de conversión N × 6,25, y el resultado se expresó en porcentaje.

Extracto etéreo. El contenido de extracto etéreo se determinó mediante extracción con solvente utilizando el método Soxhlet, AOAC 920.39. La fracción extraída se determinó gravimétricamente y el resultado se expresó en porcentaje.

Fibra cruda. El contenido de fibra cruda se determinó mediante el método AOAC 962.09, basado en la digestión ácido-alcalina de la muestra y la determinación gravimétrica de la fracción residual. El resultado se expresó en porcentaje.

Cenizas totales. El contenido de cenizas totales se determinó mediante el método AOAC 942.05, por incineración de la muestra a 550 °C. El residuo mineral obtenido después

de la incineración se determinó gravimétricamente y el resultado se expresó en porcentaje.

Carbohidratos totales. El contenido de carbohidratos totales se obtuvo por diferencia, considerando los componentes determinados mediante el análisis químico proximal. El cálculo se realizó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Carbohidratos}(\%) = 100 - [\%H + \%P + \%EE + \%FC + \%C]$$

donde (H) corresponde a humedad; (P), proteína total; (EE), extracto etéreo; (FC), fibra cruda; y (C), cenizas totales.

Valor energético. El valor energético de la muestra se determinó mediante el método de Atwater, a partir de los componentes energéticos correspondientes, y se expresó en kilocalorías por 100 g de muestra (kcal/100 g).

3.7.5. Caracterización etnobotánica

La caracterización etnobotánica de *Stangea henrici* se realizó en el centro poblado de Pallcca, distrito de Sacsamarca, provincia de Huanca Sancos, Ayacucho, con la finalidad de identificar y describir el conocimiento local asociado con la especie, conocida en la zona como chicuru. Se evaluaron aspectos relacionados con su conocimiento, usos tradicionales, consumo, formas de preparación, parte utilizada, valoración comunitaria y transmisión del conocimiento.

La recopilación de información se realizó mediante dos técnicas complementarias: una encuesta estructurada y entrevistas semiestructuradas. El empleo de estas técnicas permitió obtener información cuantitativa sobre la distribución de las respuestas y complementar su interpretación con información cualitativa relacionada con las experiencias y conocimientos de los pobladores (Albuquerque et al., 2014).

Encuesta estructurada. La encuesta fue aplicada a 25 pobladores del centro poblado de Pallcca. Como instrumento se empleó un cuestionario elaborado para la presente investigación y revisado por el asesor de tesis antes de su aplicación. El instrumento incluyó datos generales de los participantes —edad, sexo y tiempo de residencia— y preguntas relacionadas con el conocimiento del chicuru, forma de adquisición de dicho conocimiento, usos atribuidos, consumo actual o pasado, formas de consumo, parte utilizada, grupos poblacionales asociados con su consumo, valor atribuido al recurso en la comunidad y aceptación de su posible transformación en nuevos productos.

Entrevistas semiestructuradas. De manera complementaria, se realizaron entrevistas a cinco pobladores de diferentes edades con la finalidad de profundizar en los

conocimientos y experiencias relacionados con el chicuru. Las entrevistas abordaron aspectos vinculados con el reconocimiento de la especie, recolección, formas tradicionales de consumo y preparación, usos atribuidos y transmisión del conocimiento entre generaciones. Los registros obtenidos fueron utilizados para complementar y contextualizar la información procedente de las encuestas.

Autorización y participación. Previamente al trabajo de campo, se contó con una constancia de autorización suscrita por el teniente gobernador del centro poblado de Pallcca para la recolección de muestras de *Stangea henrici* y la realización de la caracterización etnobotánica. La participación de los pobladores fue voluntaria y el registro de las entrevistas se efectuó con autorización de los participantes.

3.8. Procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos durante la caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de *Stangea henrici* fueron organizados, sistematizados y procesados de acuerdo con la naturaleza de las variables evaluadas. Para el tratamiento de los datos cuantitativos se empleó estadística descriptiva, mientras que la información cualitativa procedente del componente etnobotánico fue organizada y analizada de acuerdo con la similitud temática de las respuestas y testimonios obtenidos.

Análisis de los datos fitoquímicos. Los resultados experimentales correspondientes a fructooligosacáridos (FOS), compuestos fenólicos totales y flavonoides totales fueron registrados y organizados en hojas de cálculo. Para las determinaciones realizadas con seis repeticiones (n = 6) se calculó la media aritmética y la desviación estándar como medidas de tendencia central y dispersión, respectivamente.

La media aritmética se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

donde:

$\bar{x}$ = media aritmética.
(xi) = valor obtenido en cada determinación.

(n) = número de determinaciones.

La desviación estándar muestral se calculó mediante:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

donde:

(s) = desviación estándar;
(xi) = valor obtenido en cada determinación.
$\bar{x}$ = media aritmética.
(n) = número de determinaciones.

Los resultados fueron expresados como media ± desviación estándar, conservando las unidades correspondientes a cada determinación.

Análisis de la capacidad antioxidante. Los resultados de los ensayos DPPH, ABTS y FRAP fueron procesados utilizando las respectivas curvas de calibración de Trolox. Las absorbancias obtenidas en cada determinación se relacionaron con las ecuaciones de regresión lineal para obtener la concentración equivalente de Trolox. Posteriormente, esta concentración fue corregida considerando el factor de dilución aplicado al extracto y expresada respecto al volumen final del extracto y la masa de muestra seca utilizada.

La capacidad antioxidante se calculó mediante la siguiente expresión:

$$CA = \frac{C \times FD \times V}{m}$$

donde:

CA= capacidad antioxidante (µmol TE/g MS).

C= concentración equivalente de Trolox obtenida mediante la curva de calibración (µmol/L).

FD = factor de dilución aplicado al extracto.

V = volumen final del extracto (L).

m = masa de muestra seca utilizada (g).

Los resultados correspondientes a DPPH, ABTS y FRAP se expresaron como micromoles equivalentes de Trolox por gramo de materia seca (µmol TE/g MS) y fueron reportados como media ± desviación estándar de seis determinaciones (n = 6).

Análisis de la composición nutricional. Los resultados del análisis químico proximal proporcionados por el laboratorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga fueron organizados de acuerdo con los componentes determinados: humedad, materia seca, proteína total, extracto

etéreo, carbohidratos, fibra cruda, cenizas totales y valor energético. Los resultados fueron presentados en las unidades consignadas en el informe de laboratorio y organizados en tablas para facilitar su descripción e interpretación.

Análisis de los datos etnobotánicos. La información obtenida de los 25 participantes del centro poblado de Pallcca fue organizada y sistematizada de acuerdo con el tipo de información recopilada. Las respuestas correspondientes a las preguntas cerradas fueron procesadas mediante frecuencias absolutas (n) y frecuencias relativas (%).

La frecuencia relativa se calculó mediante:

$$\text{Frecuencia relativa } (\%) = \frac{n_i}{N} \times 100$$

donde:

(ni) = número de participantes correspondiente a una determinada categoría de respuesta;
(N) = número total de participantes considerados en el estudio (N = 25 y 20).

La información obtenida mediante los testimonios de los cinco participantes fue organizada y analizada cualitativamente mediante categorías temáticas. Para ello, se revisaron los relatos, se identificaron ideas recurrentes y se agruparon de acuerdo con aspectos relacionados con la transmisión del conocimiento, contexto de consumo, prácticas de recolección, formas de preparación, usos tradicionales y cambios en la continuidad del consumo. Los participantes fueron codificados como E1, E2, E3, E4 y E5 para organizar la información. Posteriormente, los hallazgos cualitativos fueron contrastados y utilizados para complementar la interpretación de los resultados obtenidos mediante las encuestas.

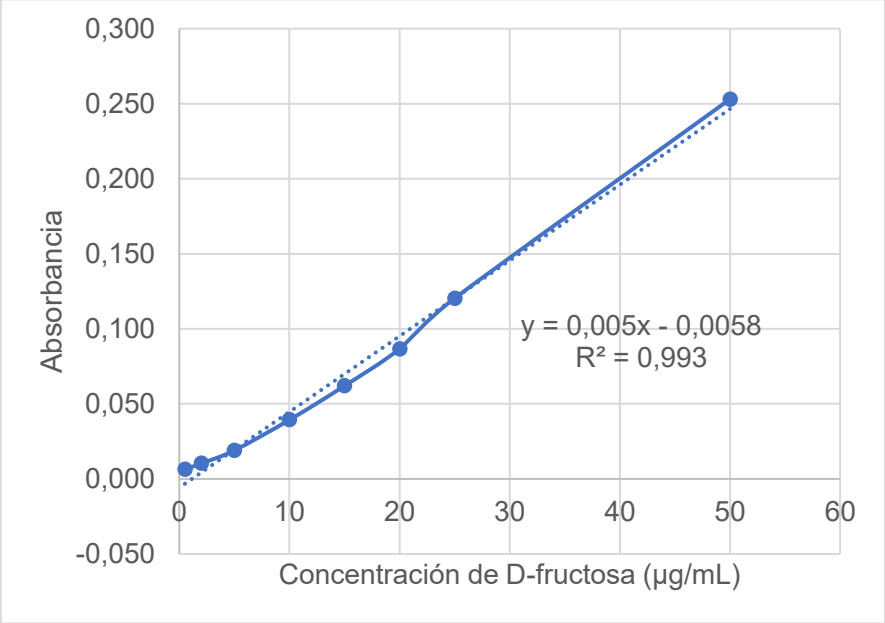
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de fructooligosacáridos en la raíz de *Stangea henrici*

Para determinar el contenido de fructooligosacáridos (FOS) en la raíz de *Stangea henrici*, se utilizó D-fructosa como patrón de referencia. A partir de las concentraciones evaluadas y sus respectivas absorbancias se obtuvo la curva de calibración presentada en la Figura 16.

Figura 16

Curva de calibración de D-fructosa para la determinación de fructooligosacáridos



Nota. Los valores se expresan como media ± desviación estándar (n = 6). Para el cálculo se consideró un factor de dilución de 20, un volumen final del extracto de 50 mL y una masa de muestra seca de 0,1 g. El contenido de FOS se expresó como porcentaje equivalente de fructosa, empleando D-fructosa como patrón de referencia.

La curva de calibración presentó la siguiente ecuación de regresión lineal:

$$Y = 0{,}005x - 0{,}0058.$$

y un coeficiente de determinación de:

$$R^2 = 0{,}993.$$

donde (y) corresponde a la absorbancia y (x) a la concentración de D-fructosa expresada en µg/mL. El coeficiente de determinación obtenido mostró una adecuada relación lineal entre ambas variables dentro del intervalo de concentraciones evaluado.

La concentración de la muestra se calculó a partir de las absorbancias obtenidas en las seis determinaciones y de la ecuación de la curva de calibración. Para obtener el contenido final se consideró la dilución 1:20 realizada antes de la lectura, equivalente a un factor de dilución de 20, así como el volumen final del extracto de 50 mL y la masa de muestra seca utilizada de 0,1 g.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

Contenido de fructooligosacáridos en la raíz de Stangea henrici

Muestra	n	Concentración en solución diluida (µg/mL)	Contenido de FOS (% equivalente a fructosa)
Raíz de *Stangea henrici*	6	32,13 ± 0,39	32,13 ± 0,39

La raíz de *Stangea henrici* presentó un contenido de FOS de 32,13 ± 0,39 % equivalente a fructosa, en materia seca. Este resultado constituye una aproximación cuantitativa de los FOS presentes en la muestra bajo las condiciones analíticas empleadas en la investigación.

Como principal referencia para el chicuru, Campos et al. (2009) reportaron en raíces de *Stangea rhizanta* un contenido de 37,6 ± 2,3 g de FOS/100 g de materia seca. Numéricamente, este valor corresponde a 37,6 % en materia seca y resulta 5,47 puntos porcentuales superior al valor obtenido en *S. henrici*. Sin embargo, esta comparación debe considerarse referencial, debido a que los resultados corresponden a especies diferentes y fueron obtenidos mediante procedimientos analíticos distintos.

En la presente investigación, los FOS fueron determinados mediante el método espectrofotométrico con resorcinol-HCl, empleando D-fructosa como patrón de calibración; por esta razón, el resultado se expresa como FOS (% equivalente a fructosa). En cambio, Campos et al. (2009) realizaron una caracterización específica de los carbohidratos presentes en *S. rhizanta* e identificaron fructooligosacáridos de cadena corta del tipo GFn, principalmente 1-kestosa (DP3) y nistosa (DP4). En consecuencia, la proximidad numérica entre ambos resultados no implica que las fracciones determinadas sean analíticamente equivalentes ni permite asumir que los FOS presentes en *S. henrici* correspondan a los mismos compuestos identificados en *S. rhizanta*.

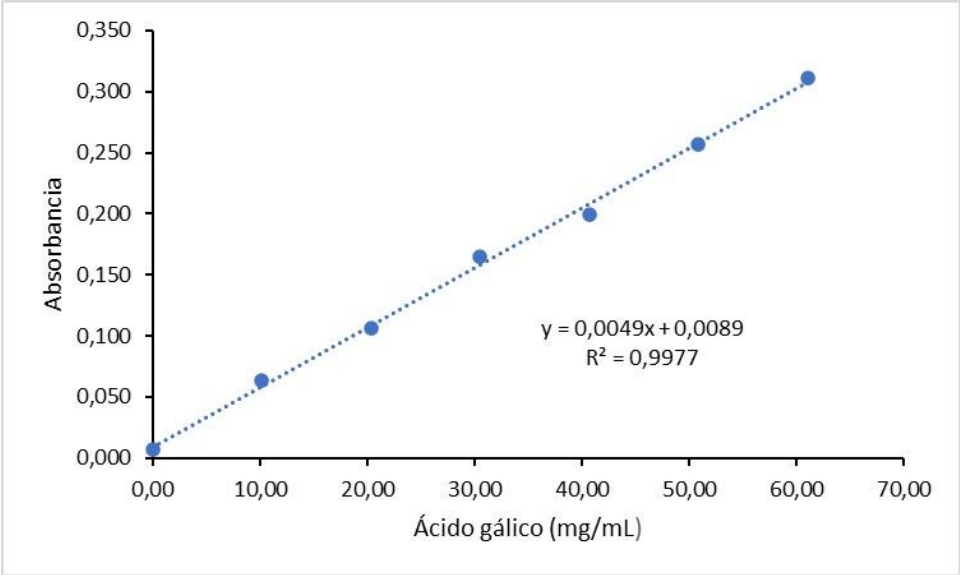
A pesar de esta limitación comparativa, el resultado obtenido demuestra que mediante el procedimiento empleado fue posible cuantificar en la raíz de *S. henrici* una fracción correspondiente a 32,13 ± 0,39 % equivalente a fructosa en materia seca. Este hallazgo aporta información específica sobre una especie cuya composición ha sido menos estudiada que la de *S. rhizanta* y constituye una base para profundizar en la caracterización de sus carbohidratos.

4.2. Contenido de fenoles totales en la raíz de *Stangea henrici*

Para la determinación del contenido de fenoles totales en la raíz de *Stangea henrici*, se empleó ácido gálico como patrón de referencia. A partir de las concentraciones del estándar y sus respectivas absorbancias se obtuvo la curva de calibración presentada en la Figura 17.

Figura 17

Curva de calibración de ácido gálico para la determinación de fenoles totales



Nota. Curva de calibración obtenida empleando ácido gálico como patrón de referencia.

La curva de calibración presentó la siguiente ecuación de regresión lineal:

$$Y = 0,0049x + 0,0089$$

con un coeficiente de determinación de:

$$R^2 = 0,9977$$

donde (y) corresponde a la absorbancia y (x) a la concentración de ácido gálico expresada en µg/mL. El coeficiente de determinación obtenido evidenció una adecuada

relación lineal entre la concentración del patrón y la respuesta de absorbancia dentro del intervalo evaluado.

La concentración de fenoles totales de la muestra se determinó a partir de las absorbancias obtenidas en las seis determinaciones y de la ecuación de la curva de calibración. Para el cálculo del contenido final se consideró la dilución 1:2 realizada antes de la lectura, equivalente a un factor de dilución de 2, así como el volumen final del extracto de 100 mL y la masa de muestra seca empleada de 1 g. Los resultados fueron expresados como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de materia seca (mg EAG/g MS).

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Contenido de fenoles totales en la raíz de Stangea henrici

Muestra	n	Concentración corregida (µg/mL)	Fenoles totales (mg EAG/g MS)
Raíz de *Stangea henrici*	6	55,21 ± 3,85	5,52 ± 0,38

Nota. Los valores se expresan como media ± desviación estándar (n = 6). Para el cálculo se consideró un factor de dilución de 2, un volumen final del extracto de 100 mL y una masa de muestra seca de 1 g. EAG = equivalentes de ácido gálico; MS = materia seca.

La raíz de *Stangea henrici* presentó un contenido de fenoles totales de 5,52 ± 0,38 mg EAG/g de materia seca. Este resultado confirma la presencia de compuestos fenólicos en la raíz y constituye un aporte relevante para su caracterización fitoquímica. La baja variación entre las repeticiones muestra, además, que los valores obtenidos fueron consistentes bajo las condiciones del análisis.

El resultado concuerda con lo señalado por (Campos et al., 2009), quienes estudiaron la raíz del chicuru bajo la denominación de *Stangea rhizanta* y confirmaron la presencia de compuestos fenólicos. Mediante HPLC-DAD, estos autores identificaron principalmente ácido cafeico, ácido clorogénico y sus derivados, además de compuestos pertenecientes al grupo de los flavan-3-oles. Este antecedente respalda cualitativamente el hallazgo de la presente investigación, al demostrar que los compuestos fenólicos forman parte de la composición natural de la raíz del chicuru.

Una fuente secundaria que cita a (Campos et al., 2009) atribuye al chicuru un contenido fenólico total de 0,98 mg/g. Este valor es numéricamente inferior a los 5,52 ± 0,38 mg EAG/g MS obtenidos en la presente investigación. Sin embargo, la comparación no puede considerarse directa, debido a que la fuente secundaria no especifica con claridad el patrón de referencia ni las condiciones analíticas empleadas para expresar el resultado. Por esta razón, el valor de 0,98 mg/g se tomó únicamente como antecedente referencial.

Como comparación complementaria, (Campos et al., 2012)reportaron contenidos de fenoles totales entre 7,9 y 30,8 mg equivalentes de ácido clorogénico por gramo de materia seca en 35 accesiones de yacón. Aunque el resultado obtenido para *S. henrici* fue numéricamente inferior a este intervalo, los valores no son directamente equivalentes, ya que en la presente investigación se utilizó ácido gálico como patrón, mientras que en el estudio del yacón los resultados se expresaron como equivalentes de ácido clorogénico.

Las diferencias observadas entre los estudios pueden estar relacionadas con la especie vegetal, la procedencia y estado de madurez de las raíces, las condiciones ambientales, el manejo pos-recolección, el proceso de secado, el solvente de extracción y las condiciones del análisis. La variación encontrada por (Campos et al., 2012) entre las diferentes accesiones de yacón muestra que el contenido fenólico puede cambiar considerablemente incluso dentro de una misma especie. No obstante, dado que estos factores no fueron evaluados conjuntamente, su influencia solo puede considerarse una posible explicación de las diferencias encontradas.

El método empleado en la presente investigación permitió determinar el contenido global de fenoles, pero no identificar ni cuantificar individualmente los compuestos presentes. En consecuencia, el valor de 5,52 ± 0,38 mg EAG/g MS debe interpretarse como una medida del contenido total de sustancias que reaccionaron bajo las condiciones del ensayo, expresada en equivalentes de ácido gálico, y no como la concentración específica de ácido cafeico, ácido clorogénico u otro compuesto particular.

los resultados demuestran que la raíz de *Stangea henrici* contiene compuestos fenólicos y coinciden cualitativamente con la caracterización realizada por (Campos et al., 2009) Este contenido contribuye a establecer el perfil fitoquímico de la raíz.

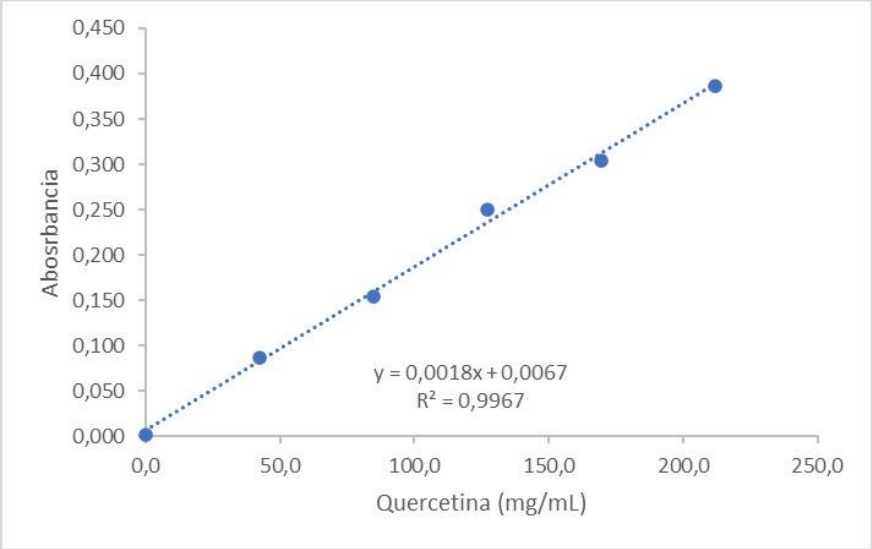
4.3. Contenido de flavonoides totales en la raíz de *Stangea henrici*

Para determinar el contenido de flavonoides totales en la raíz de *Stangea henrici*, se utilizó quercetina como patrón de referencia. A partir de las concentraciones evaluadas

y sus respectivas absorbancias se obtuvo la curva de calibración presentada en la Figura 18.

Figura 18

Curva de calibración de quercetina para la determinación de flavonoides totales



Nota. Curva de calibración obtenida empleando quercetina como patrón de referencia.

La curva de calibración presentó la siguiente ecuación de regresión lineal:

$$y=0,0018x+0,0067$$

y un coeficiente de determinación de:

$$R^2=0,9967$$

donde (y) corresponde a la absorbancia y (x) a la concentración de quercetina expresada en µg/mL. El coeficiente de determinación obtenido mostró una adecuada relación lineal entre la concentración de quercetina y la absorbancia dentro del intervalo evaluado.

La concentración de flavonoides totales de la muestra se calculó a partir de las absorbancias obtenidas en las seis determinaciones y de la ecuación de la curva de calibración. En este análisis no se realizó una dilución adicional del extracto, debido a que las absorbancias obtenidas se encontraron dentro del intervalo de trabajo de la curva. Para determinar el contenido final se consideró el volumen del extracto de 100 mL y la masa de muestra seca utilizada de 1 g. Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de quercetina por gramo de materia seca (mg EQ/g MS).

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4

Contenido de flavonoides totales en la raíz de Stangea henrici

Muestra	n	Concentración (µg/mL))	Flavonoides totales (mg EQ/g MS)
Raíz de *Stangea henrici*	6	39,43 ± 2,10	3,94 ± 0,21

Nota. Los valores se expresan como media ± desviación estándar (n = 6). Para el cálculo del contenido final se consideró un volumen de extracto de 100 mL y una masa de muestra seca de 1 g. EQ = equivalentes de quercetina; MS = materia seca.

La raíz de *Stangea henrici* presentó un contenido de flavonoides totales de 3,94 ± 0,21 mg equivalentes de quercetina por gramo de materia seca (mg EQ/g MS). Este resultado confirma la presencia de flavonoides en la raíz y aporta un valor cuantitativo para su caracterización fitoquímica. La baja variación entre las repeticiones evidencia, además, una respuesta consistente bajo las condiciones del análisis.

El resultado obtenido coincide cualitativamente con lo reportado por (Campos et al., 2009), quienes identificaron derivados de flavan-3-oles en la raíz del chicuru estudiada bajo la denominación de *Stangea rhizanta*. Debido a que los flavan-3-oles pertenecen al grupo de los flavonoides, este antecedente respalda la presencia de esta clase de compuestos en la raíz.

Sin embargo, (Campos et al., 2009) no proporcionaron un valor de flavonoides totales expresado en equivalentes de quercetina. Por ello, no fue posible comparar cuantitativamente sus resultados con los 3,94 ± 0,21 mg EQ/g MS obtenidos en la presente investigación. La comparación se limitó a la coincidencia en la presencia de compuestos pertenecientes al grupo de los flavonoides.

La escasez de estudios que cuantifiquen flavonoides totales en la raíz de *Stangea henrici* o *Stangea rhizanta* dificulta establecer si el contenido encontrado es alto o bajo respecto a otros materiales de estas especies. En este contexto, el resultado obtenido constituye un valor de referencia para las muestras procedentes del centro poblado de Pallcca y para las condiciones analíticas utilizadas en esta investigación.

Aunque los flavonoides forman parte de los compuestos fenólicos, el contenido de flavonoides totales no debe compararse directamente con el resultado de fenoles totales. Ambos análisis utilizan patrones diferentes: quercetina para los flavonoides y

ácido gálico para los fenoles. En consecuencia, no corresponde calcular qué proporción representan los flavonoides respecto al contenido fenólico total.

En conjunto, el resultado demuestra que los flavonoides forman parte del perfil fitoquímico de la raíz de *Stangea henrici*. La identificación previa de derivados de flavan-3-oles en el chicuru respalda cualitativamente este hallazgo, mientras que el valor de 3,94 ± 0,21 mg EQ/g MS aporta información cuantitativa específica para la raíz evaluada en la presente investigación.

4.4. Capacidad antioxidante de la raíz de *Stangea henrici*

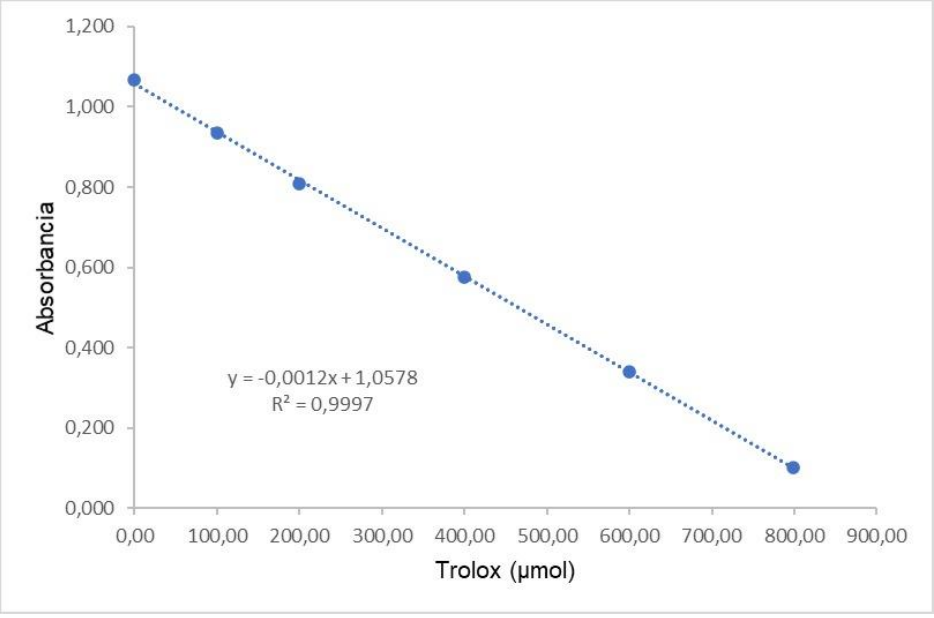
La capacidad antioxidante de la raíz de *Stangea henrici* se determinó mediante los métodos DPPH, ABTS y FRAP. Para la cuantificación se empleó Trolox como patrón de referencia y los resultados se expresaron como micromoles equivalentes de Trolox por gramo de materia seca (µmol TE/g MS).

4.4.1. Capacidad antioxidante mediante el método DPPH

Para determinar la capacidad antioxidante mediante el método DPPH se utilizó Trolox como patrón de referencia. A partir de las concentraciones evaluadas y sus respectivas absorbancias se obtuvo la curva de calibración presentada en la Figura 19.

Figura 19

Curva de calibración de Trolox para la determinación de la capacidad antioxidante mediante DPPH



Nota. Curva de calibración obtenida empleando Trolox como patrón de referencia.

La curva de calibración presentó la siguiente ecuación de regresión lineal:

$$Y = -0,0012x + 1,0578$$

con un coeficiente de determinación de:

$$R^2=0,9997$$

donde (y) corresponde a la absorbancia y (x) a la concentración de Trolox expresada en µmol/L. La pendiente negativa de la curva evidenció una disminución de la absorbancia conforme aumentó la concentración del patrón.

La concentración equivalente de Trolox de la muestra se calculó a partir de las absorbancias obtenidas en las seis determinaciones y de la ecuación de la curva de calibración. Para el cálculo del contenido final se consideró la dilución 1:2 realizada al extracto, equivalente a un factor de dilución de 2, el volumen final del extracto de 100 mL y una masa de muestra seca de 1 g.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5

Capacidad antioxidante de la raíz de Stangea henrici determinada mediante DPPH

Muestra	n	Concentración corregida de Trolox (µmol/L)	DPPH (µmol TE/g MS)
Raíz de *Stangea henrici*	6	142,72 ± 8,98	14,27 ± 0,90

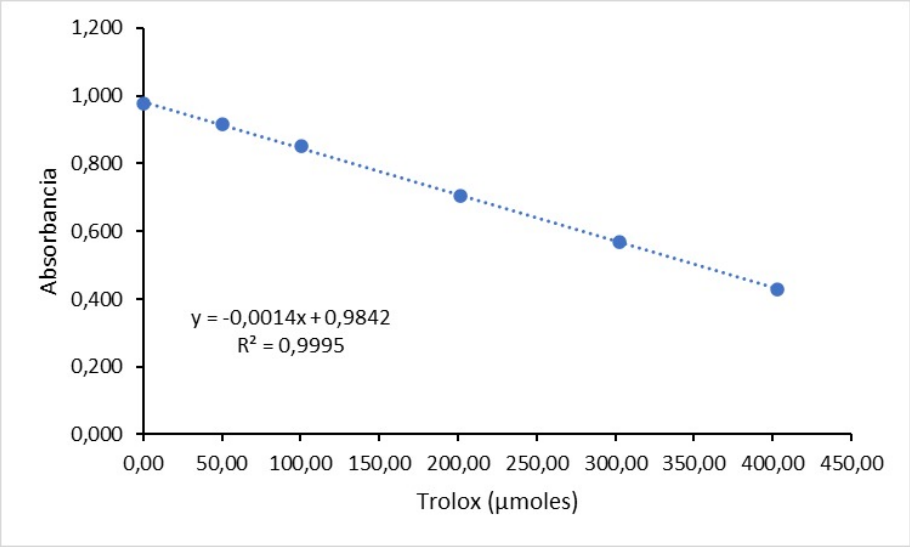
Nota. Los valores se expresan como media ± desviación estándar (n = 6). Para el cálculo se consideró un factor de dilución de 2, un volumen final de extracto de 100 mL y una masa de muestra seca de 1 g. TE = equivalentes de Trolox; MS = materia seca.

4.4.2. Capacidad antioxidante mediante el método ABTS

Para determinar la capacidad antioxidante de la raíz de *Stangea henrici* mediante el método ABTS, se utilizó Trolox como patrón de referencia. A partir de las concentraciones evaluadas y sus respectivas absorbancias se obtuvo la curva de calibración presentada en la Figura 20.

Figura 20

Curva de calibración de Trolox para la determinación de la capacidad antioxidante mediante ABTS



Nota. Curva de calibración obtenida empleando Trolox como patrón de referencia.

La curva de calibración presentó la siguiente ecuación de regresión lineal:

$$Y = -0{,}0014x + 0{,}9842$$

con un coeficiente de determinación de:

$$R^2 = 0{,}9995$$

donde (y) corresponde a la absorbancia y (x) a la concentración de Trolox expresada en µmol/L. La pendiente negativa de la curva mostró una disminución de la absorbancia conforme se incrementó la concentración del patrón, observándose una adecuada relación lineal dentro del intervalo evaluado.

La concentración equivalente de Trolox de la muestra se calculó a partir de las absorbancias obtenidas en las seis determinaciones y de la ecuación de la curva de calibración. Para el cálculo del contenido final se consideró la dilución 1:2 realizada al extracto, equivalente a un factor de dilución de 2, el volumen final del extracto de 100 mL y una masa de muestra seca de 1 g. Los resultados se expresaron como micromoles equivalentes de Trolox por gramo de materia seca (µmol TE/g MS).

Tabla 6

Capacidad antioxidante de la raíz de Stangea henrici determinada mediante ABTS

Muestra	n	Concentración corregida de Trolox (µmol/L)	ABTS (µmol TE/g MS)
Raíz de *Stangea henrici*	6	140,52 ± 7,31	14,05 ± 0,73

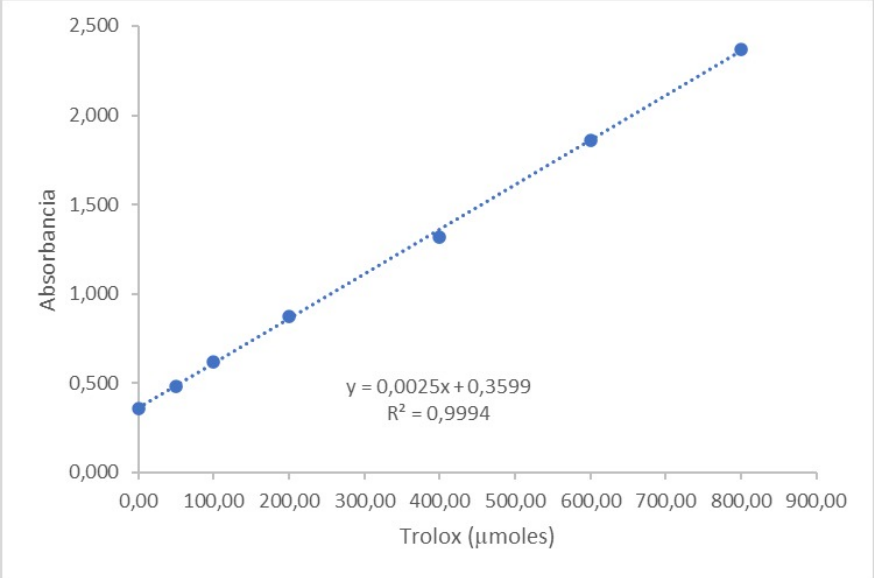
Nota. Los valores se expresan como media ± desviación estándar (n = 6). Para el cálculo se consideró un factor de dilución de 2, un volumen final del extracto de 100 mL y una masa de muestra seca de 1 g. TE = equivalentes de Trolox; MS = materia seca.

4.4.3. Capacidad antioxidante mediante el método FRAP

Para determinar la capacidad antioxidante de la raíz de *Stangea henrici* mediante el método FRAP, se utilizó Trolox como patrón de referencia. A partir de las concentraciones evaluadas y sus respectivas absorbancias se obtuvo la curva de calibración presentada en la Figura 21.

Figura 21

Curva de calibración de Trolox para la determinación de la capacidad antioxidante mediante FRAP



Nota. Curva de calibración obtenida empleando Trolox como patrón de referencia.

La curva de calibración presentó la siguiente ecuación de regresión lineal:

$$Y = 0{,}0025x+0{,}3599$$

con un coeficiente de determinación de:

$$R^2=0,9994$$

donde (y) corresponde a la absorbancia y (x) a la concentración de Trolox expresada en µmol/L. El coeficiente de determinación obtenido mostró una adecuada relación lineal entre la concentración de Trolox y la absorbancia dentro del intervalo evaluado.

La concentración equivalente de Trolox de la muestra se calculó a partir de las absorbancias obtenidas en las seis determinaciones y de la ecuación de la curva de calibración. Para determinar el contenido final se consideró la dilución 1:2 realizada al extracto, equivalente a un factor de dilución de 2, el volumen final del extracto de 100 mL y una masa de muestra seca de 1 g. Los resultados se expresaron como micromoles equivalentes de Trolox por gramo de materia seca (µmol TE/g MS).

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7

Capacidad antioxidante de la raíz de Stangea henrici determinada mediante FRAP

Muestra	n	Concentración corregida de Trolox (µmol/L)	FRAP (µmol TE/g MS)
Raíz de *Stangea henrici*	6	570,75 ± 12,63	57,07 ± 1,26

Nota. Los valores se expresan como media ± desviación estándar (n = 6). Para el cálculo se consideró un factor de dilución de 2, un volumen final del extracto de 100 mL y una masa de muestra seca de 1 g. TE = equivalentes de Trolox; MS = materia seca.

La capacidad antioxidante del extracto metanólico de la raíz de *Stangea henrici* fue evaluada mediante los métodos DPPH, ABTS y FRAP. Se obtuvieron valores de 14,27 ± 0,90 µmol TE/g MS, 14,05 ± 0,73 µmol TE/g MS y 57,07 ± 1,26 µmol TE/g MS, respectivamente. Estos resultados demuestran que la raíz posee capacidad antioxidante en los tres sistemas evaluados, aunque la respuesta fue diferente según el método empleado.

(Campos et al., 2009), al estudiar el chicuru identificado como *Stangea rhizanta*, también evaluaron su capacidad antioxidante y reportaron un valor de 3,9 µmol equivalentes de Trolox/g. Este resultado constituye un antecedente cuantitativo relevante para la presente investigación. Sin embargo, no se estableció una comparación directa entre

ambos valores, debido a que la fuente consultada no especifica el método antioxidante al que corresponde el resultado ni permite confirmar que las condiciones de extracción y análisis fueran similares.

Además de evaluar su capacidad antioxidante, (Campos et al., 2009) identificaron ácido cafeico, ácido clorogénico y sus derivados, así como derivados de flavan-3-oles en la raíz del chicuru. La presencia de estos compuestos ayuda a explicar la respuesta antioxidante reportada para esta raíz. No obstante, los autores estudiaron material identificado como Stangea rhizanta, mientras que en la presente investigación se analizó *Stangea henrici*. Por esta razón, sus resultados se consideran un antecedente relacionado con el chicuru, pero no una referencia completamente equivalente.

Los valores obtenidos para DPPH y ABTS fueron similares entre sí: 14,27 ± 0,90 y 14,05 ± 0,73 µmol TE/g MS, respectivamente. Esta proximidad indica que el extracto presentó una respuesta semejante frente a los radicales empleados en ambos ensayos. Sin embargo, DPPH y ABTS no reaccionan exactamente de la misma manera con todos los antioxidantes. (Thaipong et al., 2006) señalan que los resultados pueden variar de acuerdo con las características del radical, la composición del extracto y la afinidad de los compuestos antioxidantes presentes en la muestra.

En cambio, el método FRAP presentó el valor más alto, con 57,07 ± 1,26 µmol TE/g MS. Este ensayo mide la capacidad reductora de la muestra mediante la transformación del hierro férrico (Fe^{3+}) en hierro ferroso (Fe^{2+}), mientras que DPPH y ABTS evalúan la neutralización de radicales. En consecuencia, el mayor resultado obtenido mediante FRAP no significa que la raíz haya presentado una capacidad antioxidante cuatro veces superior, sino que sus componentes mostraron una respuesta más elevada frente al mecanismo químico evaluado por este método.

Como referencia, en muestras de raíz de yacón se han reportado valores de 56,6 ± 0,4 µmol TE/g MS mediante DPPH, 61,6 ± 0,8 µmol TE/g MS mediante ABTS y 134,0 ± 7,2 µmol TE/g MS mediante FRAP. En comparación con estos antecedentes, la raíz de *Stangea henrici* presentó valores menores en los tres ensayos. Asimismo, en una evaluación de 35 accesiones de yacón se encontraron valores de ABTS comprendidos entre 23,3 ± 2,5 y 136,0 ± 6,1 µmol TE/g MS, superiores al resultado de 14,05 ± 0,73 µmol TE/g MS obtenido en la presente investigación. (Campos et al., 2012). Estas diferencias estan relacionadas con la especie vegetal.

La capacidad antioxidante encontrada también guarda relación con los contenidos de fenoles totales y flavonoides totales determinados en la raíz de *Stangea henrici*, cuyos

valores fueron de 5,52 ± 0,38 mg EAG/g MS y 3,94 ± 0,21 mg EQ/g MS, respectivamente. Estos compuestos pueden contribuir a la neutralización de radicales y al poder reductor del extracto. Sin embargo, debido a que no se realizó un análisis de correlación ni se identificaron individualmente los compuestos presentes, no es posible establecer cuánto contribuyó cada grupo a la capacidad antioxidante observada.

4.5. Composición nutricional de la raíz de *Stangea henrici*

La composición nutricional de la raíz deshidratada de *Stangea henrici* se determinó mediante análisis químico proximal. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 8 y corresponden a los valores reportados en base seca.

Tabla 8

Composición nutricional de la raíz de Stangea henrici

Componente	Resultado (%)
Humedad	2,21
Materia seca	97,79
Proteína (N × 6,25)	5,07
Extracto etéreo	24,39
Cenizas totales	4,72
Fibra cruda	7,79
Carbohidratos totales	55,82
Valor energético	464,07 kcal/100 g

Nota. Resultados correspondientes al análisis químico proximal de la raíz deshidratada de *Stangea henrici*, expresados en base seca.

La composición química proximal de la raíz deshidratada de *Stangea henrici* presentó 5,07 % de proteína, 24,39 % de extracto etéreo, 7,79 % de fibra cruda, 4,72 % de cenizas totales y 55,82 % de carbohidratos totales, expresados en base seca. Estos resultados fueron contrastados principalmente con De La Cruz Calderón y De La Cruz Calderón (2011), quienes evaluaron la misma especie y reportaron, también en base seca, 4,20 % de proteína, 7,40 % de fibra cruda, 0,35 % de grasa, 3,70 % de cenizas y 84,27 % de carbohidratos totales. Asimismo, se consideraron los resultados de Riveros et al. (1996), quienes informaron valores de 4,47–4,22 % de proteína, 8,53–10,37 % de fibra, 0,83–1,22 % de grasa, 4,30–7,17 % de cenizas y 81,87–77,02 % de NIFEX en base seca.

El contenido de proteína obtenido en la presente investigación (5,07 %) fue ligeramente superior al 4,20 % reportado por De La Cruz Calderón y De La Cruz Calderón (2011),

así como a los valores de 4,47 y 4,22 % informados por Riveros et al. (1996). En términos absolutos, las diferencias fueron reducidas, lo que muestra una relativa concordancia entre los antecedentes y la muestra estudiada. Las variaciones observadas pueden estar relacionadas con las características del material vegetal, su procedencia, estado de desarrollo y las condiciones empleadas para su análisis.

Una concordancia aún mayor se observó en la fibra cruda. El contenido determinado en *S. henrici* fue de 7,79 %, mientras que De La Cruz Calderón y De La Cruz Calderón (2011) reportaron 7,40 %, diferencia de solo 0,39 puntos porcentuales. (Riveros Chauhuayo et al., 1996)registraron valores superiores, de 8,53 y 10,37 %. En conjunto, los resultados muestran que la fracción de fibra cruda determinada en la presente investigación se encuentra próxima a los antecedentes disponibles para el chicuru. Esta comparación resulta particularmente pertinente con De La Cruz Calderón y De La Cruz Calderón (2011), debido a que ambos estudios expresan específicamente fibra cruda en base seca.

Las cenizas totales alcanzaron 4,72 %, valor superior al 3,70 % reportado por De La Cruz Calderón y De La Cruz Calderón (2011), pero comprendido entre los valores de 4,30 y 7,17 % informados por Riveros et al. (1996). Por tanto, la fracción inorgánica total de la muestra presenta una magnitud comparable con los antecedentes disponibles. No obstante, el contenido de cenizas representa la fracción mineral global y no permite establecer la concentración individual de minerales, por lo que una caracterización mineral específica requeriría determinaciones analíticas complementarias.

La principal diferencia se presentó en el extracto etéreo. En la presente investigación se obtuvo 24,39 %, mientras que De La Cruz Calderón y De La Cruz Calderón (2011) reportaron solamente 0,35 % de grasa en base seca y Riveros et al. (1996) valores de 0,83 y 1,22 %. Por tanto, a diferencia de lo observado para proteína, fibra cruda y cenizas, el contenido de extracto etéreo determinado en este estudio no mostró concordancia con los antecedentes disponibles. Esta diferencia es considerable y debe interpretarse con cuidado, particularmente porque el método Soxhlet determina la fracción extraíble por el solvente bajo las condiciones analíticas utilizadas y el resultado obtenido no constituye, por sí mismo, una caracterización de la naturaleza de los compuestos que integran dicha fracción. En consecuencia, sería pertinente que investigaciones posteriores confirmen esta determinación y caractericen la composición de la fracción extraída.

Los carbohidratos totales representaron 55,82 %, valor inferior al 84,27 % reportado por De La Cruz Calderón y De La Cruz Calderón (2011) y a los valores de NIFEX de 81,87

y 77,02 % señalados por Riveros et al. (1996). Esta diferencia debe analizarse juntamente con el elevado contenido de extracto etéreo obtenido en la presente investigación, debido a que los carbohidratos fueron calculados por diferencia. En este procedimiento, el incremento de una de las fracciones consideradas en el cálculo disminuye necesariamente el porcentaje resultante atribuido a los carbohidratos. Por ello, el 24,39 % de extracto etéreo contribuye matemáticamente al menor contenido de carbohidratos obtenido en comparación con los antecedentes.

4.6. Caracterización etnobotánica de *Stangea henrici*

La caracterización etnobotánica de *Stangea henrici* se realizó a partir de la información recopilada de 25 pobladores del centro poblado de Pallcca. Los resultados permitieron describir las características generales de los participantes, el conocimiento de la especie, la forma de adquisición de dicho conocimiento, los usos atribuidos, los antecedentes de consumo, las formas de consumo, la parte utilizada, los grupos asociados con su consumo, la valoración del recurso y la percepción respecto a su posible transformación en nuevos productos.

4.6.1. Características generales de los participantes

En la Tabla 9 se presentan las características generales de los 25 participantes considerados en la caracterización etnobotánica.

Tabla 9

Características generales de los participantes de la caracterización etnobotánica

Característica	Resultado
Número de participantes	25
Edad promedio (años)	56,64
Edad mínima (años)	20
Edad máxima (años)	90
Sexo femenino, n (%)	18 (72,0 %)
Sexo masculino, n (%)	7 (28,0 %)
Tiempo promedio de residencia (años)	55,2
Tiempo mínimo de residencia (años)	10
Tiempo máximo de residencia (años)	90

Nota. Datos obtenidos de los 25 participantes del centro poblado de Pallcca incluidos en la caracterización etnobotánica.

Los 25 participantes presentaron edades comprendidas entre 20 y 90 años, con una edad promedio de 56,64 años. En cuanto al sexo, el 72,0 % (n = 18) correspondió al sexo femenino y el 28,0 % (n = 7) al sexo masculino. El tiempo de residencia en la comunidad osciló entre 10 y 90 años, con un promedio de 55,20 años.

4.6.2. Conocimiento de *Stangea henrici* (chicuru)

El conocimiento de *Stangea henrici*, denominada localmente chicuru, fue evaluado mediante la pregunta ¿Conoce usted el chicuru?. Los resultados se presentan en la tabla 10.

Tabla 10

Conocimiento de Stangea henrici (chicuru) por los participantes

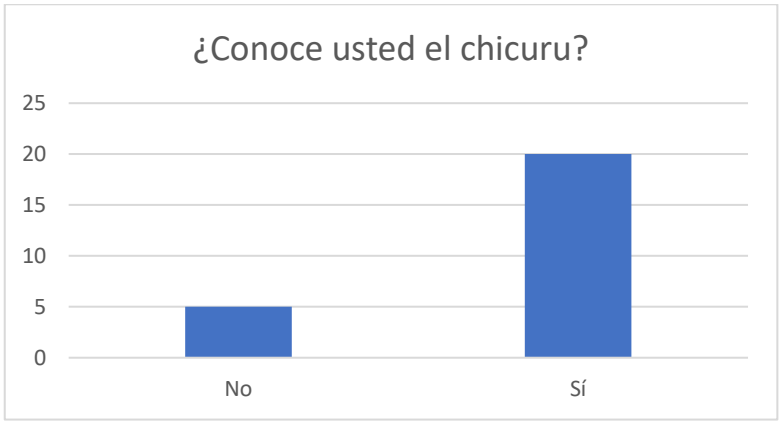
Conocimiento del chicuru	n	%
Sí	20	80,0
No	5	20,0
Total	25	100,0

Nota. Los porcentajes fueron calculados respecto al total de participantes encuestados (N = 25).

Los resultados muestran que el 80,0 % (n = 20) de los participantes manifestó conocer el chicuru, mientras que el 20,0 % (n = 5) indicó no conocerlo. Por tanto, el conocimiento de *Stangea henrici* estuvo presente en la mayoría de los participantes considerados en el estudio.

Figura 22

*Conocimiento de Stangea henrici (*chicuru*) por los participantes*



*Nota***.** Los porcentajes corresponden a las respuestas de los 25 participantes encuestados en el centro poblado de Pallcca.

4.6.3. Forma de adquisición del conocimiento sobre *Stangea henrici*

A los participantes que manifestaron conocer el chicuru se les preguntó ¿Cómo conoció usted el chicuru?. Esta pregunta fue aplicable a 20 participantes, mientras que para los cinco que indicaron no conocer el recurso se registró como “no aplica”. Los resultados se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11

Forma de adquisición del conocimiento sobre Stangea henrici

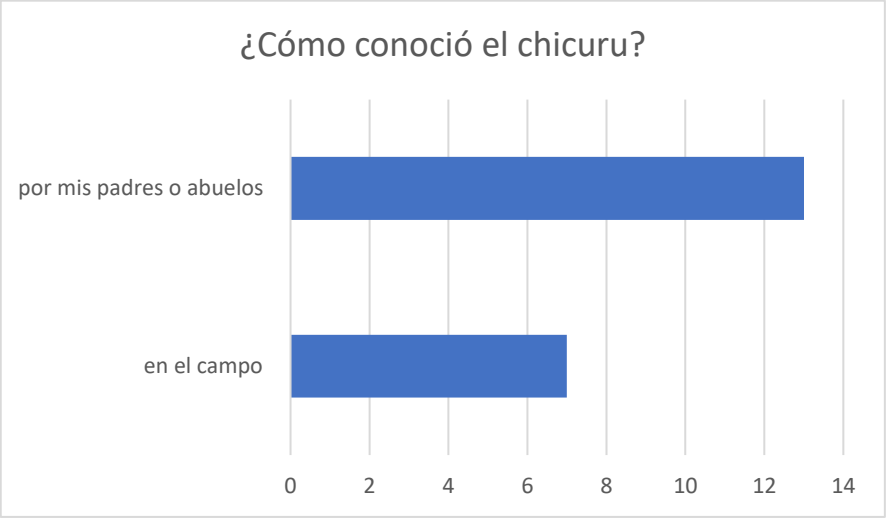
Forma de adquisición del conocimiento	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Por mis padres o abuelos	13	65
En el campo	7	35
Total	20	100

Nota. Los porcentajes fueron calculados considerando a los participantes que manifestaron conocer el chicuru (n = 20). Para los cinco participantes que no conocían el recurso, la pregunta no fue aplicable.

El 65,0 % (n = 13) manifestó haber conocido el chicuru por medio de sus padres o abuelos, mientras que el 35,0 % (n = 7) señaló haberlo conocido en el campo. Por tanto, entre los participantes que conocían la especie, la adquisición del conocimiento por medio de padres o abuelos fue la respuesta registrada con mayor frecuencia.

Figura 23

Forma de adquisición del conocimiento sobre Stangea henrici



Nota. Los porcentajes corresponden a los participantes que manifestaron conocer el chicuru (n = 20)

4.6.4. Usos atribuidos a *Stangea henrici*

A los participantes que manifestaron conocer el chicuru se les preguntó ¿En qué se usa el chicuru? Esta pregunta fue aplicable a 20 participantes; para los cinco que indicaron no conocer el recurso se registró como “no aplica”. Los resultados se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12

Usos atribuidos a Stangea henrici por los participantes

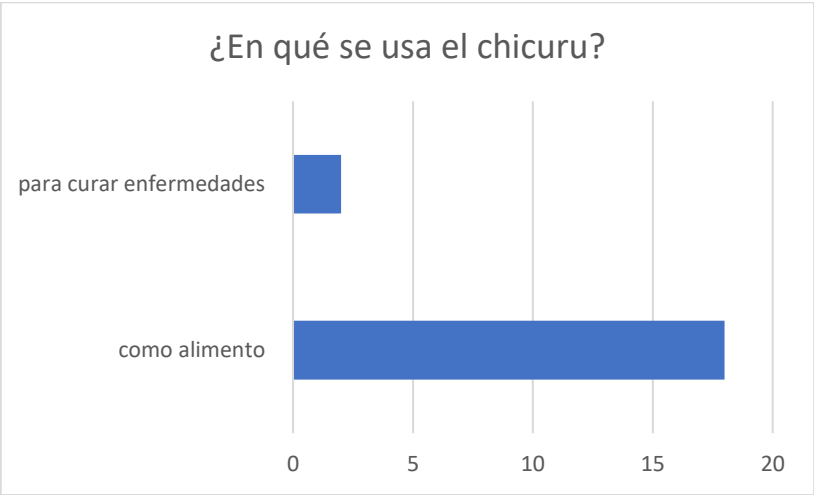
Uso atribuido	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Como alimento	18	90
Para curar enfermedades	2	10
Total	20	100

Nota. Los porcentajes fueron calculados considerando a los participantes que manifestaron conocer el chicuru (n = 20). Para los cinco participantes que no conocían el recurso, la pregunta no fue aplicable.

El 90,0 % (n = 18) señaló el uso del chicuru como alimento, mientras que el 10,0 % (n = 2) indicó su uso tradicional para curar enfermedades. Por tanto, el uso alimentario constituyó la categoría mencionada con mayor frecuencia.

Figura 24

Usos atribuidos a Stangea henrici por los participantes



Nota. Los porcentajes corresponden a los participantes que manifestaron conocer el chicuru (n = 20).

4.6.5. Antecedentes de consumo de *Stangea henrici*

A los participantes que manifestaron conocer el chicuru se les preguntó ¿Consume usted el chicuru? De acuerdo con la base de datos, las respuestas permitieron diferenciar entre participantes que señalaron consumirlo actualmente y aquellos que manifestaron haberlo consumido anteriormente. Para los cinco participantes que indicaron no conocer el recurso, la pregunta se registró como “no aplica”. Los resultados se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13

Antecedentes de consumo de Stangea henrici entre los participantes que conocen el recurso

Condición de consumo	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Sí, actualmente	7	35
Antes sí	13	65
Total	20	100

Nota. Los porcentajes fueron calculados considerando a los participantes que manifestaron conocer el chicuru (n = 20). Para los cinco participantes que no conocían el recurso, la pregunta no fue aplicable.

Entre los participantes que conocían el chicuru, el 35,0 % (n = 7) manifestó consumirlo actualmente, mientras que el 65,0 % (n = 13) indicó haberlo consumido anteriormente. En consecuencia, predominó la categoría correspondiente al consumo pasado del recurso.

Figura 25

Antecedentes de consumo de Stangea henrici entre los participantes que conocen el recurso



Nota. Los porcentajes corresponden a los participantes que manifestaron conocer el chicuru (n = 20).

4.6.6. Formas de consumo de *Stangea henrici*

A los participantes que manifestaron conocer el chicuru se les preguntó ¿Cómo se consume el chicuru?. De acuerdo con las respuestas registradas, se identificaron dos formas de consumo: crudo y en mazamorra. Para los cinco participantes que indicaron no conocer el recurso, la pregunta se registró como “no aplica”. Los resultados se presentan en la Tabla 14

Tabla 14

Formas de consumo de Stangea henrici señaladas por los participantes

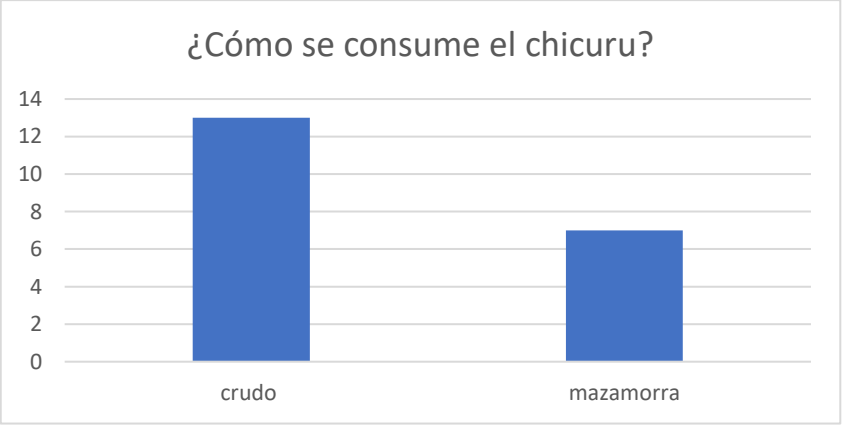
Forma de consumo	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Crudo	13	65
Mazamorra	7	35
Total	20	100

Nota. Los porcentajes fueron calculados considerando a los participantes que manifestaron conocer el chicuru (n = 20). Para los cinco participantes que no conocían el recurso, la pregunta no fue aplicable.

Entre los participantes que conocían el chicuru, el 65,0 % (n = 13) señaló el consumo en estado crudo, mientras que el 35,0 % (n = 7) indicó su consumo en forma de mazamorra. Por tanto, el consumo crudo constituyó la forma mencionada con mayor frecuencia.

Figura 26

Formas de consumo de Stangea henrici señaladas por los participantes



Nota. Los porcentajes corresponden a los participantes que manifestaron conocer el chicuru (n = 20).

4.6.7. Parte utilizada de *Stangea henrici*

A los participantes que manifestaron conocer el chicuru se les preguntó ¿Qué parte del chicuru se usa?. De acuerdo con la base de datos, los 20 participantes señalaron la raíz entera como la parte utilizada. Para los cinco participantes que indicaron no conocer el recurso, la pregunta se registró como “no aplica”. Los resultados se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15

Parte de Stangea henrici utilizada según los participantes

Parte utilizada	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Raíz entera	20	100
Total	20	100

Nota. Los porcentajes fueron calculados considerando a los participantes que manifestaron conocer el chicuru (n = 20). Para los cinco participantes que no conocían el recurso, la pregunta no fue aplicable.

4.6.8. Grupos poblacionales asociados al consumo de *Stangea henrici*

A los participantes que manifestaron conocer el chicuru se les preguntó ¿Quiénes consumen más el chicuru?. Las respuestas registradas identificaron a los adultos mayores, toda la familia y las mujeres como los grupos asociados con mayor consumo. Para los cinco participantes que indicaron no conocer el recurso, la pregunta se registró como “no aplica”. Los resultados se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16

Grupos poblacionales asociados al consumo de Stangea henrici

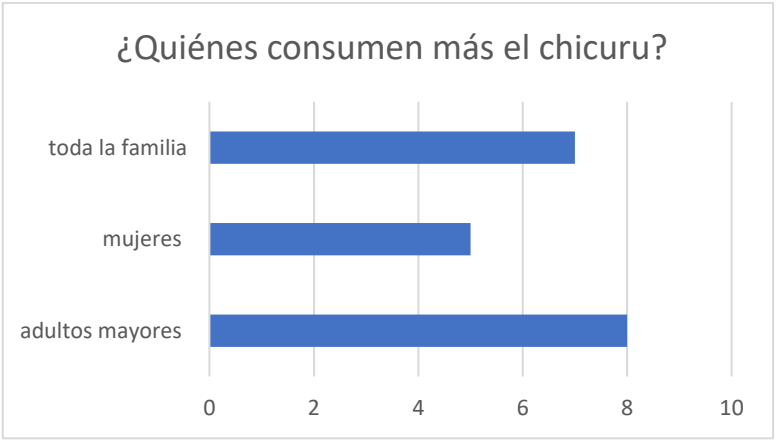
Grupo señalado	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Adultos mayores	8	40
Toda la familia	7	35
Mujeres	5	25
Total	20	100

Nota. Los porcentajes fueron calculados considerando a los participantes que manifestaron conocer el chicuru (n = 20). Para los cinco participantes que no conocían el recurso, la pregunta no fue aplicable.

Entre los participantes que conocían el chicuru, el 40,0 % (n = 8) señaló a los adultos mayores como el grupo que más lo consume, seguido del 35,0 % (n = 7) que indicó a toda la familia y del 25,0 % (n = 5) que mencionó a las mujeres. Los adultos mayores constituyeron, por tanto, el grupo señalado con mayor frecuencia por los participantes.

Figura 27

Grupos poblacionales asociados al consumo de Stangea henrici



Nota. Los porcentajes corresponden a los participantes que manifestaron conocer el chicuru (n = 20).

4.6.9. Valor atribuido al chicuru en la comunidad

A los participantes que manifestaron conocer el chicuru se les preguntó ¿Tiene algún valor especial para su comunidad?. Las respuestas registradas fueron “Sí” y “No lo sé”. Para los cinco participantes que indicaron no conocer el recurso, la pregunta se registró como “no aplica”. Los resultados se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17

Valor atribuido a Stangea henrici en la comunidad

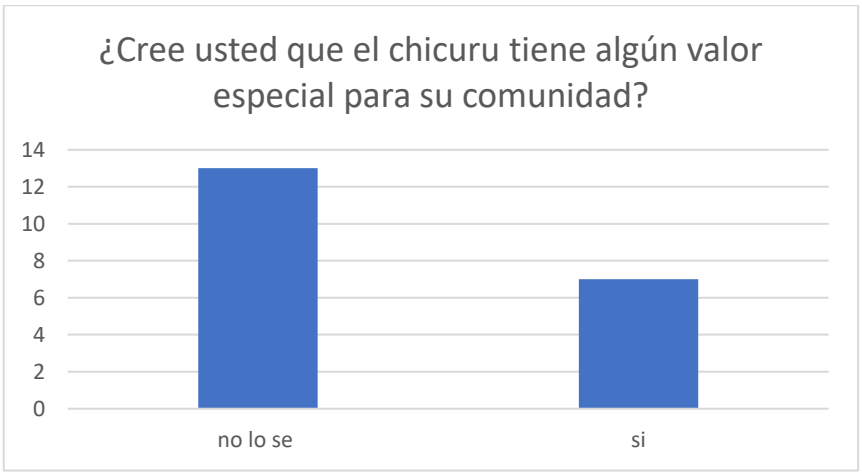
Respuesta	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Sí	7	35
No lo sé	13	65
Total	20	100

Nota. Los porcentajes fueron calculados considerando a los participantes que manifestaron conocer el chicuru (n = 20).

Entre los participantes que conocían el chicuru, el 35,0 % (n = 7) manifestó que el recurso posee algún valor especial para su comunidad, mientras que el 65,0 % (n = 13) respondió “No lo sé”. No se registraron respuestas correspondientes a la categoría “No”.

Figura 28

Valor atribuido a Stangea henrici en la comunidad



Nota. Los porcentajes corresponden a los participantes que manifestaron conocer el chicuru (n = 20).

4.6.10. Aceptación de la elaboración de nuevos productos a partir de *Stangea henrici*

A los 25 participantes se les preguntó ¿Le parecería bien que se hagan productos nuevos (como harinas, bebidas) usando chicuru ?. A diferencia de las preguntas anteriores, esta pregunta fue respondida por la totalidad de los participantes, incluidos aquellos que manifestaron no conocer previamente el recurso. Los resultados se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18

Percepción sobre la elaboración de nuevos productos a partir de Stangea henrici

Respuesta	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Sí	25	100
No	0	0
Total	25	100

Nota. Los porcentajes fueron calculados respecto al total de participantes encuestados (N = 25).

La totalidad de los participantes (100,0 %; n = 25) manifestó una respuesta favorable ante la posibilidad de elaborar nuevos productos a partir del chicuru. No se registraron respuestas negativas frente a esta posibilidad.

4.6.11. Conocimientos y prácticas tradicionales asociados al chicuru

El análisis de los cinco testimonios permitió identificar conocimientos y experiencias relacionados con el chicuru que complementaron la información obtenida mediante las encuestas. Entre los participantes de mayor edad se registraron recuerdos que vincularon el conocimiento y consumo de la raíz con la infancia, el aprendizaje familiar y las actividades de pastoreo. Según los relatos recopilados, durante las jornadas de pastoreo se reconocía y recolectaba el chicuru para su consumo en el campo.

Los testimonios también describieron prácticas tradicionales de recolección. Algunos participantes recordaron la extracción de la raíz mediante restos de huesos de animales y señalaron la existencia de una creencia según la cual el empleo del pico podía afectar la posterior presencia del recurso. Esta información corresponde a conocimientos y creencias tradicionales reportados por los entrevistados.

El análisis de los cinco testimonios permitió identificar conocimientos y experiencias relacionados con el chicuru que complementaron la información obtenida mediante las encuestas. Entre los participantes de mayor edad se registraron recuerdos que vincularon el conocimiento y consumo de la raíz con la infancia, el aprendizaje familiar y las actividades de pastoreo. Según los relatos recopilados, durante las jornadas de pastoreo se reconocía y recolectaba el chicuru para su consumo en el campo.

Los testimonios también describieron prácticas tradicionales de recolección. Algunos participantes recordaron la extracción de la raíz mediante restos de huesos de animales y señalaron la existencia de una creencia según la cual el empleo del pico podía afectar la posterior presencia del recurso. Esta información corresponde a conocimientos y creencias tradicionales reportados por los entrevistados.

Respecto a la preparación alimentaria, se mencionó el consumo directo de la raíz y su utilización en preparaciones denominadas mazamorra o lapi. Los testimonios proporcionaron además información sobre procedimientos tradicionales de preparación, entre ellos la cocción de la raíz y su combinación con otros ingredientes.

Asimismo, los relatos evidenciaron cambios percibidos en la continuidad del consumo. Algunos entrevistados manifestaron haber dejado de consumir el chicuru con el transcurso de los años y recordaron percepciones sociales que asociaban su consumo con personas de escasos recursos. Los participantes de mayor edad proporcionaron descripciones más detalladas sobre su recolección y consumo, mientras que la participante más joven entrevistada manifestó desconocer el recurso.

Finalmente, algunos testimonios recordaron el aprovechamiento del chicuru durante un periodo de sequía ocurrido en la década de 1980, cuando la raíz era recolectada y consumida en un contexto de escasez de alimentos. Estos relatos muestran la presencia de conocimientos tradicionales relacionados con la recolección, preparación y consumo del chicuru, así como cambios percibidos en la continuidad de estas prácticas.

Finalmente, algunos testimonios recordaron el aprovechamiento del chicuru durante un periodo de sequía ocurrido en la década de 1980, cuando la raíz era recolectada y consumida en un contexto de escasez de alimentos. Estos relatos muestran la presencia de conocimientos tradicionales relacionados con la recolección, preparación y consumo del chicuru, así como cambios percibidos en la continuidad de estas prácticas.

Tabla 19

Categorías identificadas en los testimonios sobre el conocimiento tradicional de Stangea henrici

Categoría temática	Hallazgos principales
Transmisión del conocimiento	Aprendizaje principalmente asociado a padres, abuelos y experiencias durante la niñez
Contexto de consumo	Consumo relacionado con las actividades de pastoreo y permanencia en el campo
Recolección tradicional	Extracción de la raíz utilizando restos de huesos de animales
Preparación alimentaria	Consumo directo y preparación tradicional en mazamorra o lapi
Valoración social	Relatos que asociaban antiguamente su consumo con personas de escasos recursos y sentimientos de vergüenza o recelo
Continuidad del conocimiento	Mayor riqueza de conocimientos entre participantes de mayor edad y desconocimiento del recurso en la participante joven entrevistada
Situaciones de escasez	Recuerdo del aprovechamiento de la raíz como alimento durante la sequía de la década de 1980

Nota. Las categorías sintetizan los testimonios de los participantes E1–E5 y representan experiencias y conocimientos tradicionales reportados durante las entrevistas.

Los resultados muestran que el conocimiento sobre *Stangea henrici* aún se conserva entre los pobladores de Pallcca, principalmente a través de la familia y de las experiencias adquiridas en el campo. Los testimonios de los participantes de mayor edad relacionaron este aprendizaje con la infancia y las actividades de pastoreo, durante las cuales aprendían a reconocer, recolectar y consumir el chicuru. Esto muestra que el conocimiento sobre la especie se transmitía no solo entre generaciones, sino también mediante la práctica cotidiana y el contacto directo con el entorno.

Estos hallazgos guardan relación con De La Cruz Fernández (2006), quien documentó en la comunidad campesina de Tinca conocimientos locales relacionados con la identificación, localización y utilización de *Stangea henrici*. En Pallcca, los participantes de mayor edad conservaron conocimientos más detallados, mientras que entre los más jóvenes estos fueron menos frecuentes. Esta diferencia sugiere una menor continuidad en la transmisión del conocimiento tradicional, aunque los resultados no permiten afirmar que exista una pérdida generalizada del mismo.

El uso alimentario fue el principal aprovechamiento atribuido al chicuru. El consumo directo de la raíz y su preparación en mazamorra o lapi coinciden con lo documentado

por Huamaní García (2010), quien registró diferentes formas tradicionales de consumo de *Stangea henrici* en poblaciones altoandinas de Ayacucho. Además del uso alimentario, algunos testimonios atribuyeron al chicuru usos tradicionales relacionados con la gripe y el dolor de cuerpo. Estas menciones amplían la información obtenida mediante la encuesta y forman parte del conocimiento etnobotánico conservado por los pobladores. Sin embargo, deben interpretarse como usos tradicionales atribuidos a la especie y no como evidencia de eficacia terapéutica, debido a que esta investigación no evaluó propiedades medicinales.

Otro hallazgo importante fue que el conocimiento del chicuru se mantiene en mayor medida que su consumo actual. Varios participantes señalaron haberlo consumido anteriormente, principalmente durante su infancia o cuando realizaban actividades de pastoreo. Los testimonios también mostraron que, en algunos casos, su consumo llegó a relacionarse con personas de escasos recursos, generando sentimientos de vergüenza o recelo. Estas experiencias pueden ayudar a comprender el abandono del consumo en determinados participantes, pero no permiten atribuir esta situación a toda la población.

4.7. Aplicación potencial de la raíz de *Stangea henrici* en la agroindustria

La aplicación potencial de la raíz de *Stangea henrici* en la agroindustria se evaluó a partir de la integración de los resultados obtenidos en las caracterizaciones fitoquímica, nutricional y etnobotánica. Esta evaluación permitió identificar atributos del recurso que podrían ser considerados en posteriores estudios orientados a su transformación y aprovechamiento agroindustrial.

Tabla 20

Evaluación de la aplicación potencial de Stangea henrici en la agroindustria

Caracterización	Resultado relevante	Interés agroindustrial
FOS	32,13 ± 0,39 % equivalente a fructosa en MS	Obtención de ingredientes con FOS
Fenoles totales	5,52 ± 0,38 mg EAG/g MS	Obtención de extractos con compuestos fenólicos
Flavonoides totales	3,94 ± 0,21 mg EQ/g MS	Obtención de extractos con flavonoides
Capacidad antioxidante	DPPH: 14,27 ± 0,90; ABTS: 14,05 ± 0,73; FRAP: 57,07 ± 1,26 µmol TE/g MS	Desarrollo potencial de ingredientes con actividad antioxidante
Composición nutricional	55,82 % carbohidratos; 24,39 % extracto etéreo; 7,79 % fibra cruda; 5,07 % proteína	Transformación de la raíz en materias primas alimentarias
Uso etnobotánico	90 % reportó uso alimentario	Respaldo del uso de la raíz como recurso alimentario
Aceptación	100 % mostró disposición favorable hacia nuevos productos	Aceptación preliminar para el desarrollo de nuevos productos

La evaluación conjunta muestra que la aplicación potencial de *Stangea henrici* en la agroindustria se sustenta en tres aspectos principales: la presencia de componentes fitoquímicos de interés, su composición nutricional y el antecedente de consumo alimentario tradicional. A ello se suma la disposición favorable de los participantes hacia la elaboración de nuevos productos. Estos resultados permiten considerar a la raíz como una materia prima con posibilidades de transformación alimentaria; sin embargo, la definición de un producto específico requiere estudios posteriores de formulación, procesamiento, inocuidad, evaluación sensorial y vida útil.

La caracterización realizada muestra que la raíz de *Stangea henrici* presenta características nutricionales, fitoquímicas y etnobotánicas que permiten plantear alternativas para su posterior aprovechamiento agroindustrial. Entre los resultados de mayor interés se encuentran el contenido de FOS (32,13 ± 0,39 % equivalente a fructosa en materia seca), la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides, la capacidad antioxidante determinada mediante DPPH, ABTS y FRAP y el antecedente de consumo alimentario tradicional registrado en Pallcca. Estos resultados constituyen una base para proponer posibles formas de transformación, cuya viabilidad deberá comprobarse mediante estudios tecnológicos específicos.

Una alternativa de transformación directa es la obtención de harina. La raíz fresca presentó un elevado contenido de humedad, por lo que su procesamiento requeriría una etapa de deshidratación previa a la molienda. Esta posibilidad cuenta con un antecedente en chicuru: Pérez Soto (2022) obtuvo harina de *Stangea rhizanta* mediante secado por aire caliente y ventana refractante y planteó su potencial como ingrediente para el enriquecimiento de alimentos. En *S. henrici*, la harina podría evaluarse como ingrediente en productos de panificación, mezclas alimentarias o formulaciones en polvo. Sin embargo, sería necesario estudiar previamente su comportamiento tecnológico, estabilidad, características sensoriales y condiciones óptimas de secado y molienda.

Una segunda alternativa corresponde al procesamiento de la raíz como pulpa. Esta forma de aprovechamiento mantendría una presentación más próxima a su consumo tradicional y podría facilitar su incorporación en bebidas, productos fermentados u otras formulaciones alimentarias. Su planteamiento se encuentra respaldado principalmente por el uso alimentario registrado en la caracterización etnobotánica; no obstante, la presente investigación no evaluó las propiedades tecnológicas ni la estabilidad de la pulpa, por lo que su utilización constituye una alternativa de desarrollo posterior y no un producto validado.

Desde el punto de vista fitoquímico, el contenido de FOS (32,13 ± 0,39 % equivalente a fructosa en materia seca) constituye uno de los resultados de mayor interés para futuras alternativas de valorización. Campos et al. (2009) identificaron en *Stangea rhizanta* fructooligosacáridos de bajo grado de polimerización, entre ellos 1-kestosa y nistosa. Sin embargo, debido a que el presente estudio empleó una determinación espectrofotométrica con D-fructosa como patrón, el resultado obtenido en *S. henrici* no permite establecer la identidad ni la proporción individual de los FOS presentes. Por ello, una línea de desarrollo agroindustrial sería la caracterización cromatográfica de esta fracción y, posteriormente, la evaluación de su extracción y concentración para obtener ingredientes destinados a formulaciones alimentarias.

Esta posibilidad adquiere interés debido a la relación de determinados fructooligosacáridos con el concepto de prebiótico. No obstante, la presencia de FOS no permite calificar directamente a *S henrici* como alimento prebiótico. De acuerdo con Gibson et al. (2017), un prebiótico debe ser utilizado selectivamente por microorganismos del hospedero y conferir un beneficio para la salud. En consecuencia, antes de plantear declaraciones de funcionalidad prebiótica para productos derivados del chicuru sería necesario demostrar experimentalmente dichos efectos.

La presencia de compuestos fenólicos y flavonoides constituye otra característica de interés. La raíz presentó 5,52 ± 0,38 mg EAG/g MS de fenoles totales y 3,94 ± 0,21 mg EQ/g MS de flavonoides totales, además de capacidad antioxidante mediante los ensayos DPPH, ABTS y FRAP. Campos et al. (2009) identificaron en *S. rhizanta* diferentes compuestos fenólicos, entre ellos ácido cafeico, ácido clorogénico y derivados, así como flavan-3-oles. En el caso de *Stangea henrici*, los resultados obtenidos demuestran la presencia cuantificable de estas fracciones, pero no permiten identificar los compuestos individuales responsables de la respuesta antioxidante. Por ello, antes de plantear su aprovechamiento como fuente de extractos fenólicos sería necesario realizar su identificación mediante técnicas analíticas de mayor resolución y optimizar las condiciones de extracción.

A partir de una caracterización más específica, podría evaluarse posteriormente la obtención de extractos y su estabilización mediante microencapsulación. Esta tecnología resulta de interés porque permite proteger compuestos fenólicos frente a condiciones que favorecen su degradación y facilitar su incorporación en matrices alimentarias. (Bińkowska B. et al., 2024) describen aplicaciones de polifenoles microencapsulados en diferentes productos alimentarios. Para *Stangea henrici*, esta alternativa correspondería a un nivel de transformación de mayor desarrollo tecnológico y requeriría previamente optimizar la extracción, identificar los compuestos de interés, seleccionar el material encapsulante y evaluar la estabilidad del producto obtenido.

La información etnobotánica complementa estas alternativas, debido a que el chicuru fue reconocido principalmente como un recurso alimentario y se registraron formas tradicionales de consumo como la raíz cruda y la mazamorra o lapi. Asimismo, los participantes mostraron una disposición favorable hacia la elaboración de nuevos productos derivados del recurso. Este resultado proporciona un sustento social inicial para explorar nuevas formas de transformación; sin embargo, no representa aceptación sensorial, intención de compra ni viabilidad comercial, aspectos que deberán evaluarse mediante estudios posteriores.

Desde el punto de vista agroindustrial, el alto contenido de humedad de la raíz fresca (82,16 %) representa un aspecto importante para su aprovechamiento, ya que puede reducir su estabilidad durante la conservación y favorecer su deterioro. Asimismo, implica manejar una mayor cantidad de agua durante el procesamiento, lo que puede influir en las operaciones de extracción, concentración y conservación de los componentes de interés. Por ello, un futuro aprovechamiento de *Stangea henrici* requiere establecer condiciones adecuadas de acondicionamiento, conservación y

procesamiento que permitan reducir pérdidas y mantener las características de la materia prima.

los resultados permiten establecer distintos niveles potenciales de aprovechamiento agroindustrial de *S. henrici*. En un primer nivel se encuentran transformaciones directas de la raíz, como harina o pulpa, vinculadas con su antecedente de uso alimentario. En un segundo nivel se plantea el aprovechamiento de componentes específicos, particularmente la fracción de FOS y los compuestos fenólicos, mediante procesos de extracción y concentración. Finalmente, un nivel de mayor desarrollo tecnológico podría considerar la estabilización de extractos mediante microencapsulación para su posterior incorporación en matrices alimentarias. Estas alternativas no constituyen productos validados por la presente investigación, sino líneas de desarrollo sustentadas en las características identificadas y que requieren estudios posteriores de procesamiento, estabilidad, inocuidad, aceptabilidad y viabilidad tecnológica y comercial.

CONCLUSIONES

La caracterización fitoquímica de la raíz de *Stangea henrici* permitió determinar la presencia de componentes de interés, destacando un contenido de fructooligosacáridos de 32,13 ± 0,39 % de fructosa equivalente en materia seca, así como 5,52 ± 0,38 mg EAG/g MS de fenoles totales y 3,94 ± 0,21 mg EQ/g MS de flavonoides totales.

La raíz de *Stangea henrici* presentó capacidad antioxidante mediante los tres métodos evaluados, con valores de 14,27 ± 0,90 µmol TE/g MS para DPPH, 14,05 ± 0,73 µmol TE/g MS para ABTS y 57,07 ± 1,26 µmol TE/g MS para FRAP.

La caracterización nutricional de la raíz deshidratada de *Stangea henrici*, expresada en base seca, presentó 97,79 % de materia seca, 2,21 % de humedad, 55,82 % de carbohidratos totales, 24,39 % de extracto etéreo, 7,79 % de fibra cruda, 5,07 % de proteína y 4,72 % de cenizas totales, con un valor energético de 464,07 kcal/100 g.

La caracterización etnobotánica mostró que el conocimiento tradicional sobre el chicuru todavía se mantiene en la comunidad de Pallcca, el 80,0 % de los participantes manifestó conocer la especie. Entre quienes la conocían, el 65,0 % señaló haber adquirido este conocimiento de sus padres o abuelos y el 35,0 % indicó haberlo conocido en el campo.

La raíz de *Stangea henrici* presenta potencial para ser aplicada como materia prima de interés agroindustrial.

RECOMENDACIONES

Identificar y cuantificar los fructooligosacáridos (FOS) presentes en la raíz de Stangea henrici mediante HPLC, para conocer específicamente los tipos de FOS presentes

Identificar los principales compuestos fenólicos y flavonoides, con la finalidad de conocer qué compuestos podrían estar relacionados con la capacidad antioxidante encontrada

Desarrollar y evaluar productos agroindustriales a base de chicuru, como harina, bebidas u otros alimentos, considerando su calidad fisicoquímica, sensorial, microbiológica y vida útil

Estudiar la propagación, cultivo y manejo agronómico de Stangea henrici, buscando alternativas sostenibles que permitan su aprovechamiento sin depender únicamente de poblaciones silvestres

Evaluar la viabilidad técnica y económica de su procesamiento agroindustrial, considerando la disponibilidad de materia prima, rendimiento, costos de producción y posibilidades de comercialización

Promover la revaloración del chicuru y de sus formas tradicionales de consumo, como crudo y en mazamorra, fortaleciendo la transmisión de conocimientos de los adultos mayores hacia los jóvenes y niños de la comunidad, para contribuir a que este recurso y los saberes asociados a su recolección, preparación y consumo se mantengan en las futuras generaciones

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque, U. P., Ramos, M. A., de Lucena, R. F., & Alencar, N. L. (2014). *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology.* Humana Press / Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7_2

Benzie, I., & Strain, J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry, 239*(1), 70–76. https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292

Bińkowska, W., Szpicer, A., Stelmasiak, A., Wojtasik Kalinowska, I., & Półtorak, A. (2024). Microencapsulation of Polyphenols and Their Application in Food Technology. *Applied Sciences, 14*(24). https://doi.org/10.3390/app142411954

Brand Williams, W., Cuvelier, M., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology, 28*(1), 25–30. https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5

Campos, D., Betalleluz Pallardel, I., Chirinos, R., Aguilar Galvez, A., Noratto, G., & Pedreschi, R. (2012). Prebiotic effects of yacon (Smallanthus sonchifolius Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. *Food Chemistry, 135*(3), 1592–1599. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.088

Campos, D., Betalleluz, I., Tauquino, R., Chirinos, R., & Pedreschi, R. (2009). Nutritional and functional characterisation of Andean chicuru (Stangea rhizanta). *Food Chemistry, 112*(1), 63–70. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.035

Chang, C.-C., Yang, M.-H., Wen, H.-M., & Chern, J.-C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis, 10*(3), 178–182. https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748

Cotton, C. (1996). *Ethnobotany: Principles and Applications.* Chichester: John Wiley & Sons.

Dai, J., & Mumper, R. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules, 15*(10), 7313–7352. https://doi.org/10.3390/molecules15107313

De La Cruz Calderón, G., & De La Cruz Calderón, V. (2011). Efecto de la adición de pulpa de chicuro (*Stangea henrici*) a diferentes concentraciones en las

características fisicoquímicas y sensoriales del yogurt prebiótico. Tarma, Junín, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

De La Cruz Fernández, E. (2006). *Aportes para la conservación in situ del "chicuru" (Stangea henrici Graebn.) en la microcuenca de Caracha, comunidad campesina Tinca, provincia Víctor Fajardo - región Ayacucho.* lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Everette, J., Bryant, Q., Green, A., Abbey, Y., Wangila, G., & Walker, R. (2010). Thorough Study of Reactivity of Various Compound Classes toward the Folin-Ciocalteu Reagent. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58*(14), 8139–8144. https://doi.org/10.1021/jf1005935

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2003). *Food energy: Methods of analysis and conversion factors.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gibson, G., Hutkins, R., Sanders, M., Prescott, S., Reimer, R., Salminen, S., Scott, K., Stanton, C., Swanson, K., Cani, P., Verbeke, K., & Reid, G. (2017). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *JournalNature Reviews Gastroenterology & Hepatology, 14*(8), 491–502. https://doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75

Gómez Espinoza, F. (2012). *Efecto de la temperatura y el tiempo de cocción en las características sensoriales y fisicoquímicas de un producto de V gama esterilizado derivado de chicuro (Stangea rhizanta).* huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica. https://doi.org/20.500.14597/2310

Greenfield, H., & Southgate, D. A. (2003). *Food composition data: Production, management and use* (2 ed.). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Huamaní García, O. (2010). Morfología de la semilla, germinación y crecimiento inicial de la plántula del chicuro (*Stangea henrici*) bajo condiciones de laboratorio - Ayacucho 2750 msnm. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Huang, D., Ou, B., & Prior, R. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1841–1856. https://doi.org/10.1021/jf030723c

Martin, G. J. (2004). *Ethnobotany: A Methods Manual.* London: Earthscan.

Munteanu, I., & Apetrei, C. (2021). Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. *International Journal of Molecular Sciences, 22*(7), 3380. https://doi.org/10.3390/ijms22073380

Ñaupas Paitán, H., Mejía Mejía, E., Novoa Ramírez, E., & Villagómez Paucar, A. (2014). *Metodología de la investigación: Cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis.* Bogotá: Ediciones de la U.

Panche, A., Diwan, A., & Chandra, S. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, e47. https://doi.org/10.1017/jns.2016.41

Pérez Soto, P. (2022). *Influencia del secado por aire caliente y ventanas refractantes en las propiedades funcionales, composición fisicoquímica y color de la harina de chicuro (Stangea rhizanta).* Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. https://doi.org/20.500.14597/6443

Petkova, N., Ivanova, M., Todorova, M., Vlaseva, R., & Denev, P. (2013). Spectrophotometric method for determination of inulin and fructooligosaccharides in lactic acid fermented dairy products. *revistaActa Scientifica Naturalis*.

Petry, R., Ortega, G., & Silva, W. (2001). Flavonoid content assay: influence of the reagent concentration and reaction time on the spectrophotometric behavior of the aluminium chloride-flavonoid complex. *Pharmazie, 56*(6), 465–470.

Prior, R., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53*(10), 4290–4302. https://doi.org/10.1021/jf0502698

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine, 26*(9-10), 1231–1237. https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3

Reyes García, V., Broesch, J., Calvet Mir, L., fuentes Peláez, N., McDade, T., Parsa, S., Tanner, S., Huanca, T., Leonard, W., & Martínez Rodríguez, M. (2009). Cultural transmission of ethnobotanical knowledge and skills: An empirical analysis from an Amerindian society. *Evolution and Human Behavior, 30*(4), 274–285. https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2009.02.001

Rice Evans, C., Miller, N., & Paganga, G. (1996). Structure antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine, 20*(7), 933–956. https://doi.org/10.1016/0891-5849(95)02227-9

Riveros Chauhuayo, C., Gamarra Gamarra, D., & Marmolejo Gutarra, D. (1996). Recursos genéticos - Chicuru. *Agronoticias*(198), 20-21.

Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods, 18*, 820–897. https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018

Singleton, V., Orthofer, R., & Lamuela Raventós, R. (1999). *Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent* (Vol. 299). Academic Press. https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros Zevallos, L., & Byrne, D. H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *revistaJournal of Food Composition and Analysis, 19*, 669–675. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003

Thapa Magar, R., & Sohng, J. (2020). A Review on Structure, Modifications and Structure-Activity Relation of Quercetin and Its Derivatives. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 11–20. https://doi.org/10.4014/jmb.1907.07003

Yoo, S., Jung, S.-C., Kwak, K., & Kim, J.-S. (2024). The Role of Prebiotics in Modulating Gut Microbiota: Implications for Human Health. *International Journal of Molecular Sciences, 25*(9). https://doi.org/10.3390/ijms25094834

Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry, 64*(4), 555–559. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2

ANEXOS

ANEXO 1

Instrumento de recolección de información etnobotánica

ENCUESTA ETNOBOTÁNICA SOBRE *Stangea henrici*

(CHICURU)

I. DATOS GENERALES

1. Nombre: _____

1. Edad: _____ años

2. Sexo:

☐ Femenino ☐ Masculino

3. Tiempo de residencia en la comunidad: _____ años

II. CONOCIMIENTO ETNOBOTÁNICO DEL CHICURU

4. ¿Conoce usted el chicuru?

☐ Sí ☐ No

Si respondió No, continúe con la pregunta 12.

5. ¿Cómo conoció el chicuru?

☐ Por mis padres o abuelos ☐ En el campo

6. ¿En qué se usa el chicuru?

☐ Como alimento ☐ Para curar enfermedades

7. ¿Consume o ha consumido el chicuru?

☐ Sí, actualmente ☐ Antes sí ☐ No

8. ¿Cómo se consume el chicuru?

☐ Crudo ☐ En mazamorra

9. ¿Qué parte del chicuru se utiliza?

☐ Raíz entera

10. Según su conocimiento, ¿quiénes consumen más el chicuru?

☐ Adultos mayores ☐ Mujeres ☐ Toda la familia

11. ¿Cree usted que el chicuru tiene algún valor especial para su comunidad?

☐ Sí ☐ No ☐ No lo sé

III. PERCEPCIÓN SOBRE SU TRANSFORMACIÓN

12. ¿Le parecería bien que se hagan productos nuevos (como harinas, bebidas o medicamentos) usando chicuru?

☐ Sí ☐ No

Observaciones:

_____

_____

ANEXO 2

Validación del instrumento de recolección de información etnobotánica

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA INVESTIGACIÓN-TESIS

Yo, DE LA CRUZ FERNANDEZ, Eusebio, identificado(a) con DNI N.º 07272511, de profesión Ingeniero en Industrias Alimentarais, con el grado académico de Msc. Ecología Aplicada y Registro Profesional CIP N.º 74208, en calidad de especialista evaluador;

CERTIFICO:

Haber revisado y dictaminado la validez del instrumento de recolección de información etnobotánica denominado: Cuestionario Etnobotánico, formulado para el proyecto de tesis titulado:

"Caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de *Stangea henrici* (Raíz Alto Andina) para su aplicación potencial en la agroindustria, Ayacucho"

A desarrollar por el Bach. **Pool Pavel RODRÍGUEZ HUACCACHI**, con el objetivo de optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Criterios de Evaluación El análisis del instrumento metodológico se realizó considerando los siguientes aspectos cualitativos y cuantitativos:

- **Claridad:** Formulación comprensible, orientada adecuadamente a los informantes clave de la zona de estudio.
- **Objetividad:** Planteamiento neutral sin sesgos ni inducción de respuestas sobre el uso de la *Stangea henrici*.
- **Pertinencia:** Alineación directa con los objetivos etnobotánicos, fitoquímicos y la prospección agroindustrial.
- **Coherencia:** Sistematización lógica entre variables, dimensiones, indicadores e ítems.
- **Suficiencia:** Alcance integral para registrar de forma fidedigna el saber local y la caracterización de la especie altoandina.

Dictamen de Aplicabilidad Tras la evaluación correspondiente, el instrumento presenta la siguiente condición:

Calificación	Criterio Metodológico	Selección (X)
Aplicable directamente	Cumple cabalmente con la solidez técnica y metodológica requerida.	X
Aplicable con modificaciones	Requiere atender las observaciones señaladas antes de su aplicación.	
No aplicable	Amerita reestructuración metodológica integral.	

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines académicos e institucionales correspondientes.

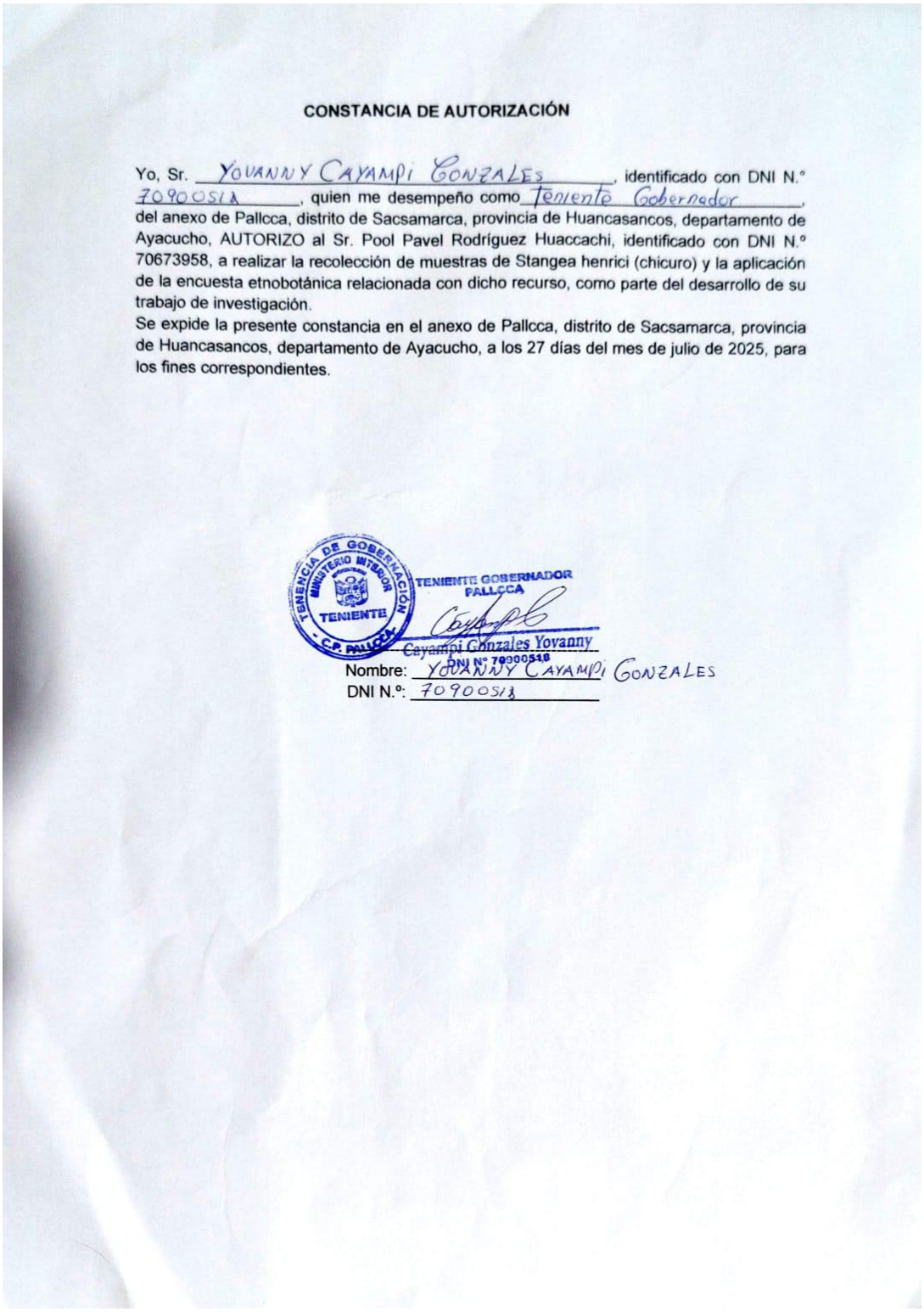
Ayacucho, 25 de julio de 2025



DE LA CRUZ FERNANDEZ, Eusebio
DNI:07272511
Msc. Ecología Aplicada
Institución: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga

ANEXO 3

Constancia de autorización para la recolección de muestras y aplicación de encuestas etnobotánicas.



CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Sr. YOVANNY CAYAMPI GONZALES, identificado con DNI N.° 70900518, quien me desempeño como Teniente Gobernador, del anexo de Pallcca, distrito de Sacsamarca, provincia de Huancasancos, departamento de Ayacucho, AUTORIZO al Sr. Pool Pavel Rodríguez Huaccachi, identificado con DNI N.° 70673958, a realizar la recolección de muestras de Stangea henrici (chicuro) y la aplicación de la encuesta etnobotánica relacionada con dicho recurso, como parte del desarrollo de su trabajo de investigación.

Se expide la presente constancia en el anexo de Pallcca, distrito de Sacsamarca, provincia de Huancasancos, departamento de Ayacucho, a los 27 días del mes de julio de 2025, para los fines correspondientes.

TENENCIA DE GOBERNACIÓN MINISTERIO INTERIOR TENIENTE C.P. PALLCCA

TENIENTE GOBERNADOR PALLCCA

Cayampi Gonzales Yovanny

DNI N° 70900518

Nombre: YOVANNY CAYAMPI GONZALES

DNI N.°: 70900518

ANEXO 4

constancia de determinación y validación taxonómica

UNSCH FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN Y VALIDACIÓN TAXONÓMICA

El que suscribe, Dr. **BAUTISTA GOMEZ, Rolando**, profesional en Ciencias Agrarias con Registro del Colegio de Ingenieros del Perú N.º 36384, en condición de docente de la asignatura de Botánica Agrícola y Manejo de malezas de la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias

HACE CONSTAR:

Que el material vegetal (muestra botánica) recolectado en la región de Ayacucho e ingresado a evaluación por el **Bach. Pool Pavel RODRÍGUEZ HUACCACHI**, para el desarrollo del proyecto de tesis titulado: **"Caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de *Stangea* *henrici* (Raíz Alto Andina) para su aplicación potencial en la agroindustria, Ayacucho",** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Agroindustrial**, ha sido identificado taxonómicamente mediante análisis morfológico comparativo con especímenes de referencia y revisión de claves botánicas especializadas.

Clasificación Taxonómica

Categoría Taxonómica	**Taxón**
Reino	Plantae
División	Tracheophyta (Magnoliophyta)
Clase	Magnoliopsida
Orden	Dipsacales
Familia	Caprifoliaceae (subfam. Valerianoideae)
Género	*Stangea*
Especie	*Stangea henrici* Graebn.
Nombre local registrado	Raíz Alto Andina / Chicuro.

Datos del Registro y Depósito de la Muestra (Voucher)

- **Lugar de colecta:** Centro poblado de Pallcca, distrito de Sacsamarca, provincia de Huanca Sancos, departamento de Ayacucho
- **Coordenadas Geodésicas (WGS84):**
  Latitud: 13° 53′ 20.36″ S (-13.888989°)
  Longitud: 74° 14′ 59.17″ O (-74.249770°)
- **Coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator - Datum WGS84)**
  Zona UTM: 18S
  Este (E): 581,059 m E
  Norte (N): 8,464,424 m S
- **Altitud**
  Centro poblado (núcleo urbano/rural): 3,361 msnm.
  Ámbito comunal (jurisdicción): Comprende desde los 3,200 msnm. en la zona baja de la cuenca hasta superar los 4,500 msnm. en las zonas altiplánicas de pastoreo.
- **Fecha de recepción:** 14 de abril de 2026

Se otorga la presente constancia para dar fe de la certeza sistemática del recurso vegetal evaluado y respaldar la validez científica del estudio agroindustrial.

Ayacucho, 4 de junio del 2026

Dr. BAUTISTA GOMEZ, Rolando
CIP N.º: 36384

ANEXO 5

Base de datos de la caracterización etnobotánica de Stangea henrici

N°	Edad	Sexo	Tiempo de residencia en la comunidad (años)	¿Conoce usted el chicuru?	¿Cómo conoció el chicuru?	¿En qué se usa el chicuru?	¿Consume el chicuru?
1	51	F	51	Sí	por mis padres o abuelos	como alimento	Sí
2	60	M	60	Sí	en el campo	como alimento	Sí
3	62	F	62	Sí	por mis padres o abuelos	como alimento	Antes sí
4	64	F	64	Sí	por mis padres o abuelos	como alimento	Antes sí
5	55	F	55	Sí	en el campo	como alimento	Sí
6	85	F	85	Sí	por mis padres o abuelos	como alimento	Antes sí
7	71	M	71	Sí	en el campo	para curar enfermedades	Antes sí
8	62	M	62	Sí	en el campo	como alimento	Antes sí
9	73	F	73	Sí	por mis padres o abuelos	como alimento	Antes sí
10	78	F	78	Sí	por mis padres o abuelos	como alimento	Sí
11	80	M	80	Sí	por mis padres o abuelos	como alimento	Antes sí
12	52	M	52	Sí	en el campo	como alimento	Antes sí
13	42	F	42	Sí	por mis padres o abuelos	como alimento	Antes sí
14	56	F	56	No	no aplica	no aplica	No
15	46	F	46	Sí	por mis padres o abuelos	como alimento	Antes sí
16	42	F	42	Sí	en el campo	como alimento	Sí
17	58	M	58	Sí	por mis padres o abuelos	como alimento	Antes sí
18	49	F	49	Sí	por mis padres o abuelos	como alimento	Antes sí
19	90	M	90	Sí	por mis padres o abuelos	para curar enfermedades	Antes sí
20	65	F	65	Sí	en el campo	como alimento	Sí
21	78	F	78	Sí	por mis padres o abuelos	como alimento	Sí
22	24	F	17	No	no aplica	no aplica	No
23	23	F	10	No	no aplica	no aplica	No
24	30	F	17	No	no aplica	no aplica	No
25	20	F	17	No	no aplica	no aplica	No

N°	¿Cómo se consume el chicuru?	¿Qué parte del chicuru se usa?	¿Quiénes consumen más el chicuru?	¿Cree usted que el chicuru tiene algún valor especial para su comunidad?	¿Le parecería bien que se hagan productos nuevos (harinas, bebidas) usando chicuru?
1	mazamorra	la raíz entera	mujeres	no lo se	Sí
2	crudo	la raíz entera	adultos mayores	si	Sí
3	crudo	la raíz entera	adultos mayores	no lo se	Sí
4	crudo	la raíz entera	mujeres	no lo se	Sí
5	crudo	la raíz entera	adultos mayores	si	Sí
6	crudo	la raíz entera	toda la familia	no lo se	Sí
7	crudo	la raíz entera	mujeres	si	Sí
8	crudo	la raíz entera	adultos mayores	no lo se	Sí
9	mazamorra	la raíz entera	toda la familia	no lo se	Sí
10	crudo	la raíz entera	toda la familia	no lo se	Sí
11	mazamorra	la raíz entera	adultos mayores	si	Sí
12	crudo	la raíz entera	adultos mayores	si	Sí
13	crudo	la raíz entera	adultos mayores	no lo se	Sí
14	no aplica	no aplica		no aplica	Sí
15	mazamorra	la raíz entera	adultos mayores	no lo se	Sí
16	crudo	la raíz entera	mujeres	no lo se	Sí
17	mazamorra	la raíz entera	toda la familia	no lo se	Sí
18	crudo	la raíz entera	toda la familia	si	Sí
19	mazamorra	la raíz entera	toda la familia	no lo se	Sí
20	crudo	la raíz entera	mujeres	no lo se	Sí
21	mazamorra	la raíz entera	toda la familia	si	Sí
22	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica	Sí
23	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica	Sí
24	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica	Sí
25	no aplica	no aplica	no aplica	no aplica	Sí

ANEXO 6

Evidencias fotográficas de la recolección de Stangea henrici



Fotografías del lugar de recolección, hábitat, planta y extracción de la raíz.



ANEXO 7

Evidencias fotográficas de la aplicación del instrumento etnobotánico






Latitud: -13.888893
Longitud: -74.248724
Elevación: 3467.08±24.2 m
Precisión: 76.98 m
Tiempo: 07-27-2025 08:01
Powered by NoteCam

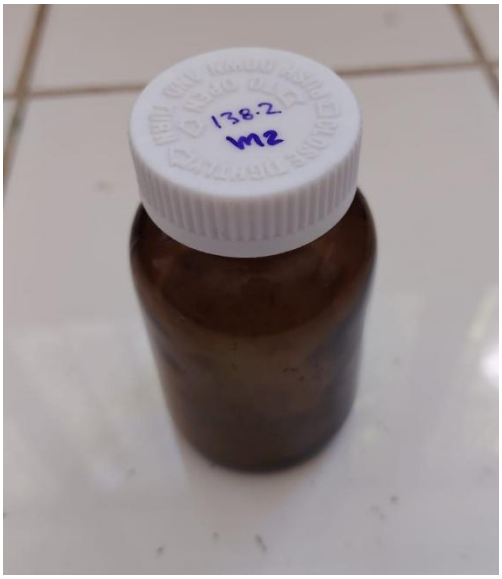

CORPUS CHRISTI
Latitud: -13.888779
Longitud: -74.249655
Elevación: 3443.21±10.4 m
Precisión: 22.31 m
Tiempo: 07-27-2025 07:46
Powered by NoteCam


Latitud: -13.88869
Longitud: -74.25025
Elevación: 3441.14±11.6 m
Precisión: 14.74 m
Tiempo: 07-27-2025 07:34
Powered by NoteCam


Latitud: -13.888626
Longitud: -74.25023
Elevación: 3447.97±11.8 m
Precisión: 9.524 m
Tiempo: 07-27-2025 07:19
Powered by NoteCam

ANEXO 8

Registro fotográfico de selección, lavado, corte, secado, molienda y almacenamiento de la muestra destinada a los análisis fitoquímicos.

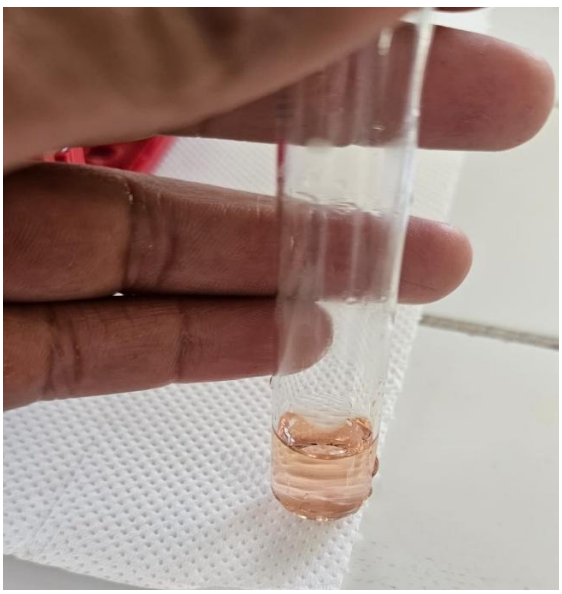
<table>
<tr><td>selección y lavado</td><td>cortado en rodajas para deshidratado</td></tr>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>deshidratado</td><td>almacenamiento de muestra</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

ANEXO 9

Determinación de fructooligosacáridos (FOS)

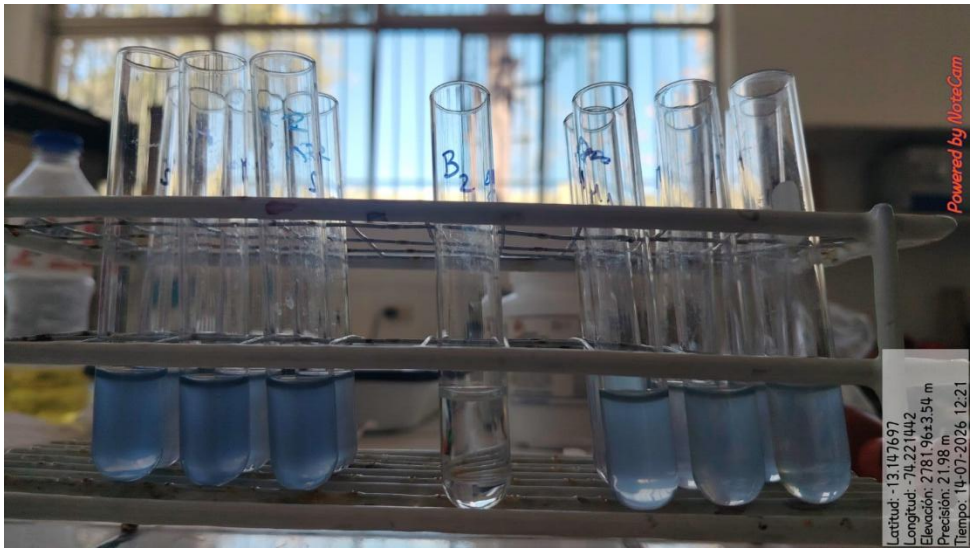
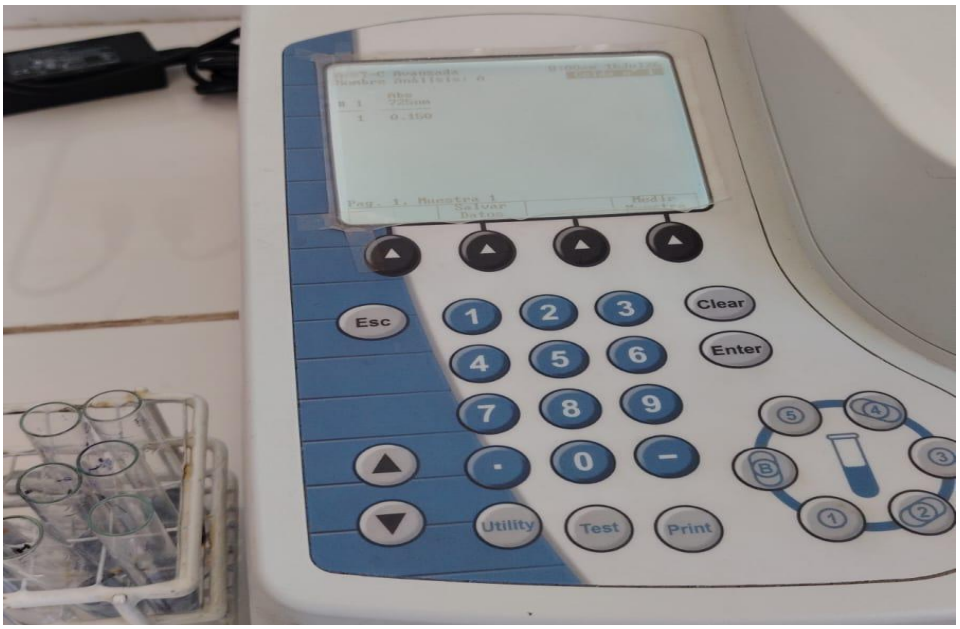




Reacción en Baño maría	Presencia de fructosa
	

ANEXO 10

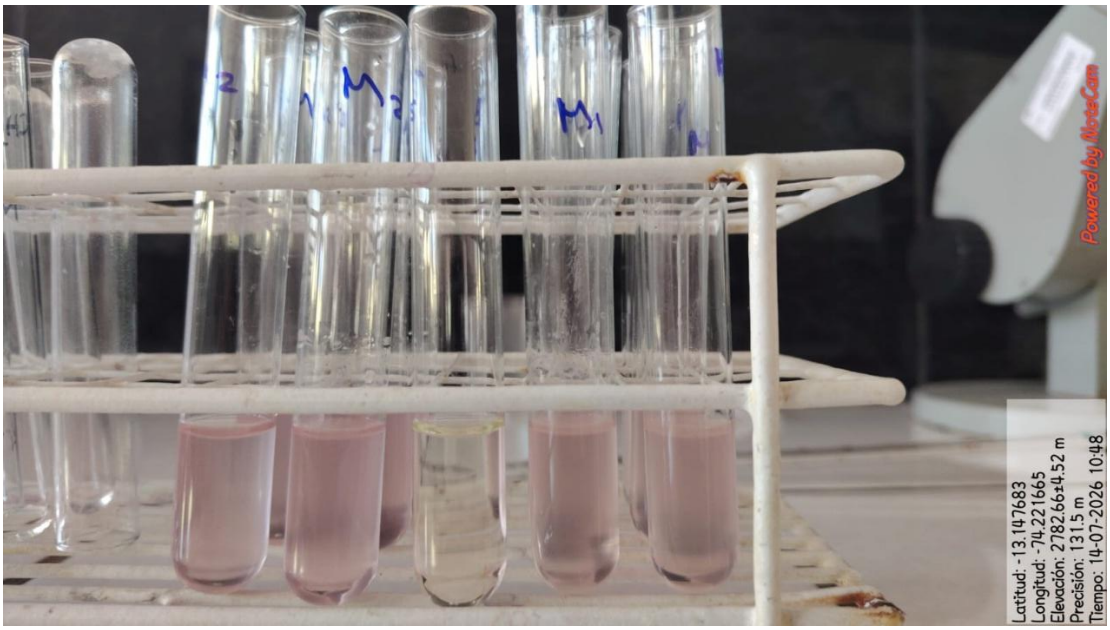
Determinación de fenoles totales

presencia d fenoles en la muestra

lectura de absorbancia


ANEXO 11

Determinación de flavonoides totales

soluciones y reactivos para determinación de flavonoides

presencia de flavonoides


ANEXO 12

Determinación de la capacidad antioxidante mediante DPPH

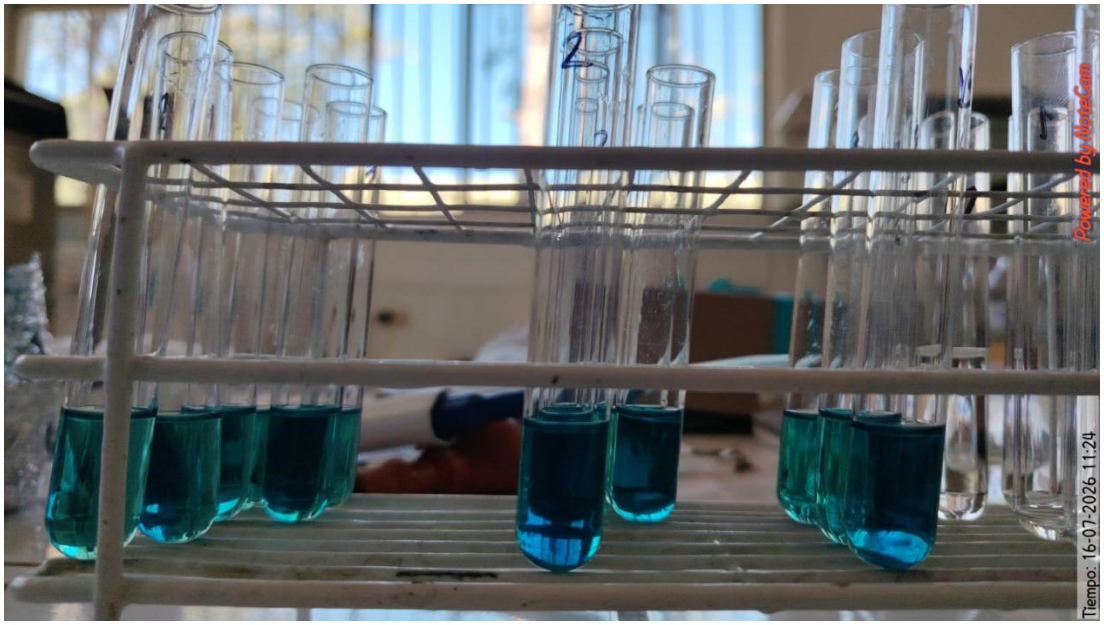
Ensayo de DPPH

Lectura de absorbancia para DPPH


ANEXO 13

Determinación de la capacidad antioxidante mediante ABTS

ensayo de ABTS



Lectura de absorbancia para ABTS



ANEXO **14**

Determinación de la capacidad antioxidante mediante FRAP

preparación de solución para FRAP

ensayo de FRAP


ANEXO 15

Constancia de análisis químico proximal de la raíz de Stangea henrici

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS

LABORATORIO DE BROMATOLOGIA Y NUTRICIÓN

AVENIDA INDEPENDENCIA S7N –CIUDAD UNIVERSITARIA "LOS MODULOS"

==========

Solicita; Bachiller Pool P. Rodríguez H.
Análisis químico proximal
Muestra: Raíz de Chicuro *Stangea henrici* con cáscara
Procedencia de muestra; Pallcca Huanca Sancos-Ayacucho
Fecha: Ayacucho, 27 de agosto de 2026

El responsable del Laboratorio de Bromatología y Nutrición otorga la presente:

CONSTANCIA

Que los resultados obtenidos en muestra de raíz de chicuro con cascara son los siguientes

Análisis proximal	Resultado base seca	Método empleado AOAC, 22edición
HUMEDAD	2,21 %	AOAC 2024 934.01; 105^0 C
MATERIA SECA	97,79%	AOAC 2024
PROTEINA(N X 6-25)	5,07 %	AOAC 2024, 2001.11 KJELDAHL
EXTRACTO ETÉREO	24,39%	AOAC 2024, 920.39 SOXHLET
CENIZAS TOTALES	4,72 %	AOAC 2024, 942.05; 550^0 C
FIBRA CRUDA	7,79 %	AOAC 2024, 962.09 DIG. AC-ALC.
CARBOHIDRATO TOTAL	55,82%	AOAC 2024, POR DIFERENCIA
ENERGIA	464,07 Kcal	Método ATWATER.DS 007-98.SA

Se otorga la presente constancia a petición del interesado,

Ayacucho, agosto del 2026

Dra. Edna León Palomino

Responsable de laboratorio

ANEXO 16

Constancia de análisis fitoquímico de la raíz de Stangea henrici

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
Laboratorio de Farmacognosia

Av. Independencia S/N – Ciudad Universitaria
Ayacucho – Huamanga – Ayacucho

El profesor Dr. Enrique Javier AGUILAR FELICES responsable del Laboratorio de Farmacognosia:

DA CONSTANCIA:

Qué, el Bach. Pool Pavel RODRÍGUEZ HUACCACHI, ha realizado la caracterización fitoquímica en el marco de la investigación titulada "Caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de *Stangea henrici* (Raíz Alto Andina) para su aplicación potencial en la agroindustria, Ayacucho", en los laboratorios de Farmacognosia de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), bajo mi supervisión.

1. Muestra: Raíz deshidratada.

Los análisis se realizaron según las siguientes metodologías:

a) Contenido de Fructooligosacáridos: Método de Petkova y col. (2013).
b) Contenido de Fenoles totales : Método de Folín – Ciocalteu (Thaipong y col., 2006)
c) Contenido de Flavonoides : Método del cloruro de aluminio (Zhishen y col., 1999)
d) Secuestramiento del radical libre DPPH (Thaipong y col., 2006)
e) Secuestramieno del radical libre catión ABTS (Thaipong y col., 2006)
f) Poder antioxidante reductor del hierro (FRAP) (Thaipong y col., 2006)

RESULTADOS:

Tabla 1. Contenido de fenoles totales y flavonoides.

Muestra	Fructooligosacáridos FOS (% equivalente a fructosa)	Fenoles totales (mg GAE/g de muestra)	Flavonoides (mg QE/g de muestra)
Raíz deshidratada	32,13 ± 0,39	5,52 ± 0,38	3,94 ± 0,21

Leyenda: FOS: Fructooligosacáridos; GAE: Equivalente al ácido gálico; QE: Equivalente a la quercetina

Tabla 2. Capacidad antioxidante

Muestras	Ensayos		
	DPPH (µmoles ET/g de muestra)	ABTS (µmoles ET/g de muestra)	FRAP (µmoles ET/g de muestra)
Raíz deshidrata	14,27 ± 0,90	14,053 ± 0,73	57,07 ± 1,26

Referencias bibliográficas:

1. **Petkova N., M. Ivanova, M. Todorova, R. P. Denev**, Spectrophotometric method for determination of inulin and fructooligosaccharides in lactic acid fermented dairy products, Acta Scientifica Naturalis, 2013.
2. **Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Zevallos, C., & Byrne, H. (2006)**. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. Journal of Food Composition and Analysis, 19(6-7), 669-675. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003.
3. **Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W.** The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem. 1999 mar 1;64(4):555-9. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 20 de agosto de 2026

Dr. Q.F. Enrique Javier AGUILAR FELICES
Profesor Principal a D.E.

cc.
- Archivo

ANEXO 17

Evidencias fotográficas de los análisis de laboratorio







ANEXO 18

Cálculos complementarios de la caracterización fitoquímica y capacidad antioxidante

Contenido de FOS en la raíz de *Stangea henrici*

Réplica	Absorbancia	Conc. solución diluida (µg/mL)	Conc. corregida FD=20 (µg/mL)	Contenido en 50 mL (mg)	FOS (% equivalente a fructosa)
R1	0,155	32,16	643,2	32,16	32,16
R2	0,155	32,16	643,2	32,16	32,16
R3	0,156	32,36	647,2	32,36	32,36
R4	0,151	31,36	627,2	31,36	31,36
R5	0,156	32,36	647,2	32,36	32,36
R6	0,156	32,36	647,2	32,36	32,36
PROMEDIO	**0,15**	**32,13**	**642,53**	**32,13**	**32,13**
DE	**0,0019**	**0,3882**	**7,7632**	**0,3882**	**0,3882**

Contenido de FENOLES en la raíz de *Stangea henrici*

Réplica	Absorbancia	Conc. según curva (µg/mL)	Conc. corregida FD=2 (µg/mL)	Contenido en 100 mL (mg)	Fenoles totales (mg EAG/g MS)
R1	0,15	28,80	57,59	5,759	5,759
R2	0,148	28,39	56,78	5,678	5,678
R3	0,154	29,61	59,22	5,922	5,922
R4	0,142	27,16	54,33	5,433	5,433
R5	0,144	27,57	55,14	5,514	5,514
R6	0,127	24,10	48,20	4,820	4,820
PROMEDIO		**27,61**	**55,21**	**5,52**	**5,52**
DE		**1,92**	**3,85**	**0,38**	**0,38**

Contenido de FLAVONOIDES en la raíz de *Stangea henrici*

Réplica	Absorbancia	Conc. según curva (µg/mL)	Contenido en 100 mL (mg)	Flavonoides (mg EQ/g MS)
R1	0,075	37,94	3,79	3,794
R2	0,08	40,72	4,07	4,072
R3	0,081	41,28	4,13	4,128
R4	0,082	41,83	4,18	4,183
R5	0,073	36,83	3,68	3,683
R6	0,075	37,94	3,79	3,794
PROMEDIO		**39,43**	**3,94**	**3,94**
DE		**2,10**	**0,21**	**0,21**

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DPPH

Réplica	Absorbancia	Trolox según curva	Trolox corregido FD = 2	En 100 mL (µmol TE)
R1	0,97	72,33	144,67	14,47
R2	0,97	73,17	146,33	14,63
R3	0,98	62,33	124,67	12,47
R4	0,97	74,00	148,00	14,80
R5	0,97	72,33	144,67	14,47
R6	0,97	74,00	148,00	14,80
PROMEDIO		**71,36**	**142,72**	**14,27**
DE		**4,49**	**8,97**	**0,90**

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE ABTS

Réplica	Absorbancia	Trolox según curva (µmol/L)	Corregido FD=2 (µmol/L)	En 100 mL (µmol TE)	ABTS (µmol TE/g MS)
R1	0,89	67,29	134,57	13,46	13,46
R2	0,888	68,71	137,43	13,74	13,74
R3	0,892	65,86	131,71	13,17	13,17
R4	0,881	73,71	147,43	14,74	14,74
R5	0,885	70,86	141,71	14,17	14,17
R6	0,879	75,14	150,29	15,03	15,03
PROMEDIO		**70,26**	**140,52**	**14,05**	**14,05**
DE		**3,65**	**7,31**	**0,73**	**0,73**

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE FRAP

Réplica	Absorbancia	Trolox según curva (µmol/L)	Corregido FD = 2 (µmol/L)	En 100 mL (µmol TE)	FRAP (µmol TE/g MS)
R1	1,092	292,84	585,68	58,568	58,568
R2	1,052	276,84	553,68	55,368	55,368
R3	1,060	280,04	560,08	56,008	56,008
R4	1,068	283,24	566,48	56,648	56,648
R5	1,082	288,84	577,68	57,768	57,768
R6	1,086	290,44	580,88	58,088	58,088
PROMEDIO		**285,37**	**570,75**	**57,07**	**57,07**
DE		**6,31**	**12,63**	**1,26**	**1,26**

ANEXO 19

Identificación y ubicación del área de recolección



ANEXO 20

matriz de consistencia " Caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de Stangea henrici (Raíz Alto Andina) para su aplicación potencial en la agroindustria, Ayacucho."

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E DIMENSIONES	METODOLOGÍA
General ¿Cuáles son las características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas de la raíz de *Stangea henrici para* su aplicación potencial en la agroindustria? **Específicos** ¿Cuáles son las características fitoquímicas de la raíz de *Stangea henrici*? ¿Cuáles son las características nutricionales de la raíz de *Stangea henrici*? ¿Cuáles son las características etnobotánicas de la raíz de *Stangea henrici* en la población de la zona de estudio? ¿Cuál es la aplicación potencial de la raíz de *Stangea henrici* en la agroindustria a partir de sus características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas?	**General** Caracterizar fitoquímica, nutricional y etnobotánicamente la raíz de *Stangea henrici* para evaluar su aplicación potencial en la agroindustria. **Específicos** Caracterizar fitoquímicamente la raíz de *Stangea henrici* Caracterizar nutricionalmente la raíz de *Stangea henrici* Caracterizar etnobotánicamente la raíz de *Stangea henrici* en la población de la zona de estudio. Evaluar el potencial de aplicación agroindustrial de la raíz de *Stangea henrici* a partir de sus características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas.	**General** La raíz de *Stangea henrici* presenta características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas que permiten identificar su aplicación potencial en la agroindustria. **Específicos** La raíz de *Stangea henrici* presenta características fitoquímicas. La raíz de *Stangea henrici* presenta características nutricionales. La raíz de *Stangea henrici* se encuentra asociada a conocimientos etnobotánicos relacionados con su reconocimiento, consumo, formas de uso y valoración por parte de la población de la zona de estudio. Las características fitoquímicas, nutricionales y etnobotánicas de la raíz de *Stangea henrici*, analizadas de manera conjunta, permiten identificar aspectos de interés para su potencial aplicación en la agroindustria.	V**ariable independiente** X: Caracterización de la raíz de *Stangea henrici*. **dimensiones** X1: Caracterización fitoquímica X2: Caracterización nutricional X3: Caracterización etnobotánico **Variable dependiente** Y: Aplicación potencial agroindustrial de *Stangea henrici*. **dimensiones** Y1: Potencial fitoquímico Y2: Potencial nutricional Y3: Pertinencia etnobotánica y cultural	**Tipo de investigación:** Aplicada. **Enfoque:** Mixto (cuantitativo y cualitativo). **Nivel:** Explicativo. **Diseño:** No experimental, de corte transversal. **Técnicas:** Análisis fitoquímico: FOS, fenoles totales, flavonoides totales, DPPH, ABTS y FRAP. Análisis químico proximal. Encuesta etnobotánica estructurada. **Muestra:** Raíces de *Stangea henrici* recolectadas en Pallcca, Sacsamarca, Huanca Sancos, Ayacucho, y 25 pobladores para la encuesta etnobotánica **Análisis de datos:** Estadística descriptiva y análisis descriptivo de la información etnobotánica.

UNSCH FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de Stangea henrici (Raiz Alto Andina) para su aplicación potencial en la agroindustria, Ayacucho

Expositor: Pool Pavel Rodriguez Huaccachi
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial

Expediente Nº 26124900 **Resolución Decanal Nº 124-2026-UNSCH-FIQM/D** **Fecha: 04-09-2026**

En la Sala de Conferencia "Pedro Villena Hidalgo" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día lunes siete de setiembre del año dos mil veintiséis, se reunieron el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Pool Pavel Rodriguez Huaccachi,** los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Saul Ricardo CHUQUI DIESTRA, Mg. Anibal Pablo GARCIA BENDEZU (Miembros) y Mg. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ (Miembro-Asesor), bajo la Presidencia del Dr. Agustin Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente).

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de Stangea henrici (Raiz Alto Andina) para su aplicación potencial en la agroindustria, Ayacucho,** presentado por el Bachiller **Pool Pavel Rodriguez Huaccachi**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 124-2026-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Pool Pavel Rodriguez Huaccachi,** a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treinta y cinco minutos.

Finalizado la exposición del Bachiller, el presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ (Miembro-Asesor), Mg. Anibal Pablo GARCIA BENDEZU y Dr. Saul Ricardo CHUQUI DIESTRA (Miembros).

A continuación, el presidente del jurado invito al sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia con la finalidad de permitir al jurado de sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO DIECISIES (16).**

UNSCH FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de Stangea henrici (Raiz Alto Andina) para su aplicación potencial en la agroindustria, Ayacucho

Expositor: Pool Pavel Rodriguez Huaccachi
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial

Expediente Nº 26124900 **Resolución Decanal Nº 124-2026-UNSCH-FIQM/D** **Fecha: 04-09-2026**

Finalmente, el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la sala de conferencias y anunció que, el Bachiller **Pool Pavel Rodriguez Huaccachi,** ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las doce del medio día con cincuenta minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

.....
Dr. Agustin Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente

.....
Dr. Saul Ricardo CHUQUI DIESTRA
Miembro

.....
Mg. Anibal Pablo GARCIA BENDEZU
Miembro

.....
Mg. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ
(Miembro-Asesor)

.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, el egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor de la Tesis Msc. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ, se procedió a la evaluación de originalidad del archivo adjunto con el TURNITIN - UNSCH, **de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU;** cuyos resultados son:

Tesis Caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de Stangea henrici (Raíz Alto Andina) para su aplicación potencial en la agroindustria, Ayacucho.

Nombre y Apellido	: Bach. **Pool Pavel RODRIGUEZ HUACCACHI**
Identificador de entrega	: 3059070748
Fecha	: 13-oct-2026 04:56p.m. (UTC-0500)
Archivo	: Tesis_final_Pool_RH_ok.pdf (7.82M)

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 11 **%** de ÍNDICE DE SIMILITUD realizado con Depósito de trabajos estándar, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 16 de octubre 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
F.P. INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Dr. Ing. Saúl R. Chuqui Diestra
DIRECTOR

C.c.
Const. N°013-2026
Archivo.

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERA AGROINDUSTRIAL
Av. Independencia S/N - Ayacucho
Telf. 066-303496
Correo: ep.agroindustrial@unsch.edu.pe

Caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de Stangea henrici (Raíz Alto Andina) para su aplicación potencial en la agroindustria, Ayacucho.

por Pool Pavel RODRIGUEZ HUACCACHI

Fecha de entrega: 13-oct-2026 04:56p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 3059070748
Nombre del archivo: Tesis_final_Pool_RH_ok.pdf (7.82M)
Total de palabras: 32172
Total de caracteres: 194948

Caracterización fitoquímica, nutricional y etnobotánica de la raíz de Stangea henrici (Raíz Alto Andina) para su aplicación potencial en la agroindustria, Ayacucho.

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%	11%	7%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.chapingo.edu.mx Fuente de Internet	1%
5	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	ojs3.uan.edu.mx Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad del Valle de Guatemala Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Murrieta Valley Unified School District Trabajo del estudiante	<1%
9	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
10	Submitted to Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann Trabajo del estudiante	<1%
11	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
12	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
13	revistas.sena.edu.co Fuente de Internet	<1%
14	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
	inba.info	

15	Fuente de Internet	<1 %
16	www.uv.mx Fuente de Internet	<1 %
17	www.tandfonline.com Fuente de Internet	<1 %
18	www.revplantasmedicinales.sld.cu Fuente de Internet	<1 %
19	www.veranoregional.org Fuente de Internet	<1 %
20	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	dspace.utpl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
22	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
23	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
24	"Efecto de la adición integrada de un extracto de coronta de maíz morado (Zea mays L.) obtenido mediante extracción con líquidos calientes presurizados sobre el contenido de contaminantes neoformados en galletas saladas", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2023 Publicación	<1 %
25	Bruno Melgar Castañeda. "APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS DE CULTIVOS DE HIGO CHUMBO (Opuntia ficus-indica L.) Y AGUACATE (Persea americana)", Universitat Politecnica de Valencia, 2019 Publicación	<1 %
26	sci-platform.org Fuente de Internet	<1 %
27	Guerrero Castillo, Pedro Alonso. "Estudio fitoquimico del aceite y del extracto metanolico hidrofilico de las semillas de Lucuma (Pouteria lucuma) procedentes de Chilca, Canete.", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2020 Publicación	<1 %
28	academica-e.unavarra.es Fuente de Internet	<1 %
	repositorio.unsaac.edu.pe	

29	Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas Trabajo del estudiante	<1 %
31	Submitted to Instituto Politecnico Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
32	revistabiociencias.uan.mx Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	ciad.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	<1 %
35	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
36	cio.mx Fuente de Internet	<1 %
37	docta.ucm.es Fuente de Internet	<1 %
38	(2-18-15) http://200.10.161.33/incalin/pdf/tesis/MartaGozzi.pdf Fuente de Internet	<1 %
39	sired.udenar.edu.co Fuente de Internet	<1 %
40	backup.chapingo-cori.mx Fuente de Internet	<1 %
41	Submitted to Pontificia Universidad Católica de Chile Trabajo del estudiante	<1 %
42	Submitted to Universidad Anahuac México Sur Trabajo del estudiante	<1 %
43	repositorio.uach.mx Fuente de Internet	<1 %
44	www.dev.desarrolloweb.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
45	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	www.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	

<1%

47 www.scielo.org.mx
Fuente de Internet
<1%

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 30 words
Excluir bibliografía	Activo		