

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS:

**Efecto de las formas de secado en la capacidad antioxidante
de *Nostoc sphaericum* “nostoc”, Ayacucho - 2025**

Para optar el título profesional de:

BIÓLOGA, ESPECIALIDAD: MICROBIOLOGÍA

PRESENTADO POR:

Bach. Leidy Sayuri ARTEAGA BERROSPI

ASESORA:

Dra. Roberta Brita ANAYA GONZÁLEZ

COASESORA:

Mg. Silvia Yessica BERROSPI HUILLCA

AYACUCHO - PERÚ

2025

A Dios por la vida y salud, a mis padres Luis Arteaga y Olga Berrospi, por su apoyo incondicional a mis hermanos Camila y Ángel que a medida de su posibilidad me ayudaron, a Jonathan Ledesma, Vicky y Anabel Gómez por su contribución en este proceso.

AGRADECIMIENTOS

A mi *alma mater*, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, institución tutelar en la preparación de profesionales útiles para la sociedad.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, pilar fundamental en la formación de biólogos con capacidades humanas y profesionales.

A la Especialidad de Microbiología, a sus miembros docentes quienes comparten conocimientos para nuestra formación profesional.

A mi asesora Dra. Roberta Brita Anaya González, por estar siempre inspirando el mejor desarrollo de cada protocolo aplicado en esta investigación.

A mi co-asesora Mg. Yessica Berrospi Huillca por apoyarme en la parte estadística y por su disponibilidad y calidad profesional.

A quienes con una palabra de aliento estuvieron presentes durante el desarrollo de esta investigación y aquellas personas que de manera directa o indirecta contribuyeron con el desarrollo de la misma.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Internacionales	3
2.1.2. Nacionales	6
2.2. Marco conceptual	7
2.2.1 <i>Nostoc sphaericum</i>	7
2.2.2 Radicales libres	7
2.2.3 Capacidad antioxidante	7
2.2.4 Método DPPH	7
2.2.5 Trolox	8
2.2.6 Temperatura	8
2.2.7 Extracto hidroalcohólico	8
2.2.8 Marcha fitoquímica	8
2.2.9 Metabolitos secundarios	8
2.3. Fundamento teórico	9
2.3.1. <i>Nostoc sphaericum</i>	9
2.3.2. Capacidad antioxidante	10

2.3.3. Proceso de obtención de muestra	10
2.3.4. Procesos de secado	10
2.3.5. Efectos del secado en la capacidad antioxidante	11
2.3.6. Métodos de secado y su efecto en la capacidad antioxidante	11
2.3.7. Condiciones de secado y su efecto sobre los compuestos antioxidantes	12
2.3.8. Extracto hidroalcohólico	12
2.3.9. Método de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo-)	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Ubicación	14
3.1.1. Zona de ejecución	14
3.1.2. Zona de muestreo	14
3.2. Protocolo de recolección de muestra (Gamarra et al., 2018)	15
3.3. Proceso de secado y maceración (Gamarra et al., 2018)	15
3.4. Proceso de concentración	16
3.5. Preparación del estándar, curva de calibración y solución DPPH	16
3.6. Protocolo para elaboración de la curva y evaluación de la muestra	17
3.7. Marcha fitoquímica	18
3.8. Análisis de datos	29
3.8.1. Diseño metodológico	29
3.8.2. Análisis estadístico	31
IV. RESULTADOS	32
V. DISCUSIÓN	38
VI. CONCLUSIONES	43
VII. RECOMENDACIONES	44
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
IX. ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores de volúmenes calculados con las que se realizó las diluciones de trolox.	17
Tabla 2. Composición fitoquímica cualitativa de <i>Nostoc sphaericum</i> colectado en una laguna temporal de Acocro -Ayacucho 2025.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Morfología macroscópica de <i>Nostoc sphaericum</i> .	9
Figura 2. Formula química de reacción de DPPH-antioxidante.	13
Figura 3. Mapa de ubicación de la laguna donde se recolectó muestra de <i>Nostoc sphaericum</i> , Acocro Ayacucho 2025.	14
Figura 4. Promedios de la concentración de antioxidantes en cada forma de secado de <i>Nostoc sphaericum</i> y la diferencia significativa de Tukey A, B, C.	33
Figura 5. Promedios del porcentaje de inhibición de <i>Nostoc sphaericum</i> según el método de secado y error estándar, A, B, C representa diferencia significativa por Tukey.	34
Figura 6. Tendencia lineal del porcentaje de inhibición en relación con la concentración de Trolox (μM Trolox /mL), y determinación de la IC_{50} .	35
Figura 7. Relación entre la temperatura de secado y la capacidad antioxidante mediante modelos de regresión cuadrática y lineal en los cuatro métodos de secado de <i>Nostoc sphaericum</i> Ayacucho 2025.	36

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Mapa de ubicación de la laguna donde se recolectó muestra de <i>Nostoc sphaericum</i> , Acocro Ayacucho-2025.	50
Anexo 2. Constancia de determinación taxonómica de <i>Nostoc sphaericum</i> por el museo natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.	51
Anexo 3. Proceso de recolección, limpieza y secado de <i>Nostoc sphaericum</i>	52
Anexo 4. Diagrama de flujo del protocolo para la elaboración del extracto hidroalcohólico de <i>Nostoc sphaericum</i> , Ayacucho-2025.	53
Anexo 5. Diagrama de flujo del protocolo para la determinación de la capacidad antioxidante de <i>Nostoc sphaericum</i> , por el método DPPH, Ayacucho-2025.	54
Anexo 6. Curva de calibración estándar de Trolox para la determinación de la capacidad antioxidante Ayacucho-2025.	55
Anexo 7. Datos de porcentaje de inhibición y capacidad antioxidante expresados en concentración para <i>Nostoc sphaericum</i> secado a 60°C en estufa, Ayacucho 2025	56
Anexo 8. Datos de porcentaje de inhibición y capacidad antioxidantes de <i>Nostoc sphaericum</i> secado en cocina a 90°C Ayacucho 2025	57
Anexo 9. Datos de porcentaje de inhibición y capacidad antioxidantes del extracto de <i>Nostoc sphaericum</i> sin secado previo a 14°C	58
Anexo 10. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para los datos de capacidad antioxidantes de <i>Nostoc sphaericum</i> bajo cuatro métodos de secado.	59
Anexo 11. Análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de los métodos de secado en la capacidad antioxidante de <i>Nostoc sphaericum</i> , Ayacucho 2025.	60
Anexo 12. Comparaciones múltiples de Tukey para determinar la diferencia significativa entre los métodos de secado sobre la Capacidad antioxidante de <i>Nostoc sphaericum</i> , Ayacucho 2025.	61
Anexo 13. Correlación de Pearson entre la temperatura de los métodos de secado y la concentración de antioxidante de <i>Nostoc sphaericum</i> , Ayacucho -2025.	62
Anexo 14. Correlación de Pearson entre la concentración de antioxidantes y la capacidad antioxidante de <i>Nostoc sphaericum</i> , Ayacucho-2025.	63
Anexo 15. Panel fotográfico del tamizaje fitoquímico para la identificación de metabolitos secundarios de <i>Nostoc sphaericum</i> , Ayacucho-2025.	64
Anexo 16. Panel fotográfico del tamizaje fitoquímico para la identificación de lactonas, cumarinas, saponinas, carbohidratos, resinas de <i>Nostoc sphaericum</i> , Ayacucho-2025.	65
Anexo 17. Matriz de consistencia	66

RESUMEN

Nostoc sphaericum, es una cianobacteria con alto valor antioxidante, consumida tradicionalmente por poblaciones altoandinas, cuyo procesamiento postcosecha puede alterar significativamente dicha capacidad según el método empleado. En esta investigación, se evaluó cuatro tratamientos (estufa a 60°C, cocina a 90°C, a temperatura ambiente a 29°C y sin secado previo a 14°C) todos sometidos a maceración hidroalcohólicas por 7 días, para ver su efecto sobre la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum*, muestra obtenida de una laguna temporal de Acocro, Ayacucho, utilizando el método DPPH para cuantificar la capacidad antioxidante expresados en equivalentes Trolox (TEAC) y análisis con ANOVA y Tukey para compararlos. Los resultados demostraron que la mayor capacidad antioxidante se obtuvo con el secado a 29°C (674,75 µM Trolox/mL), seguido de el secado a estufa 60°C, sin secado a 14°C y cocina 90°C (433,8 µM Trolox/mL, 274,7 µM Trolox/mL y 252,5 µM Trolox/mL respectivamente), sin diferencias estadísticas significativas entre estos dos últimos ($p > 0,05$). Asimismo, el tamizaje fitoquímico confirmó la presencia de fenoles, flavonoides y aminoácidos como principales compuestos antioxidantes. Se concluye que el secado a temperatura ambiente (29°C) preserva mejor estos compuestos al inactivar enzimas degradadoras, evitando tanto la degradación enzimática del tratamiento sin secado como la termodegradación de la cocción a altas temperaturas.

Palabras Clave: *Nostoc sphaericum*, capacidad antioxidante, DPPH, TEAC, secado, metabolitos secundarios.

I. INTRODUCCIÓN

El panorama actual de la salud pública ha mostrado interés en los alimentos funcionales y las fuentes naturales de compuestos bioactivos debido a su papel en la prevención y mitigación del estrés oxidativo y las enfermedades crónicas. Dentro de este contexto, el consumo de cianobacterias ha ganado atención a nivel mundial. *Nostoc sphaericum* se destaca como un recurso hidrobiológico de alto valor nutricional, no solo por su perfil proteico y vitamínico, sino también por ser una fuente considerable de compuestos fenólicos, flavonoides y fundamentalmente ficocianina, que le confieren una potente capacidad antioxidante (Rastogi et.,2018). Esta cianobacteria se encuentra en lagunas poco profundas, formando colonias esféricas gelatinosas, generalmente en zonas donde la altitud es superior a los 3000 msnm, y es consumida tradicionalmente por las poblaciones de comunidades generalmente mediante cocción. Sin embargo, este y otros métodos de procesamiento postcosecha representan un desafío crítico ya que los compuestos responsables de la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum*, especialmente las ficobiliproteínas como la ficocianina son altamente termolábiles (Sarada et al., 2018). La exposición a temperaturas elevadas o un proceso de secado prolongado puede inducir la desnaturalización y degradación de estos compuestos, resultando en una pérdida significativa de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC). Además, aunque otros métodos como la liofilización son efectivos, el alto costo energético limita su aplicación a escala comunitaria e industrial (Alvarado et al., 2020). Ante la ausencia de un protocolo de secado accesible que equilibre la eficiencia del proceso y la conservación de la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum*, existe un vacío de conocimiento sobre la condición óptima que maximice la calidad de la biomasa.

En respuesta a esta problemática, la presente investigación se enfocó en la

observar las cuatro formas en las que se evaluó la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum*, considerando un tipo de investigación aplicada con un nivel explicativo de diseño experimental con enfoque cuantitativo, teniendo los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar el efecto de las formas de secado sobre la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum*.

Objetivos específicos

1. Determinar la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum* sometido a diferentes formas de secado: estufa a 60°C, en cocina a 90°C, sin secado previo 14°C y a temperatura ambiente 29°C.
2. Comparar la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum* entre cada forma de secado.
3. Determinar la composición fitoquímica de *Nostoc sphaericum*.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Li et al. (2018), analizaron la actividad antioxidante y la retención de humedad del polisacárido extraído de *Nostoc commune*, recolectadas en el condado de Xuan en China, obtuvieron el extracto polisacárido mediante un proceso de aislamiento y purificación a través del método de extracción con agua caliente, luego se analizó la capacidad antioxidante de forma experimental con ensayos *in vitro* e *in vivo* que tuvieron como organismo modelo al nemátodo *Caenorhabditis elegans*, que fue sometido a estrés oxidativo luego de su tratamiento con el extracto de *Nostoc*, evaluando la supervivencia del organismo. Los instrumentos utilizados incluyeron espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FTIR) y análisis de actividad enzimática antioxidante. Los resultados demostraron que el polisacárido tiene una alta capacidad para eliminar radicales superóxidos e hidroxilos, evidenciando que los compuestos bioactivos de especies de *Nostoc* poseen una significativa capacidad antioxidante, lo que sustenta la importancia de evaluar métodos de procesamiento postcosecha que preserven dichos compuestos.

Wang et al. (2022), caracterizaron estructuralmente, la actividad antioxidante y antidiabética de los polisacáridos extraídos de *Nostoc commune*, para someterlas a dos métodos de extracción: por reflujo de calentamiento y por ultrasonido. Las muestras purificadas fueron HNCP3 y UNCP4, a las que realizaron análisis de peso molecular, espectroscopía infrarroja, oxidación con periodato de sodio y degradación de Smith; indicando de esta manera que la extracción asistida por ultrasonido aumentó la bioactividad del polisacárido, mostrando una mayor actividad antioxidante y efecto hipoglucemiante en comparación con la extracción por reflujo de calentamiento. Este estudio demuestra que las condiciones de procesamiento aplicadas a especies de *Nostoc* influyen directamente bioactividad

de sus compuestos, lo que respalda la necesidad de identificar métodos de manejo postcosecha que presérvenla capacidad antioxidante, como se evalúa en la presente investigación.

Aladdin et al. (2023), investigaron la variación estacional (invierno y verano) de la actividad antioxidante de dos especies de *Nostoc*, *Nostoc commune* y *Nostoc muscarum*, en el área de Gali Ali Bag, Erbil; tomaron como muestras, agua y algas, en los meses de enero, abril, julio y octubre. Para sus análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, complementaron con pruebas de actividad antioxidante mediante 2,2 difenil-1 picrihidrazilo (DPPH) y contenido fenólico. Los resultados tuvieron una significativa variación estacional, observándose una mayor capacidad antioxidante en verano para *N. commune* y en invierno para *N. muscarum* esto en evidencia del análisis estadístico, una prueba de Kruskal-Wallis para DPPH, además demostraron la presencia de ficobiliproteínas, compuestos fenólicos y otras sustancias antioxidantes, así esta investigación resuelve que ambas especies presentan un alto potencial antioxidante, confirmando que factores externos pueden modificar la capacidad antioxidante, lo que justifica estudiar el impacto de distintos métodos postcosecha sobre dicha capacidad.

Li et al. (2011), caracterizaron las propiedades fisicoquímicas, además de la capacidad antioxidante y anti proliferativas del polisacárido nostoglicano extraído de la microalga *Nostoc sphaeroides*. Mediante espectroscopía Fourier Transform Infrared (FTIR) y microscopía electrónica, analizaron su capacidad antioxidante y antiproliferativa en el modelo animal *Caenorhabditis elegans* y en líneas celulares tumorales humanas. Los resultados mostraron que el nostoglicano aumenta la tasa de supervivencia, reduce los niveles de especies reactivas de oxígeno y mejora la actividad de enzimas antioxidantes en *C. elegans* sometido a estrés oxidativo. Además, inhibe la proliferación de varias líneas celulares tumorales e indujo apoptosis en células de adenocarcinoma pulmonar humano A549. Estos hallazgos demuestran que los compuestos presentes poseen capacidad antioxidante, lo que justifica estudiar métodos de procesamiento postcosecha para la conservación de estos compuestos.

Wang et al. (2014), con el objetivo de evaluar la actividad antioxidante de los polisacáridos extraídos de la cianobacteria *Nostoc commune*, utilizaron cianobacterias adquiridas en un supermercado local en Xinpu, China. Mediante el método de extracción en agua caliente, empleando diferentes condiciones de

tiempo, temperatura y proporción de líquido a sólido que incluyó filtración, precipitación con etanol y liofilización. De esta manera mostraron que los polisacáridos obtenidos poseían una alta capacidad antioxidante, con una actividad de captación de radicales hidroxilos del 92,71 % y una capacidad reductora de 0,445 µg Eq/mg a una concentración de 10 mg/mL. Concluyendo que los polisacáridos de *Nostoc commune* mostraron un elevado potencial antioxidante, resaltando que las condiciones de extracción y procesamiento determinan la calidad de antioxidante del producto lo que refuerza la necesidad de identificar métodos que maximicen la retención de estos compuestos en *Nostoc*.

Quan et al. (2015), optimizaron las condiciones de extracción de polisacáridos de *Nostoc commune* utilizando un diseño de Box–Behnken, y evaluaron su actividad antioxidante y antibacteriana de cepas de *Nostoc commune* obtenidas del mercado local en China. Aplicando una extracción con agua, precipitación con etanol y desproteinado, mientras que los análisis incluyeron la actividad antioxidante (superóxido, radical hidroxilo y DPPH) y pruebas antibacterianas contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Mostrando como resultado que los polisacáridos tienen una fuerte capacidad de eliminación de radicales DPPH y actividad antibacteriana moderada, pero una baja actividad en la eliminación de superóxidos e hidroxilos. Lo que es relevante para comprender como los métodos de manejo de este recurso puede influir en la retención de compuestos presentes.

Li et al. (2017), describieron las propiedades nutricionales y los efectos saludables de *Nostoc commune* Vaucher, utilizando métodos de revisión de artículos previos en los que se aplicaron metodologías de extracción química y análisis bioquímico para analizar los efectos antioxidantes, antiinflamatorios, anticancerígenos y de regulación inmunológica. Los instrumentos fueron principalmente análisis de los resultados obtenidos en investigaciones previas. Estos fueron: actividad antiinflamatoria y estudios de viabilidad celular. Se demostró que, los extractos de *Nostoc commune* tenían un alto potencial antioxidante, propiedades anticancerígenas y actividad antiinflamatoria significativa, sugiriendo que podría ser utilizado como alimento funcional para mejorar la salud en la vida humana y prevenir enfermedades, lo que motiva a evaluar el manejo de *Nostoc* para el mejor aprovechamiento de sus componentes.

2.1.2. Nacionales

Fernández y Suyón (2018), evaluaron el efecto del secado convectivo en el valor nutricional, los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante *in vitro* de *Nostoc sphaericum* "cushuro" procedente de Recuay. Los resultados confirmaron que las condiciones térmicas del secado influyen directamente en la retención de compuestos bioactivos y en la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum*, evidenciando que, a mayor severidad del tratamiento térmico, mayor es la pérdida de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. Este estudio constituye el antecedente nacional más directo de la presente investigación, ya que aborda la misma especie y el mismo problema, diferenciándose en que la presente investigación amplía la evaluación a cuatro métodos de secado accesibles para las comunidades altoandinas, incluyendo métodos sin aplicación de calor.

Sánchez et al. (2018), analizaron el perfil fitoquímico y la capacidad antioxidante *in vitro* del extracto etanólico de *Nostoc commune* "cushuro", tomando 5 kg de *Nostoc commune*, recolectados en Huamachuco. Se determinaron los metabolitos secundarios como triterpenos, esteroides, saponinas, compuestos fenólicos, flavonoides y antocianidinas, además midieron la concentración de compuestos fenólicos con el método de Folin-Ciocalteu, encontrándose $2,562 \pm 0,051$ mg de ácido gálico equivalente por gramo de muestra seca. Los resultados mostraron una actividad antioxidante significativa, relacionada con la presencia de compuestos fenólicos, indicando que el extracto de *Nostoc commune* presenta un perfil antioxidante prometedor, destacando su potencial uso en la prevención de enfermedades crónico-degenerativas asociadas al estrés oxidativo.

Chávez et al. (2014), examinaron la composición química y la actividad antioxidante *in vitro* del extracto acuoso liofilizado de *Nostoc sphaericum* (cushuro) de la laguna Cushurococha, Junín. Las proteínas fueron caracterizadas mediante el método Lowry, carbohidratos mediante Antrona, fenoles por Folin-Ciocalteu, y la actividad antioxidante a través del ensayo de captación de catión radical ABTS⁺, evidenciando de esta forma que el extracto contenía 15,1 mg/g de proteínas solubles, 949 µg/g de carbohidratos totales, 2,98 mg EAG/g de fenoles, y un 52 % de inhibición del radical ABTS⁺, con una capacidad antioxidante equivalente a Trolox de 0,384 µgEq/mg; determinando que *Nostoc sphaericum* es una buena fuente natural de antioxidantes, lo que refuerza su potencial como alimento funcional.

Jurado et al. (2014), determinaron las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y toxicológicas de los polisacáridos de las algas *Nostoc commune* y *Nostoc sphaericum* para su posible uso como aditivos viscosantes en la industria alimentaria. La investigación se realizó con muestras recolectadas en Junín, Áncash, Cajamarca y Lima, con un análisis de pH, viscosidad, gelificación, microbiología y toxicidad en ratones. Se utilizó análisis fisicoquímico, microbiológico y toxicológico, con el método de absorción atómica y cromatografía de gases para la cuantificación de metales y solventes. Los resultados mostraron un mayor valor de viscosidad para *Nostoc sphaericum* (38,3 cps) frente a *Nostoc commune* (4,5 cps) y ausencia de microorganismos patógenos. La dosis letal 50 fue de 1500 mg/kg para *N. sphaericum* y 2000 mg/kg para *N. commune*, sin presentar efectos tóxicos adversos en las dosis probadas.

2.2. Marco conceptual

2.2.1 *Nostoc sphaericum*. Especie de cianobacteria filamentosa fijadora de nitrógeno que a nivel macroscópico es esféricas, conformando tricomas o filamentos no ramificados que contienen exopolisacáridos encargados de proteger las células. Estos tricomas presentan heterocisto (células con paredes gruesas), como también pueden tener acinetos (células de reposo) (Borowitzka, 2018).

2.2.2 Radicales libres. Son compuestos que se caracterizan por tener un electrón desapareado en su orbital externo, lo que los convierte en sustancias altamente reactivas. Estos radicales libres pueden interactuar rápidamente con proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, generando daño en las estructuras celulares. Se generan principalmente en la cadena transportadora de electrones en las mitocondrias y también a través de diversas reacciones enzimáticas y no enzimáticas en los organismos vivos (Guija-Guerra et al., 2023).

2.2.3 Capacidad antioxidante. Es un conjunto de mecanismos y sustancias, tanto enzimáticas como no enzimáticas, que protegen al organismo del daño causado por los radicales libres neutralizándolos. Los antioxidantes enzimáticos, como el superóxido dismutasa (SOD) y la catalasa, son producidos por el cuerpo, mientras que los antioxidantes no enzimáticos, como la vitamina C, la vitamina E y los polifenoles, se obtienen de la dieta (Guija-Guerra et al., 2023).

2.2.4 Método DPPH. Evalúa la capacidad antioxidante de diversos compuestos mediante la neutralización del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo. Consiste en medir la reducción de dicho radical, evidenciada por un cambio de coloración de púrpura a amarillo al reaccionar con compuestos antioxidantes. La reacción sigue

una cinética de pseudo primer orden, donde los antioxidantes transfieren un átomo de hidrógeno al radical DPPH reduciéndolo a su forma estable no radicalaria (Guija-Poma & Inocente-Camones, 2015).

2.2.5 Trolox. (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico) es un análogo sintético de la vitamina E, soluble en agua gracias a su grupo carboxilo. Su estructura de cromanol le confiere actividad antioxidante, por lo que es ampliamente utilizado como estándar de referencia para expresar y comparar la capacidad antioxidante de distintas muestras, expresada como capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) (Thbayh et al., 2024).

2.2.6 Temperatura. Es una magnitud física que mide el grado de calor presente en un cuerpo o sistema. Es un factor clave en los procesos de secado, ya que afecta directamente la conservación o degradación de los componentes bioactivos y la modificación de los componentes bioactivos presentes en los organismos. En estudios relacionados con la capacidad antioxidante, la temperatura de secado puede influir en la estabilidad y disponibilidad de los compuestos antioxidantes (Herazo-Cárdenas et al., 2023).

2.2.7 Extracto hidroalcohólico. Es una preparación obtenida mediante la maceración de una muestra en una mezcla de agua y etanol en proporciones definidas. Esta combinación de solventes permite extraer tanto compuestos polares, solubles en agua, como compuestos no polares, solubles en alcohol, logrando una extracción más completa de los componentes bioactivos presentes (Herazo-Cárdenas et al., 2023).

2.2.8 Marcha fitoquímica. Técnica cualitativa que permite identificar metabolitos secundarios, presentes en una muestra mediante reacciones estandarizadas que se fundamentan en los cambios estructurales ocasionados en los metabolitos presentes, como evidencia de una coloración, formación de un precipitado o desprendimiento de gas (De Ugaz, 1994).

2.2.9 Metabolitos secundarios. Son compuestos orgánicos que no están relacionadas directamente con las funciones primarias de los organismos, pero son sintetizado, por la importancia que tiene al permitirles interactuar con su entorno ecológico, estos metabolitos se clasifican en terpenos, compuestos fenólicos, alcaloides. Estos compuestos tienen gran valor en industria alimentaria, medicina agricultora y otros campos (Singh et al., 2023).

2.3. Fundamento teórico

2.3.1. *Nostoc sphaericum*

Nostoc es una cianobacteria que puede permanecer en estado latente hasta que las primeras lluvias la hidratan, formando esferas de 10 a 25 mm de diámetro, similares a uvas. Se encuentra en la precordillera andina, sobre los 3 000 msnm, y tiene un color verde-azulado. En Sudamérica el *Nostoc* es conocido también como “cushuro”, “murmunta”, “llullucha” o “llayta”, y se consume principalmente en Perú y Bolivia. Además de su valor alimenticio, presentan un contenido proteico que varía entre el 35 % y 42 %, junto con grasas y minerales esenciales como calcio (Ca), fósforo (P), hierro (Fe), sodio (Na) y potasio (K). Asimismo, contienen todos los aminoácidos esenciales y son ricas en vitaminas B1, B2, B5 y B8 (Corpus et al., 2021). El *Nostoc* tiene aplicaciones como biofertilizante, en medicina, y en la producción de etanol (Ponce, 2014).

Dado el creciente interés por la mencionada cianobacteria como fuente alimentaria, resulta fundamental investigar si los procesos postcosecha, particularmente el secado afecta los compuestos nutricionales y su capacidad antioxidante, ya que presenta como una cianobacteria conocida por su capacidad de producir metabolitos secundarios bioactivos de interés farmacológico (Kang et al., 2012).



Figura 1. Morfología macroscópica de *Nostoc sphaericum*.

2.3.2. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum* se refiere a su habilidad para neutralizar especies reactivas de oxígeno (ROS), como el anión superóxido y el radical hidroxilo, responsables del estrés oxidativo celular y del daño en moléculas vitales como lípidos y ADN. Los compuestos antioxidantes se clasifican en enzimáticos, como el superóxido dismutasa (SOD) y la catalasa (CAT), producidos por el propio organismo; y no enzimáticos, como los compuestos fenólicos y flavonoides presentes en *Nostoc sphaericum*, cuya acción se basa en la transferencia de electrones o átomos de hidrógeno al radical libre. Estudios in vitro en el organismo modelo *Caenorhabditis elegans* han demostrado que los extractos de *Nostoc sphaericum* incrementan la actividad de estas enzimas antioxidantes y reducen los niveles de peroxidación lipídica, evidenciando su potente capacidad para mitigar el daño oxidativo (Li et al., 2011).

2.3.3. Proceso de obtención de muestra

Adaptando el protocolo del Instituto del Mar Peruano (IMARPE) para la recolección de algas, (Gamarra et al., 2018) establecieron tres etapas para el proceso de recolección de *Nostoc*:

A. Cosecha, realizada cuando la población de cianobacterias está en fase exponencial de crecimiento, lo cual se determina mediante la observación directa.

B. Extracción de agua después de la cosecha. Se extrae el exceso de agua, utilizando un tamiz con malla fina y se elimina el exceso de humedad exprimiendo manualmente con un paño de seda.

C. Lavado, con agua alcalina (pH 7) para no romper las células y no reducir la calidad del producto, además para retirar el exceso de sales sin dañar las células.

2.3.4. Procesos de secado

El secado de cianobacterias garantiza la preservación de su calidad y prolonga su vida útil, requiriendo métodos adecuados para mantener la integridad de sus nutrientes y compuestos bioactivos tras la cosecha (Herazo -Cárdenas et al., 2023). La biomasa se coloca en bandejas en forma de tiras o "churros". Para facilitar su proceso, entre los métodos de secado más utilizados se encuentra el secado solar, en horno, por liofilización y por atomización. Una vez seca, la biomasa debe almacenarse en empaques herméticos, preferiblemente al vacío, para mantener su durabilidad.

2.3.5. Efectos del secado en la capacidad antioxidante

Según Sánchez- Boroto et al. (2024), la capacidad antioxidante de las cianobacterias se ve afectada por el método y las condiciones de secado empleadas, lo que influye directamente en el aprovechamiento de sus compuestos bioactivos. El secado tiene como principal objetivo, la reducción del contenido de humedad en la biomasa, lo que facilita su conservación, transporte y procesamiento posterior. Cabe señalar que el secado de biomasa puede representar hasta el 30 % de los costos totales de productos derivados en la producción, según Ehimen et al., (2010). Lo que refuerza la necesidad de identificar métodos accesibles y eficientes que además de reducir costos, preserve sus compuestos antioxidantes.

2.3.6. Métodos de secado y su efecto en la capacidad antioxidante

Los métodos de secado más comúnmente utilizados incluyen el secado solar, secado en horno, secado por aspersión y secado por convección.

A. Muestra sin secado previo

Nostoc Sphaericum se caracteriza por ser una cianobacteria de agua dulce con alto contenido de humedad, según estudios como el del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición lo mencionan, tiene un 15,1 mL agua por 100g de peso total lo que indica que al no someterlo a secado, mantiene su alta actividad enzimática que puede degradar sus compuestos bioactivos durante el almacenamiento.

B. Secado a calor directo

La cocción de alimentos ha sido un método de secado, aplicado por la facilidad y por la semejanza a la forma de consumo del “nostoc” en las comunidades altoandinas aprovechando la evaporación del agua al someterlo a calor directo. Sin embargo, las altas temperaturas aplicadas durante este proceso son inadecuadas para conservar los compuestos bioactivos ya que provocan la desnaturalización y degradación de compuestos biosensibles (Muñoz et al., 2021).

C. Secado por convección

Investigaciones como las de Uribe et al., (2019) muestra que el secado por convección utiliza aire caliente para eliminar la humedad de manera homogénea y controlada han demostrado es uno de los métodos más efectivos para preservar la capacidad antioxidante de las cianobacterias minimizando la degradación térmica de los compuestos bioactivos.

D. Secado a temperatura ambiente

Es una alternativa económica y ecológica que aprovecha las condiciones ambientales para eliminar la humedad de forma gradual. Evitando la exposición a temperatura elevada, este método ha demostrado ser una opción viable para la preservación de compuestos bioactivos a bajo costo especialmente en climas altoandino y tropicales. (Sánchez-Borroto et al., 2024).

2.3.7. Condiciones de secado y su efecto sobre los compuestos antioxidantes

Diversos estudios han evaluado las condiciones de secados que permiten una mayor eliminación de humedad sin comprometer la composición antioxidante. Como referencia, Sánchez-Borroto et al., (2024) Un ejemplo de esto es el uso de modelos polinomiales para predecir la pérdida de humedad en función del tiempo y ajustar los procesos, parámetros del proceso para minimizar el impacto negativo sobre las propiedades antioxidantes de la biomasa.

2.3.8. Extracto hidroalcohólico

Llamado también como tintura madre, se caracteriza por ser un método que utiliza la maceración para extraer principios activos de muestras vegetales, empleando una mezcla de agua y de etanol, cuya proporción varía según el objetivo de extracción, para luego agregarle la muestra y dejar macerar por aproximadamente 15 días con agitación. El fundamento de este extracto radica en la composición de la muestra, ya que algunos componentes son más solubles en agua (polares), mientras otros son más solubles en alcohol (no polares), permitiendo la extracción de compuestos diferenciados por su polaridad, con mayor estabilidad. Según Berdonces (2019). el proceso incluye la recolección y preparación de la muestra, lavar y desinfectar, la maceración, la filtración, para separar el extracto y la concentración y/o evaporación con rotavapor, para lograr un extracto más concentrado y almacenamiento, en la presente investigación se utilizó una solución hidroalcohólica al 70% de etanol efectiva para extracción de flavonoides y fenoles.

2.3.9. Método de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo-)

El método del radical libre es una técnica rápida y sencilla para evaluar la capacidad antioxidante, basándose en la capacidad de los compuestos presentes en la muestra para ceder átomos de hidrógeno y neutralizar el radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) este radical fue descubierto por Goldschmidt y Renn, sin embargo, el método fue desarrollado por Blois en 1958 y estandarizado por Brand-

William et al. (1995). La reacción se evidencia por un cambio de coloración de púrpura a amarillo, siendo la disminución de la absorbancia proporcional a la capacidad antioxidante de la muestra; la cinética de esta decoloración se monitorea mediante espectrofotometría a una longitud de onda 515-517nm, cuantificando la absorbancia, (Kedare, y Singh, 2011).

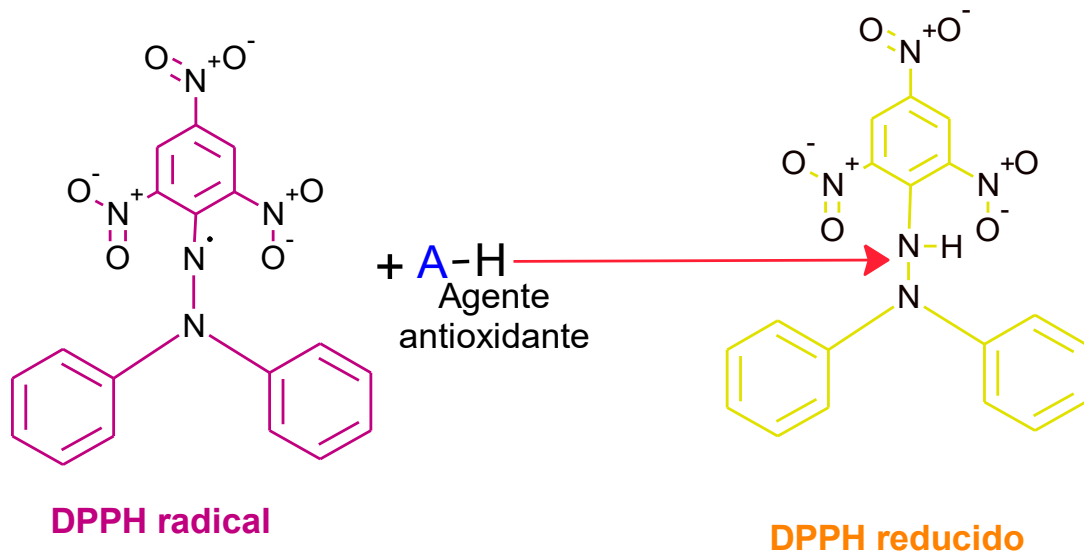


Figura 2. Fórmula química de la reacción del radical DPPH con el agente antioxidante.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

3.1.1. Zona de ejecución

El estudio se desarrolló en el Laboratorio de Bioquímica de la Escuela Profesional de Biología, en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, departamento de Ayacucho, provincia de Huamanga cuyas coordenadas corresponden a latitud $13^{\circ}08'44,04''$ S, longitud $74^{\circ}13'15,85''$ O.

3.1.2. Zona de muestreo

El muestreo fue en una laguna temporal del distrito de Acocro, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. Correspondiente a las coordenadas: Latitud -13.4119133 ($13^{\circ}25'8.87''$ S), longitud -73.973935 ($73^{\circ}58'26.16''$ W), a una altitud de 4159 msnm.



Figura 3. Mapa de ubicación de la laguna temporal de Acocro donde se recolectó muestra de *Nostoc sphaericum*.

3.2. Protocolo de recolección de muestra (Gamarra et al., 2018)

La recolección de la muestra se llevó a cabo en una laguna temporal de la provincia de Acocro, durante temporada de lluvia en el mes de junio del 2025, luego del reconocimiento taxonómico otorgado por el museo de historia natural de la Universidad Mayor de San Marcos, se realizó una recolección no probabilística, enfocándonos en ubicar la especie de cianobacteria (*Nostoc sphaericum*) en estado turgente y coloración característica (verde oliva), en las primeras horas de la mañana. Durante esta etapa se logró recolectar 18 kg de *Nostoc* utilizando una red tipo D y un colador, herramientas esenciales para la recolección selectiva, esta muestra se colocó en envases con tapa hermética (baldes) para su posterior traslado al laboratorio de Bioquímica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Posteriormente la muestra fue sometida a un proceso de selección y lavado con el objetivo separar y descartar cualquier organismo que no fuera *Nostoc*. Una vez que se tuvo la muestra seleccionada se procedió a desinfectar con una solución de hipoclorito de sodio 2%, por 10 min, posteriormente se enjuagó con abundante agua, reposada previamente, este proceso para evitar residuos químicos del hipoclorito de sodio.

3.3. Proceso de secado y maceración (Gamarra et al., 2018)

Se tomó en cuenta los cuatro métodos de trabajo para el secado de la muestra, basados en la metodología propuesta por Gamarra et al., (2018) con adaptaciones a las condiciones específicas de este estudio, distribuyendo 1 500 g para cada tratamiento.

A. Tratamiento de secado en estufa a 60°C: se pesó 1 500 g de la muestra fresca para someterlo a secado en estufa a 60°C, por 24 horas, luego se trituró y se obtuvo 15 g de muestra seca que se sometió a maceración con etanol al 70 % por 7 días.

B. Tratamiento de secado a 90°C: la porción de la muestra (1 500 g) colocado en un recipiente de metal fue sometido a acción de fuego a temperatura constante de 90°C hasta su deshidratación, luego se trituró y se sometió a maceración con etanol al 70 % por 7 días.

C. Tratamiento de muestra sin secado previo en maceración: una porción de la muestra (1 500 g) se trituró y se colocó directamente a maceración hidroalcohólica por 7 días a 14°C, antes de su análisis.

D. Tratamiento de secado a temperatura ambiente 29°C (± 2°C): se procedió a pesar 1 500 g que fué deshidratado a temperatura ambiente 29°C (±2°C), por 3

días, posteriormente se trituraron, obteniendo 15 g para macerarlos hidroalcohólica al 70 % por 7 días con agitación constante.

3.4. Proceso de concentración

Finalizando los procesos de secado y pasado los 7 días de su maceración, cada tratamiento se filtró utilizando papel filtro Whatman n°1, asegurando la eliminación total de residuos y partículas en suspensión. El filtrado obtenido fue sometido a un proceso de concentración mediante el uso de rotavapor a 50 °C eliminando un porcentaje del etanol del extracto. Finalmente, el extracto se llevó a baño María a 50 °C para completar la evaporación y obtener una tintura libre de etanol para poder disolverla en metanol 80 %, obteniendo de esta manera el extracto de trabajo para su análisis de antioxidantes.

3.5. Preparación del estándar, curva de calibración y solución DPPH

Para la preparación del estándar, se optimizó el método con modificaciones de Brand y Williams (1995). Donde la cantidad necesaria para la preparación de la solución estándar se calculó mediante la fórmula de la masa molar.

$$M = \frac{m(\text{mg})}{\text{PM}\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) \times V(\text{mL})}$$

Donde:

- m= masa del soluto (mg)
- M= molaridad o concentración molar($\mu\text{M}/\text{mL}$)
- PM= peso molecular o masa molar (g/mol)
- V=volumen de la solución(mL)

$$M = \frac{2\text{mg}}{250,29\text{g}/\text{mol} \times 10\text{mL}} = 799,073 \mu\text{M}$$

A. Se pesaron 2 mg de Trolox que se disolvieron 10 mL de metanol 80 % se agitó la mezcla para luego dejarlo reposar por 30 min en un ambiente oscuro.

B. A partir de la solución inicial de 799,073 μM se tomaron alícuotas calculadas mediante la fórmula de dilución con concentraciones de 100, 200, 300, 400, 500, 600 μM las cuales tuvieron un volumen final de 3ml cada dilución.

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f$$

Donde:

- C_i = concentración inicial
- V_i =volumen inicial
- C_f = concentración final
- V_f = volumen final

Este procedimiento aseguró que la concentración en cada dilución se conozca para realizar la curva de calibración relacionada con la absorbancia a 515 nm. Los volúmenes de solución de trolox y metanol al 80% utilizados para cada dilución se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Valores de volúmenes calculados con las que se realizó las diluciones de trolox.

Concentración de Trolox (μM)	Solución madre de Trolox (mL)	Metanol al 80 % a agregar (mL)	Volumen Final (mL)
100	0,375	2,625	3
200	0,750	2,250	3
300	1,125	1,875	3
400	1,500	1,500	3
500	1,875	1,125	3
600	2,250	0,750	3
799,07	3,000	0,000	3

C. Para preparar la solución de DPPH se pesaron 2,9 mg de DPPH y se disolvieron en 50 mL de metanol al 80%, protegido de la luz, agitar y dejar reposar, controlando que la absorbancia esté entre 1,000 -1,150 a una longitud de onda de 515 nm.

3.6. Protocolo para elaboración de la curva y evaluación de la muestra

A. Elaboración de la curva. Para la elaboración de la curva, se tomaron 100 μL de cada dilución preparada del estándar (tabla 1) y se mezclaron con 1 mL de DPPH. Cada mezcla se realizó por triplicado. Las soluciones resultantes se dejaron reposar durante 30 minutos, protegidas de la luz, posteriormente se procedió a la lectura de la absorbancia en un espectrofotómetro a 515 nm.

Con los valores de absorbancia y las concentraciones correspondientes, se construyó una curva de calibración. A partir de esta curva, se obtuvo la ecuación de la recta, la cual presentó una pendiente negativa.

Finalmente, se aplicó la ecuación obtenida para calcular el porcentaje de inhibición de la actividad del radical DPPH, utilizando la siguiente fórmula:

$$AA\% = \frac{Ac - Am}{Ac} \times 100$$

Donde:

- Ac. Absorbancia del control DPPH
- Am. Absorbancia de la muestra
- AA. Actividad antioxidante

Luego se obtuvo la ecuación de la recta entre porcentaje de inhibición y la concentración de trolox, para finalmente obtener el IC₅₀ (índice de concentración inhibitoria media) reemplazándola en la ecuación de la recta.

B. Evaluación de la muestra. La muestra se trató de la misma manera que el trolox. se tomó muestra metanólica; obtenida después de realizar el extracto hidroalcohólico, secado completo y posterior adición de metanol. De cada método de secado, ya en solución metanólica se tomó 100 µL y se agregó 1 mL de DPPH, esta etapa por triplicado, se dejó reposar 30 min protegido de la luz, transcurrido es tiempo se procedió con la lectura de la absorbancia a 515 nm en el espectrofotómetro.

3.7. Marcha fitoquímica

Se realizó la marcha fitoquímica cualitativa de *Nostoc sphaericum*, con el esquema según el modelo de Miranda y Cuéllar, (2000), basada en la extracción secuencial de compuestos utilizando solventes de polaridad creciente, permitiendo separar los metabolitos presentes según su solubilidad y facilita identificación mediante reacciones químicas específicas.

a) Identificación de alcaloides

- Reactivo de Dragendorff

En un tubo se agregó 0,5 mL de HCl diluido al 1%, se disolvió una porción de muestra seca, se calentó levemente y, tras enfriar, se agregó 3 gotas del reactivo de Dragendorff. Un precipitado anaranjado indica la presencia de alcaloides.

- Reactivo de Mayer

En 0,5 mL de HCl diluido al 1%, se resuspendió la muestra seca luego se agitó y se agregó 3 gotas del reactivo de Mayer, la formación de un precipitado blanco o amarillento sugiere la presencia de alcaloides.

- Reactivo de Wagner

Se disolvió la muestra seca en 0,5 mL de HCl diluido al (0,01 M), y se agregaron 3 gotas del reactivo de Wagner. La formación de un precipitado marrón rojizo indica la presencia de alcaloides.

b) Identificación de lactonas y cumarinas

Se disolvió la muestra en 0,5 mL de alcohol. Cuando se observó que estaba disuelta, se agregaron 0,5 mL del reactivo de Baljet (contiene volúmenes en cantidades iguales de NaOH al 10% y ácido pícrico al 1% en etanol). La aparición de una coloración naranja o rojiza indica la presencia de lactonas y cumarinas.

c) Identificación de flavonoides

- Reactivo kedde, antes de iniciar el ensayo se preparó el reactivo combinando cantidades iguales de ácido 3,5-dinitrobenzoico al 2 % en metanol y KOH 5,7 % en H₂O, luego se toma 5 gotas de muestra disuelta en etanol, en un tubo de ensayo y aquí es donde se agregó 0,5 mL de reactivo de Kedee.

- Reactivo Shinoda. Para la reacción con Shinoda se utilizó una porción de muestra etanólica, se agregó 0,5 mL HCl concentrado más 2 trozos de magnesio metálico, se dejó reposar 5 min. luego se agregó 0,5 mL de alcohol amílico, la coloración rojiza o púrpura indica presencia de flavonoides.

d) Quinonas (ensayo de Borntrager)

Para la reacción de Borntrager se tomó una porción muestra seca a lo que se le adicionaron 0,5 mL de cloroformo y 0,5 mL NaOH 5 %, la muestra fue sometida a agitación y se dejó reposar hasta la separación de dos fases. La observación de un color rojizo o rosado en fase acuosa se consideró indicativa a la presencia de quinonas.

e) Catequinas (ensayo detección por fluorescencia)

Para la determinación de catequinas, se utilizó la cromatografía de papel filtro como fase estacionaria. donde se dejó caer gotas de muestra etanólica,

posteriormente sobre esas manchas se dejó caer gotas de CO_3Na_2 , como revelado, finalmente se llevó a la cámara de luz UV esperando observar halos o manchas fluorescentes, que evidencian las catequinas.

f) Saponinas (ensayo de espuma)

La prueba de espuma se realizó aprovechando la propiedad tensioactiva de las saponinas, se efectuó agregando muestra seca 0,5 g y 5 mL agua destilada en un tubo de ensayo esta mezcla se sometió a agitación vigorosa durante 30 segundos, esperando la formación de espuma en caso positivo.

g) Azúcares reductores

Se realizó mediante la prueba de Benedict se mezclaron 0,5 mL de reactivo de Benedict con a 0,5 mL de muestra acuosa, luego se calentó en baño María por 5 minutos, la presencia de azúcares se confirmó con el cambio de coloración a precipitado verde o rojo ladrillo, y esto en función de la concentración.

h) Taninos y fenoles

Para la determinación de fenoles se empleó la reacción de cloruro férrico (FeCl_3) al 1% en solución salina fisiológica (SSF).

- Se puso 0,5 mL de extracto etanólico en un tubo de ensayo y se adicionó 3 gotas de reactivo cloruro férrico al 1% en SSF. Se observó la aparición inmediata de una coloración azul, verde o púrpura oscuro.
- Se tomó una alícuota del extracto acuoso, en un tubo de ensayo, posteriormente se añadió una pequeña cantidad de solución acetato de sodio al 5%, finalmente, se agregó tres gotas de reactivo en solución salina.

i) Aminas (aminoácidos)

Para la detección de aminas se empleó un método basado en la reacción colorimétrica con ninhidrina. Primero en un tubo de ensayo se colocó 0,5 mL de muestra acuosa, a continuación, se añadieron tres gotas de reactivo ninhidrina al 2 % en agua destilada. La mezcla resultante se llevó a baño María en ebullición durante 5 min, con el fin de facilitar la reacción química, posteriormente al dejar enfriar a temperatura ambiente, se detuvo la reacción y se evidenció mediante el desarrollo de un color púrpura o violeta.

j) Resinas

Para la determinación de resinas, se combinaron 0,5 mL de muestra etanólica en un tubo de ensayo más 2 mL de agua destilada, se esperó la formación de precipitado, evidenciando la presencia de resinas.

k) Triterpenos: (método Lieberman-Burchard)

Se colocó muestra seca en tubo de ensayo, luego se agregó 0,5ml de cloroformo y se agitó hasta disolverlo, luego se adicionó 0,5 mL de anhídrido acético, se mezcló y por la pared del tubo se agregó tres gotas de ácido sulfúrico H_2SO_4 concentrado, cuidando de no agitar. La reacción fue inmediata y se manifestó con los cambios de colores. Estos variaron por la interferencia de carotenos xantofilas y esteroides saturados de colores rosa o rojo, pasando a violeta y luego a verde oscuro o azul.

l) Carbohidratos: con reactivo de Molish

Para la determinación de carbohidratos se empleó el reactivo de Molish, esto se inició colocando en un tubo de ensayo 0,5 mL de muestra etanólica, seguidamente se agregó dos gotas de α -naftol al 0,1% en alcohol, tras mezclar, se agregó 0,5 mL ácido sulfúrico H_2SO_4 concentrado, por la pared del tubo sin agitar, para formar un anillo en la interfase, dando como resultado positivo el color violeta en ese anillo.

m) Cumarinas (Hidroxamato férrico)

La detección de cumarinas se llevó a cabo mediante la prueba de hidroxamato férricos, donde inicialmente se colocó una gota de muestra etanólica en un tubo de vidrio, a la que se agregó una gota de clorhidrato de hidroxilamina disuelto en etanol al 10 %. Posterior se añadió hidróxido de potasio (KOH) al 10 % en etanol, la mezcla se calentó directamente a la llama hasta su ebullición. Finalmente se añadió 1gota de ácido clorhídrico (HCl) 0,5 mol/L y una gota de cloruro férrico ($FeCl_3$) al 1%.

3.8. Análisis de datos

3.8.1. Diseño metodológico

a) Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada. Esta investigación buscó generar conocimiento práctico que contribuya a mejorar el aprovechamiento del *Nostoc*, optimizando sus beneficios antioxidantes tras diferentes formas de secado.

b) Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, ya que se buscó determinar el efecto de distintos procesos de secado sobre la capacidad antioxidante del *Nostoc*, dando cuenta de las causas que producen las variaciones en sus propiedades bioquímicas.

c) Enfoque de la investigación

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, debido a que se recolectó y analizó datos numéricos sobre la capacidad antioxidante de *Nostoc* después de aplicar diferentes métodos de secado.

d) Diseño experimental

El diseño experimental es de grupo controlado, donde se aplicó distintos métodos de secado:

- Estufa 60°C
- Cocina, calor directo a 90°C
- Sin secado previo a 14°C
- Temperatura ambiente 29°C

Una vez secado, se sometió a la maceración hidroalcohólica 70 % (70 de etanol y 30 de agua) a cada forma de secado y se evaluó su impacto en la capacidad antioxidante de *Nostoc*, mediante el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), tomando como punto de calibración de Trólox en DPPH interpolando con la ecuación de la recta. Obteniendo luego el porcentaje de inhibición del extracto hidroalcohólico de *Nostoc sphaericum*, que a partir de este punto se calculara IC₅₀, para la comparación con cada tratamiento.

3.8.2. Análisis estadístico

a) Prueba de normalidad

Los datos obtenidos de los ensayos de capacidad antioxidante fueron procesados mediante el software SPSS versión 29, se sometieron a una prueba de normalidad. Para determinar el tipo de distribución que presentó, se utilizó el estadístico Shapiro -Wilk (Anexo 10), debido que el tamaño de la muestra es inferior a 50 unidades experimentales. Los resultados obtenidos evidencian que los datos siguen una distribución normal. Y para la homogeneidad de varianza se aplicó la prueba de Levene superando el p valor de 0,05.

b) Análisis de varianza (ANOVA)

Al confirmarse la normalidad y homogeneidad se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, el cual se detalla en el anexo 11, se procedió con el análisis de varianza buscando determinar existencia de diferencia significativa entre las medias de los grupos.

c) Prueba de Tukey

Al encontrar deferencia significativa en ANOVA se procedió con una prueba post hoc siendo esta Tukey, a fin de comparar cada tratamiento de secado (Anexos12).

d) Correlación de Pearson

Finalmente se realizó el análisis de correlación de Pearson, en dos instancias primero entre las temperaturas de las formas de secado y la concentración de antioxidante (anexo 13) para conocer el tipo de relación que presentan estas dos variables, complementando con una gráfica cuadrática. Y segundo, entre el porcentaje de inhibición y la concentración de antioxidantes expresada en equivalente trolox (Anexo 14), para probar la consistencia y la validez interna de los datos obtenidos en este ensayo.

IV. RESULTADOS

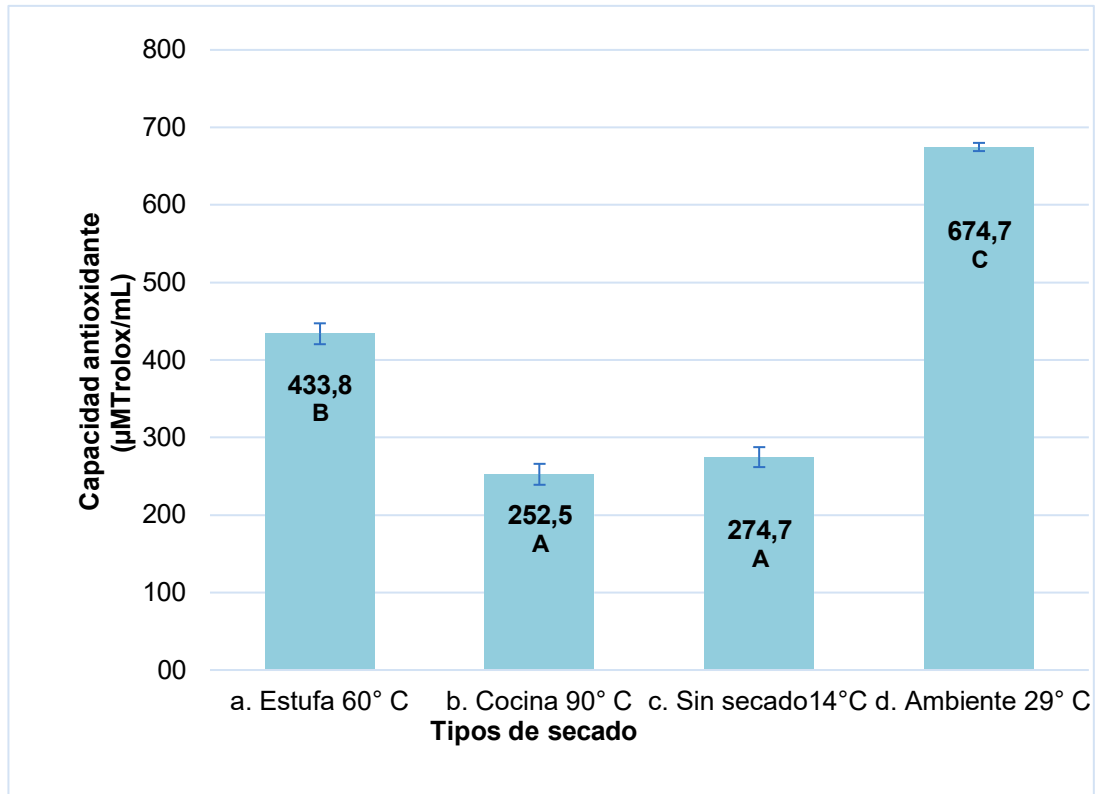


Figura 4. Promedios de la capacidad antioxidante en cada forma de secado de *Nostoc sphaericum*; A, B, C representa la diferencia significativa de Tukey.

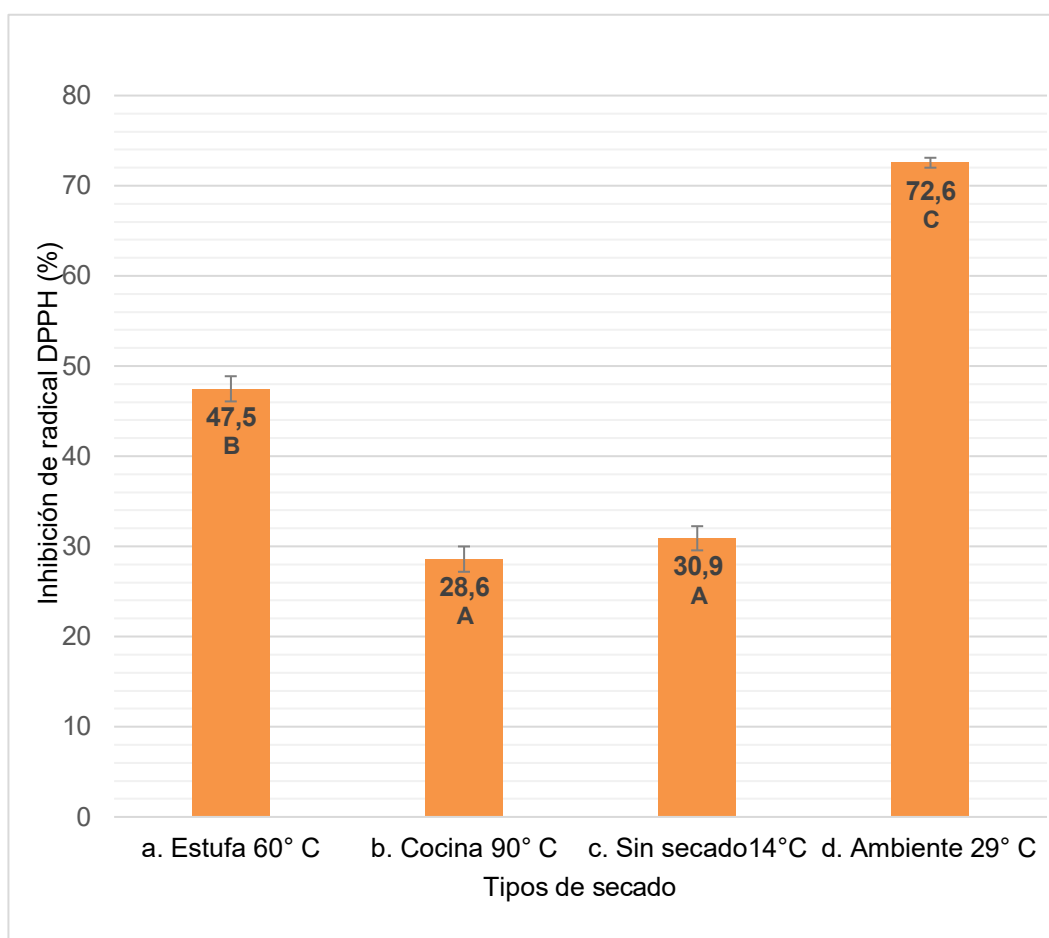


Figura 5. Promedios del porcentaje de inhibición de *Nostoc sphaericum* según el método de secado y error estándar, A, B, C representa diferencia significativa por Tukey.

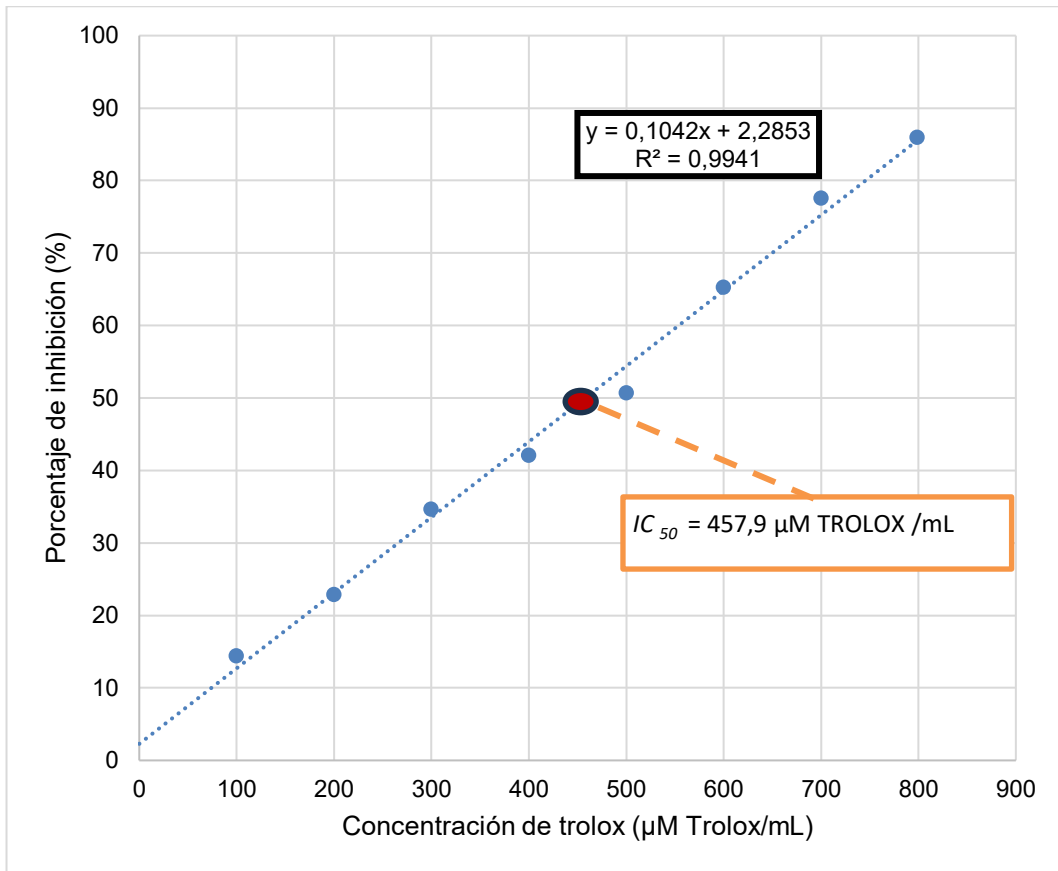


Figura 6. Tendencia lineal del porcentaje de inhibición en relación con la concentración de Trolox (μMTrolox /mL), y determinación de la IC₅₀.

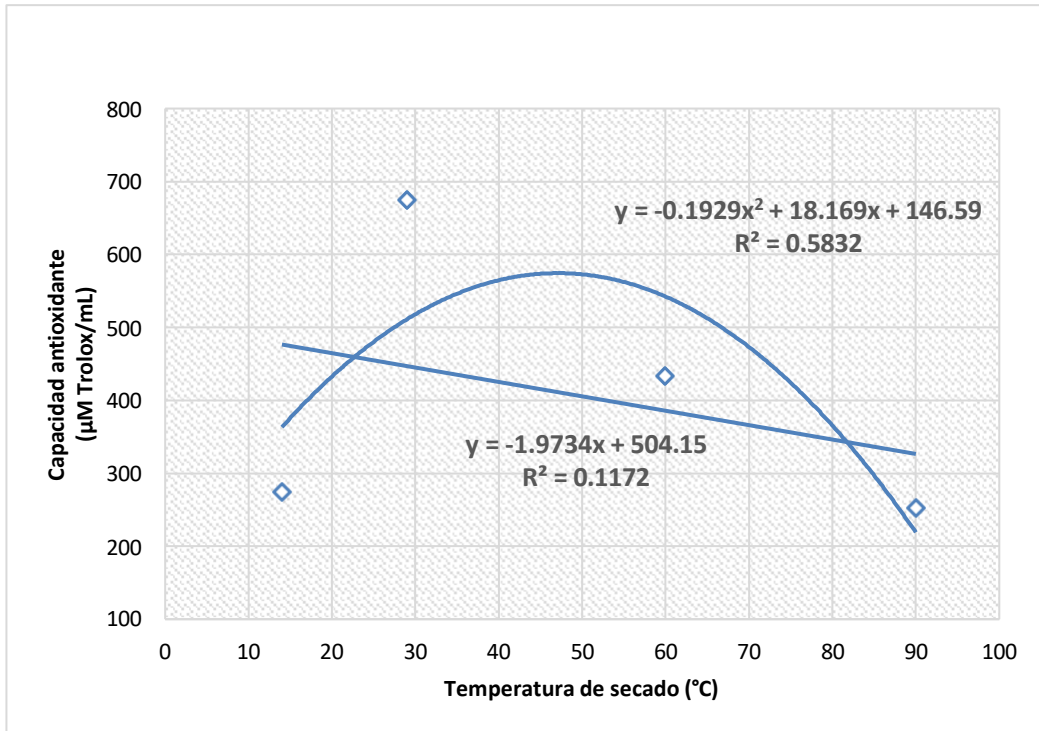


Figura 7. Relación entre la temperatura de secado y la capacidad antioxidante mediante modelos de regresión cuadrática y lineal en los cuatro métodos de secado de *Nostoc sphaericum* Ayacucho 2025.

Tabla 2. Composición fitoquímica cualitativa de *Nostoc sphaericum* colectado en una laguna temporal de Acocro -Ayacucho 2025.

Componente químico	Reactivo	Resultado	observación
Alcaloides	Dragendorff	+	Precipitado. Naranja
	Mayer	++	Precipitado. Crema
	Wagner	++	Precipitado. Marron
Aminas	Reacción Ninhidrina	++	Coloración Naranja
Antocianinas	Reacción Alcohólica amílico	++	Coloración roja en fase amíllica
Azúcares reductores	Benedict	+++	Coloración verde
Catequinas	UV	+	Halo amarillo
Flavonoides	Reactivo Kedde	+++	Violáceo
	Shinoda	++	Coloración amarilla
Fenólicos y taninos	Reacción Cloruro férrico	+++	Coloración marrón Coloración rojiza
	Taninos	+	Coloración verde amarillenta
Lactonas y cumarinas	Hidroxamato férrico	++	Coloración violácea
	Baljet	+	Coloración rojiza
Quinonas	Borntrager	+	Coloración rojiza fase amoniaca
Resinas	Reacción acuosa	+	Precipitado lechoso
Saponinas	Reacción acuosa	-	Ausencia de espuma
Triterpenos y esteroides	Lieberman-Burchard	++	Color azul verdoso
Carbohidratos	Reactivo Molish	+++	Color marrón violáceo

Leyenda

Signo (-) no presenta

signo (+) poca presencia

signo (++) regular presencia

signo (+++) abundante presencia

V. DISCUSIÓN

La figura 4 muestra los valores promedios de la capacidad antioxidante expresada como TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity, por sus siglas en ingles) en los cuatro tratamientos de secado de *Nostoc sphaericum*, el secado a temperatura ambiente (29°C) obtuvo 674,75 µM Trolox/mL, el secado en estufa a 60°C obtuvo 433,8 µM Trolox/mL, el tratamiento sin secado previo a 14°C obtuvo 274,7 µM Trolox/mL y el secado en cocina a 90°C obtuvo 252,5 µM Trolox/mL. Estos valores evidencian que el método de secado influye de manera determinante en la concentración de compuestos bioactivos retenidos en *Nostoc sphaericum*, siendo el secado a temperatura ambiente el protocolo que mejor preservó la capacidad antioxidante. Este resultado es consistente con Romero et al. (2024) y Wanderley et al. (2023), quienes respaldan la superioridad de los métodos de bajo estrés térmico para maximizar la retención de compuestos funcionales, destacando que el secado a temperatura moderada ofrece un balance óptimo entre bajo costo operativo y alta calidad biológica final.

La figura 5 muestra los promedios del porcentaje de inhibición del radical DPPH para cada tratamiento de secado de *Nostoc sphaericum*, donde el secado a 29°C obtuvo el mayor porcentaje con 72,6%, seguido del secado en estufa a 60°C con 47,5%, el tratamiento sin secado previo a 14°C con 30,9% y el secado en cocina a 90°C con 28,6%. Estos resultados complementan lo observado en la figura 4 y revelan la existencia de dos mecanismos principales de degradación que explican las diferencias entre tratamientos: el estrés térmico y la degradación enzimática. El primer mecanismo es el estrés térmico, que explica los bajos valores obtenidos en los tratamientos a 60°C y 90°C. Las altas temperaturas aceleran la degradación oxidativa de los compuestos antioxidantes, afectando principalmente a compuestos termosensibles como los polifenoles, flavonoides y ficobiliproteínas.

Sarada et al. (2018) establecen que la ficocianina, principal pigmento antioxidante de *Nostoc sphaericum*, es altamente termolábil y comienza a desnaturalizarse a partir de los 45°C, perdiendo su conformación funcional y con ello su capacidad de neutralizar radicales libres. Esta pérdida es especialmente pronunciada en el tratamiento a 90°C, donde la aplicación de calor directo aceleró la destrucción de estos compuestos de manera irreversible. Morales-Sánchez et al. (2019) demostraron que los métodos de secado a alta temperatura resultan en la mayor pérdida de capacidad antioxidante y de pigmentos clave en cianobacterias, debido a la termolabilidad de los compuestos, lo cual es consistente con los valores obtenidos en estos dos tratamientos. Fernández y Suyón (2018) confirman además que la capacidad antioxidante y el contenido total de fenoles son inversamente proporcionales a la severidad del tratamiento térmico, reforzando la importancia de controlar la temperatura durante el procesamiento postcosecha de *Nostoc sphaericum*.

El segundo mecanismo es la degradación enzimática, que explica el bajo valor obtenido en el tratamiento sin secado previo a 14°C (30,9%). A pesar de partir de material fresco, este tratamiento presentó una capacidad antioxidante similar al secado a 90°C, lo cual representa una aparente contradicción con la expectativa de que la muestra fresca conserve mayor cantidad de antioxidantes. Sin embargo, esta investigación analizó el *Nostoc* fresco sometido a las mismas condiciones que los demás tratamientos: maceración hidroalcohólica por 7 días, filtrado y evaporación. Mazzini et al. (2018) señalan que la alta actividad de agua es un factor clave para la degradación enzimática, ya que permite que enzimas como la polifenol oxidasa (PPO) se mantengan activas, oxidando y degradando progresivamente los compuestos bioactivos durante el período de maceración. La cinética lenta a 14°C mantuvo la muestra con alta actividad de agua durante todo el proceso, favoreciendo la acción prolongada de estas enzimas. Sagar-Kumar et al. (2020) enfatizan que la calidad de los productos biológicos es inversamente proporcional al tiempo que dura el proceso de secado, lo que explica por qué la maceración prolongada sin secado previo resultó en una menor retención de antioxidantes. Ehimen et al. (2010) sostienen además que variables como la temperatura y el tiempo de exposición no solo influyen en la solubilidad de los metabolitos sino también en la integridad de los compuestos que los componen, lo que refuerza la importancia de una etapa de secado previa antes de la maceración.

El análisis de varianza (ANOVA), anexo 11, confirmó que el método de secado es un factor estadísticamente significativo en la calidad final de la muestra ($p = 0,000$), lo que valida que las diferencias observadas entre tratamientos no son producto del azar sino del efecto real de cada método de secado. La prueba post hoc de Tukey, anexo 12, identificó tres grupos estadísticamente diferenciados: el grupo A conformado por el secado a 90°C y el tratamiento sin secado previo a 14°C , sin diferencias significativas entre sí a pesar de los distintos mecanismos de degradación involucrados; el grupo B por el secado en estufa a 60°C ; y el grupo C por el secado a temperatura ambiente a 29°C , diferenciándose significativamente de los grupos A y B. Este resultado confirma estadísticamente que el secado a 29°C no solo presenta los mayores valores de capacidad antioxidante, sino que es superior a todos los demás tratamientos de manera significativa, siendo el método óptimo para la preservación de los compuestos bioactivos de *Nostoc sphaericum*.

Para sustentar la validez de los resultados obtenidos, la figura 6 muestra la curva de calibración que relaciona el porcentaje de inhibición del radical DPPH con la concentración de Trolox, obteniéndose un coeficiente de determinación $R^2 = 0,9942$ y un IC_{50} de $457,9 \mu\text{M Trolox/mL}$, indicando un excelente ajuste del modelo. El IC_{50} representa la concentración de antioxidante necesaria para inhibir el 50% de los radicales DPPH presentes en la solución, siendo un parámetro estándar para comparar la potencia antioxidante entre diferentes extractos. El análisis de correlación de Pearson entre el porcentaje de inhibición y la concentración de antioxidante expresada en TEAC ($r = 0,998$; $p = 0,002$), anexo 14, confirmó una correlación positiva casi perfecta y altamente significativa, validando la coherencia y linealidad de los datos obtenidos. Esta correlación demuestra que la variación en la actividad antioxidante es una consecuencia directa y lineal de la cantidad de compuestos bioactivos retenidos en cada tratamiento, siendo consistente con el principio del ensayo DPPH estandarizado por Brand-Williams et al. (1995), que establece que la capacidad de eliminación de radicales libres es directamente proporcional a la concentración del antioxidante (Kedare y Singh, 2011).

La figura 7 muestra la relación entre la temperatura de secado y la concentración de antioxidante medida en TEAC, anexo 13. El coeficiente de correlación de Pearson obtenido fue $r = -0,342$ ($p = 0,658$), indicando una correlación lineal débil y negativa entre estas dos variables, donde solo el 11,7% de la variabilidad

observada puede atribuirse a la temperatura ($R^2 = 0,117$). Este resultado es interesante porque demuestra que la temperatura de secado por sí sola no es el único factor determinante de la capacidad antioxidante, lo que se evidencia claramente al observar que el tratamiento a 14°C obtuvo valores similares al tratamiento a 90°C a pesar de la gran diferencia de temperatura entre ambos. Para explorar mejor esta relación, se aplicó un modelo de regresión cuadrática que explicó el 58,3% de la variabilidad, evidenciando un comportamiento no lineal entre la temperatura y la concentración de antioxidantes. Muratore et al. (2018) explican que la degradación de compuestos bioactivos como los polifenoles sigue comúnmente una cinética de reacción de primer orden con un modelo no lineal tipo Arrhenius, donde la pérdida de antioxidantes es una función exponencial del tiempo de exposición y no solo de la temperatura. Bajo esta premisa, factores como la actividad de agua, la inactivación de enzimas endógenas y las condiciones de la matriz celular del *Nostoc* durante el secado contribuyeron de manera conjunta a la variación observada en la capacidad antioxidante, confirmando que la eficiencia de la liberación de los compuestos bioactivos está estrechamente ligada a las condiciones del pretratamiento (Deng et al., 2019).

Los resultados de la marcha fitoquímica presentados en la tabla 2 confirman que el extracto de *Nostoc sphaericum* posee una composición fitoquímica rica, caracterizada por altas concentraciones de compuestos fenólicos y flavonoides, y una presencia baja de metabolitos típicos de plantas vasculares como alcaloides, resinas y saponinas. La presencia de compuestos fenólicos, evidenciada por la prueba de Shinoda, concuerda con la literatura que describe una elevada capacidad antioxidante en este organismo, capaz de mitigar daños ocasionados por la radiación ultravioleta y el estrés oxidativo (Wang et al., 2014). Los flavonoides identificados son coincidentes con Rastogi et al. (2018), quienes validaron la riqueza fitoquímica del género *Nostoc* y su relación con la capacidad antioxidante, siendo estos compuestos los principales responsables de la actividad antioxidante observada en los tratamientos evaluados. La presencia de exopolisacáridos, evidenciada por la alta carga de carbohidratos, contribuye a la porción mucilaginosa de la estructura de *Nostoc sphaericum*; según De Philippis et al. (2011), estos polímeros glucosídicos son fundamentales para la supervivencia de las cianobacterias en ambientes extremos y sus unidades monosacáridos y grupos urónicos contribuyen directamente a la capacidad antioxidante. La detección de esteroides y aminos refleja la composición

fundamental de la membrana celular; los fitoesteroles son indispensables para mantener la fluidez y estabilidad de membrana, mientras que las poliaminas forman parte esencial del crecimiento celular, la división celular y la estabilidad del ADN, lo que refleja el metabolismo nitrogenado activo necesario para fijar nitrógeno (Sánchez et al., 2018; Corpus et al., 2021). La baja presencia de resinas y quinonas, y la ausencia de saponinas, es consistente con lo esperado para una cianobacteria, ya que según Garrido et al. (2020), estos compuestos generalmente forman parte del perfil fitoquímico de plantas vasculares, siendo poco probable su acumulación directa en *Nostoc sphaericum*.

Finalmente, la superioridad del secado a temperatura ambiente (29°C) sobre todos los métodos evaluados demuestra que es posible alcanzar una calidad biológica óptima sin necesidad de equipos especializados ni alto costo energético. Alvarado et al. (2020) establecen que, aunque la liofilización minimiza la degradación de compuestos bioactivos, su alto costo energético la hace inviable a escala comunitaria e industrial. En contraste, el secado a 29°C representa el punto óptimo entre la maximización de la capacidad antioxidante y la eficiencia del proceso en términos de tiempo de secado y costo operativo, ofreciendo una alternativa accesible y escalable para las comunidades altoandinas que consumen y comercializan *Nostoc sphaericum*. Este hallazgo tiene implicaciones prácticas importantes, ya que sugiere que las condiciones naturales de temperatura ambiente en zonas altoandinas pueden aprovecharse directamente para el procesamiento postcosecha de *Nostoc sphaericum*, preservando sus propiedades antioxidantes sin necesidad de infraestructura especializada.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum* sometido a cuatro formas de secado mediante el método DPPH, expresada en valores TEAC, obteniendo valores que van desde 252,5 μM Trolox/mL hasta 674,75 μM Trolox/mL, siendo el secado a temperatura ambiente (29°C) el que presentó el mayor valor y el secado en cocina a 90°C el que presentó el menor valor.
2. La capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum* sometido a las cuatro formas de secado mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey, donde el secado a temperatura ambiente (29°C) presentó el mayor valor con 674,75 μM Trolox/mL, seguido del secado en estufa a 60°C (433,8 μM Trolox/mL), tratamiento sin secado previo a 14°C (274,7 μM Trolox/mL) y el secado en cocina a 90°C con el menor valor de 252,5 μM Trolox/mL.
3. El tamizaje fitoquímico de *Nostoc sphaericum*, confirmó la presencia de metabolitos secundarios clave, principalmente fenoles, flavonoides, taninos, azúcares reductores, antocianinas, triterpenos y esteroides.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar una optimización en el protocolo de secado a una temperatura ambiente variando el flujo de aire, de ventilación y el grosor del extendido de la biomasa. Ello propone reducir aún más el tiempo de secado y cualquier actividad enzimática residual, mejorando la capacidad antioxidante.
2. Realizar un análisis cuantitativo de los principales metabolitos secundarios relacionados con la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum*.
3. Evaluar el efecto toxicológico de la especie *Nostoc sphaericum*, ya que, al ser una cianobacteria, podría presentar cianotoxinas, en tal sentido es importante conocer el grado de toxicidad, con ensayos *in vivo*, además de evaluar biodisponibilidad y funcionalidad real.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aladdin, L. M., Muhammad, K. R., Anwer, S. S., & Sdiq, K. H. (2023). Extraction and comparative study of seasonal antioxidant activity using *Nostoc* species isolated from Gali Ali Bag, Erbil. *Brazilian Journal Of Microbiology*, 54(3), 2001-2009. <https://doi.org/10.1007/s42770-023-01030-1>
- Alvarado, J. L., Berríos, F. J., & Zúñiga, P. M. (2020). Efecto de diferentes métodos de secado (liofilización, horno, microondas) en la estabilidad de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en matrices vegetales. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(3), 401–409
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30.
- Berdonces, J. L. (2019). Enciclopedia de fitoterapia y plantas medicinales. España: Integral. (5ta ed.) editorial Tikal
- Borowitzka, M. A. (2018). *Microalgas en la salud y la prevención de enfermedades* (L. y J. Fleurence, Ed.). pág.23-27
- Chávez Hidalgo, L. P. (2014). *Composición química y actividad antioxidante in vitro del extracto acuoso de Nostoc sphaericum (Cushuro), laguna Cushurococha-Junín*. UNMSM <https://hdl.handle.net/20.500.12672/3897>
- Corpus, A. G., Callata, M. A., Teodoro, H. C., Alarcón, B. E., Julca, J. P., & Menacho, L. M. P. (2021). Cushuro (*Nostoc sphaericum*): Hábitat, características fisicoquímicas, composición nutricional, formas de consumo y propiedades medicinales. *Agroindustrial Science*, 11(2), 231-238. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8085154.pdf>
- Cortez-Gallardo, V., Macedo-Ceja, J. P., Hernández-Arroyo, M., Arteaga-Aureoles, G., Espinosa-Galván, D., & Juan F. Rodríguez-Landa, J. (Eds.). (2004). *Farmacognosia: breve historia de sus orígenes y su relación con las ciencias médicas* (Vol. 15). *Rev Biomed 2004*; 15:123-136. <https://doi.org/ublicación9/Marzo/2004.Estearticuloestádisponiblehttp://www.uady.mx/sitios/biomedic/revbiomed/pdf/rb041527.pdf>
- Deng, L. Z., Mujumdar, A. S., Zhang, Q., Yang, X. H., Wang, J., Zheng, Z. A., & Xiao, H. W. (2019). Chemical and physical changes that occur during dehydration of vegetables and fruits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(5), 1583-1604.
- De Philippis, R., Colica, G., & Micheletti, E. (2011). Exopolysaccharide-producing cyanobacteria in heavy metal removal from water: molecular basis and practical applicability. *Journal of Applied Phycology*, 23(4), 753-761. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9575-z>
- De Ugaz, O. L. S. (1994). Investigación fitoquímica: métodos en el estudio de productos naturales. (2da ed.) de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://doi.org/10.18800/9788483909522>
- Dutta, M., & Mandal, P. (2016). Effect of different drying temperatures on antioxidant compounds and enzyme activity in some selected medicinal plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3(2), 62–67.
- Ehimen, E. A., Sun, Z. F., & Carrington, C. G. (2010). Variables Affecting the *in Situ* Transesterification of Microalgae Lipids. *Fuel*, 89, 677-684.
- Fernández, J. L., & Suyón, M. B. (2018). *Evaluación del efecto de los métodos de secado en la capacidad antioxidante de microalgas*. [Tesis de Maestría]. Universidad Agraria La Molina.
- Fernández García, W., & Suyón Tejeira, S. R. (2018). *Efecto del secado convectivo*

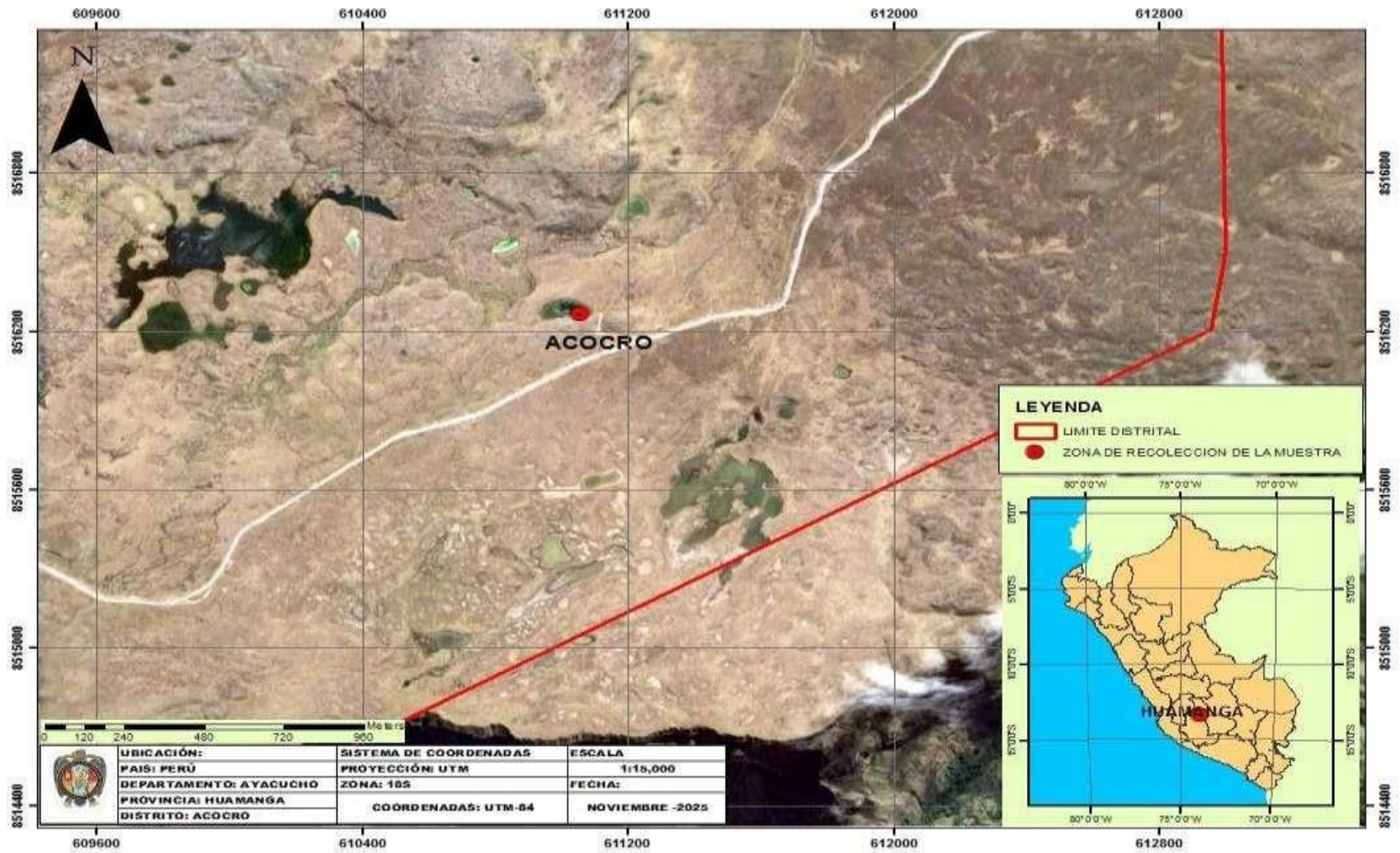
- en el valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante in vitro de Nostoc sphaericum Vaucher ex Bornet & Flahault "cushuro" procedente de Recuay.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Gamarra, A., Tejada Cáceres, A., Muñoz, R., Flores Castillo, D., & Galarza, O. (2018). *Protocolo para muestreo biológico y biométrico de macroalgas pardas comerciales.* /repositorio.imarpe.gob.pe/; Instituto del Mar del Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3291>
- Garrido, M., et al (2020). Bioprospección de péptido con actividad antimicrobiana en *Nostoc commune*. *revista de sociedad química del Peru*, 86(4), 369-376.
- Guija-Guerra, H., Guija-Poma, E., & Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Medicina Humana, Centro de Investigación de Bioquímica y Nutrición. Lima, Perú. Dr. en Farmacia y Bioquímica, químico-farmacéutico. (2023). Radicales libres y sistema antioxidante. *Horizonte Médico (Lima)*, 23(2), e2158. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2023.v23n2.12>
- Guija-Poma, E., & Inocente-Camones, M. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horizonte Médico*, 15(1), 1-8.
- Herazo-Cárdenas, D. S., Vallejo-Isaza, A., Vegliante-Arrieta, D., Pineda-Rodríguez, Y. Y., Jarma-Orozco, A., Jaraba-Navas, J. de D., Ariza-González, A. R., & Pico-González, A. I. (2023). *Cultivo de cianobacterias: Aspectos prácticos.* Universidad de Córdoba.
- Jurado, B., Fuertes, C., Tomas, G., Ramos, E., Arroyo, J., Cáceres, J., Inocente, M., Alvarado, B., Rivera, B., Ramírez, M., Ostos, H., & Cárdenas, L. (2014, 16 junio). *Estudio fisicoquímico, microbiológico y toxicológico de los polisacáridos de Nostoc commune y Nostoc sphaericum.* <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/11310>
- Kang, H.-S., Santarsiero, B. D., Kim, H., Kronic, A., Shen, Q., Swanson, S. M., Chai, H., Kinghorn, A. D., & Orjala, J. (2012). Merocyclophanes A and B, antiproliferative cyclophanes from the cultured terrestrial Cyanobacterium *Nostoc sp.* *Phytochemistry*, 79, 109-115. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.03.005>
- Kedare, S. B., & Singh, R. P. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*, 48(4), 412–422. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0251-1>
- Li, H., Xu, J., Liu, Y., Ai, S., Qin, F., Li, Z., Zhang, H., & Huang, Z. (2011). Antioxidant and moisture-retention activities of the polysaccharide from *Nostoc commune*. *Carbohydrate Polymers*, 83(4), 1821-1827. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.10.046>
- Li, H., Su, L., Chen, S., Zhao, L., Wang, H., Ding, F., Chen, H., Shi, R., Wang, Y., & Huang, Z. (2018b). Physicochemical Characterization and Functional Analysis of the Polysaccharide from the Edible Microalga *Nostoc sphaeroides*. *Molecules*, 23(2), 508. <https://doi.org/10.3390/molecules23020508>
- Li, Z., & Guo, M. (2017). Healthy efficacy of *Nostoc commune* Vaucher. *Oncotarget*, 9(18), 14669-14679. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.23620>
- Mazzini, S., & Tofani, R. (2018). Polyphenol oxidase activity and phenolic content in minimally processed vegetables: effect of processing and storage. *Postharvest Biology and Technology*, 145, 164–171.

- Méndez-Ancca, S., Pepe-Victoriano, R., Gonzales, H. H. S., Zambrano-Cabanillas, A. W., Marín-Machuca, O., Rojas, J. C. Z., Maquera, M. M., Huanca, R. F., Aguilera, J. G., Zuffo, A. M., & Ratke, R. F. (2023). Physicochemical evaluation of cushuro (*Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault) in the region of Moquegua for food purposes. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(10), 1939. <https://doi.org/10.3390/foods12101939>
- Miranda, M.M. and Cuéllar, A.C. (2000) Manual de prácticas de laboratorio. Farmacognosia y productos naturales. Universidad de la Habana. Ciudad Habana, Cuba, 1-7, 18-32.
- Morales-Sánchez, D. E., J. A. (2019). Effect of different drying methods on the antioxidant capacity and phycobiliprotein content of *Arthrospira platensis* (Spirulina). *Journal of Applied Phycology*, 31, 1515–1525.
- Muratore, G., Rizzo, V., & Muratore, N. (2018). Kinetics of thermal degradation bioactive compounds in cherry tomatoes during hot air drying. *Journal of Food Engineering*, 236, 15-21.
- Ponce, E. (2014). *Nostoc*: Un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica. *Idesia (Arica)*, 32(2), 119-121. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000200015>
- Quan, Y., Yang, S., Wan, J., Su, T., Zhang, J., & Wang, Z. (2015). Optimization for the extraction of polysaccharides from *Nostoc commune* and its antioxidant and antibacterial activities. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 52, 14-21
- Rastogi, A., Richa, & Saini, P. (2018). Phytochemical screening and antioxidant potential of some selected cyanobacteria: *Nostoc*, *Spirulina* and *Anabaena*. *International Journal of Research in Pharmacy and Science*, 8(3), 44–47.
- Rodríguez, S., Torres, F. G., & López, D. (2017). Preparation and Characterization of Polysaccharide Films from the Cyanobacteria *Nostoc commune*. *Polymers From Renewable Resources*, 8(4), 133-150. <https://doi.org/10.1177/204124791700800401>
- Romero Principe, W. Y. (2024). “Determinación del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de un extracto de cushuro (Cyanophyceae) *Nostoc* sp. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Romero, V., Sánchez, D., & Gómez, A. (2024). Optimized drying parameters for maximized retention of functional compounds in *Nostoc* species. *Food Chemistry*, 430, 137000.
- Sánchez-Borroto, Y., Melo-Espinosa, E. A., Martínez-Daranas, B., & Suárez, A. M. (2024). Evaluación del proceso de secado de biomasa algal utilizando un secador solar diseñado al efecto. *Tecnología Química*, 44(2), 367-387.
- Sagar Kumar, V., Kumar, P., & Singh, J. P. (2020). Drying of fruits and vegetables: Kinetics, quality, and retention of bioactive compounds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(16), 2617–2645.
- Sánchez Sebastián, L. A. (2018). Evaluación fitoquímica y capacidad antioxidante *in vitro* del extracto etanólico de *Nostoc commune* (cushuro). <https://hdl.handle.net/20500.12692/25533>
- Sarada, R., Rajamani, S., & Ravishankar, G. A. (2018). Effect of drying on the stability of phycobiliproteins in *Spirulina platensis*—A comparative study. *Journal of Food Engineering*, 225, 32–38.
- Shein, S., Liu, C., & Li, D. (2015). Effect of different drying temperatures on stability of bioactive components in *Arthrospira platensis* biomass. *Journal of Food Engineering*, 165, 150–156.5
- Singh, N. K., Baranwal, J., Pati, S., Barse, B., Khan, R. H., & Kumar, A. (2023). Application of plant products in the synthesis and functionalisation of

- biopolymers. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 237, 124174. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124174>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178.
- Thbayh, DK, Mentés, D., Boros, Z.R., Palusiak, M., Farkas, L., Viskolcz, B. y Fiser, B. (2024). α -tocoferol y Trolox como aditivos naturales eficaces para espumas de poliuretano: Un estudio DFT y experimental. *Molecules*, 29 (24),6037. <https://doi.org/10.3390/molecules29246037>
- Uribe, E., Vega, A., García, V., Pastén, A., López, J., & Goñi, G. (2019). Effect of Different Drying Methods on Phytochemical Content and Amino Acid and Fatty Acid Profiles of the Green Seaweed, *Ulva Spp.* *Journal of Applied Phycology*, 31, 1967-1979.
- Wang, H. B., Wu, S. J., & Liu, D. (2014). Preparation of polysaccharides from cyanobacteria *Nostoc commune* and their antioxidant activities. *Carbohydrate polymers*, 99, 553-555
- Wang, X., Yang, Z., Liu, Y., Wang, X., Zhang, H., Shang, R., Laba, C., Wujin, C., Hao, B., & Wang, S. (2022). Structural characteristic of polysaccharide isolated from *Nostoc commune*, and their potential as radical scavenging and antidiabetic activities. *Scientific Reports*, 12(1), 22155. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26802-x>
- Wanderley, M., Costa, L., & Silva, B. (2023). Comparative analysis of low-cost drying technologies for microalgae: quality and economic viability. *Sustainable Food Production*, 12(4), 89–102.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la laguna donde se recolectó muestra de *Nostoc sphaericum*, Acocro Ayacucho-2025.



Anexo 2. Constancia de determinación taxonómica de *Nostoc sphaericum* por el museo natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

CONSTANCIA N° 181-USM-MHN-2025

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (alga) recibida de **Leidy Sayuri Arteaga Berrospi**, estudiante de pregrado de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga ha sido estudiada y clasificada como: *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault y tiene la siguiente posición taxonómica, según E.A. Molinari Novoa in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 14 January 2022. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>; searched on 19 June 2025.

DIVISIÓN : Cyanobacteria Stanier ex Cavalier-Smith

CLASE : Cyanophyceae Schaffner

ORDEN : Nostocales Borzi

FAMILIA : Nostocaceae Eichler

GÉNERO : *Nostoc* Vaucher ex Bornet & Flahault

ESPECIE : *Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault

Nombre vulgar: "Nostoc / Cushuro / Yuyucha"

Procedencia: Laguna, Ccaccamarca, Ocros, Ayacucho

Determinado por: Dr. Haydee Montoya.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 19 de junio de 2025

Dra. Joaquina Albán Castillo

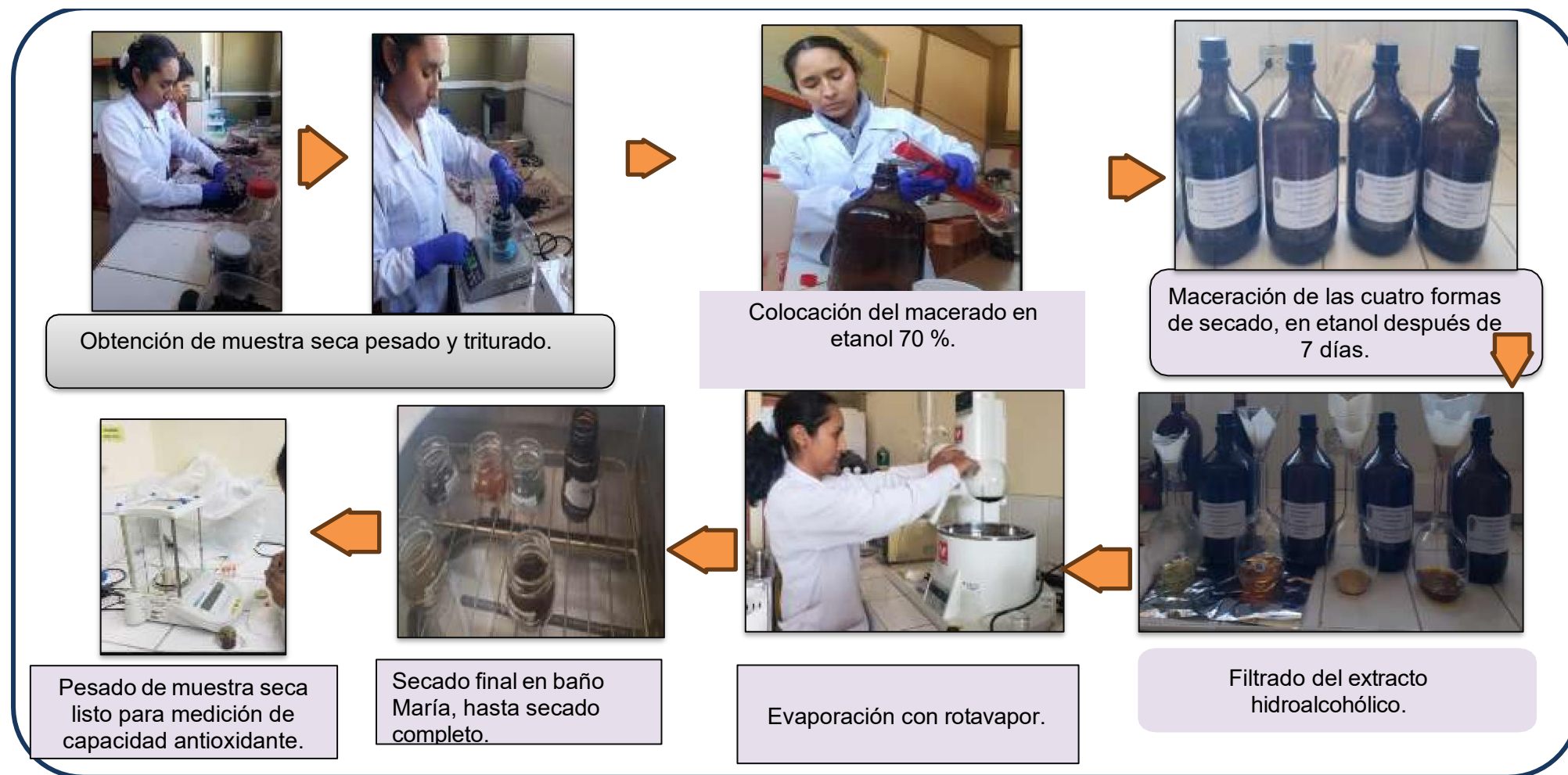
JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

Anexo 3. Proceso de recolección, limpieza y secado de *Nostoc sphaericum* Ayacucho 2025.

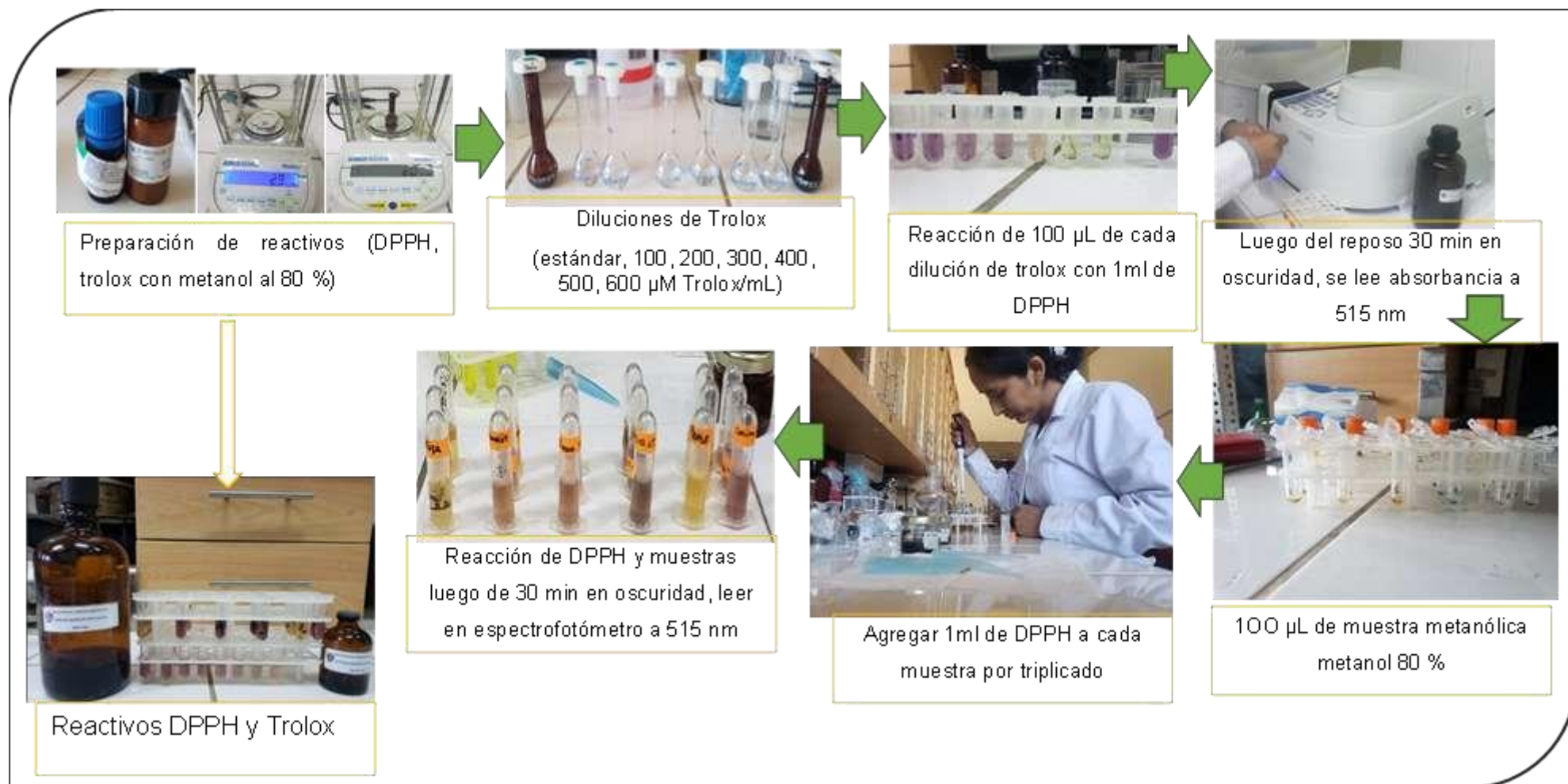


Leyenda: **A.** Recolección de la muestra **B.** Lavado de *Nostoc sphaericum* **C.** Selección de *Nostoc sphaericum* **D.** Desinfección con hipoclorito 2% **E.** Muestra fresca lista para maceración **F.** Muestra en estufa a 60°C **G.** Muestra secada a ambiente 29°C. **H.** Secado en cocina a 90°C.

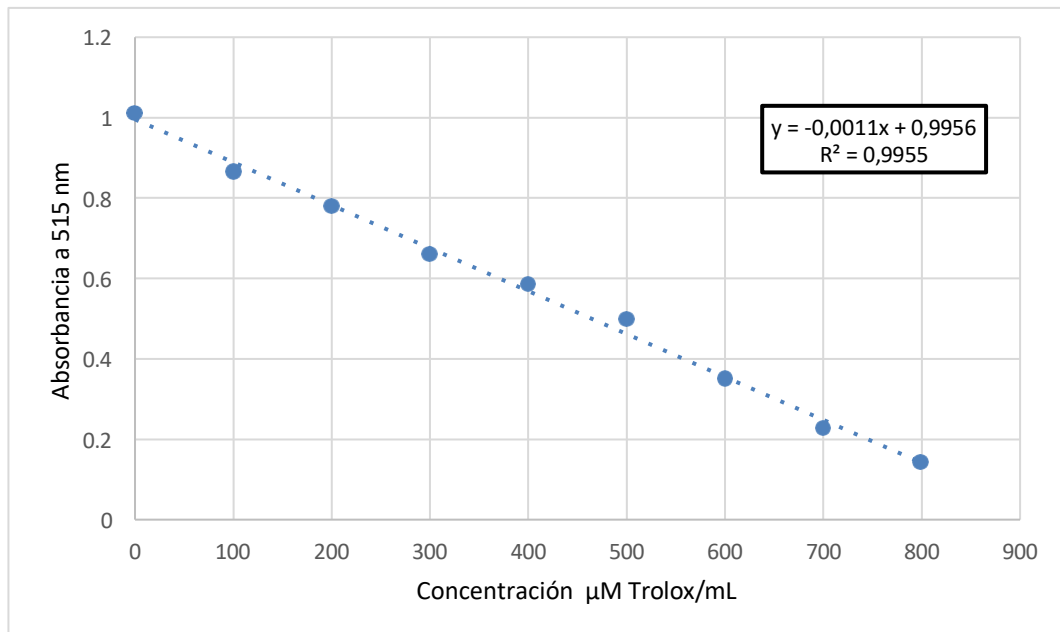
Anexo 4. Diagrama de flujo del protocolo para la elaboración del extracto hidroalcohólico de *Nostoc sphaericum*, Ayacucho-2025.



Anexo 5. Diagrama de flujo del protocolo para la determinación de la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum*, por el método DPPH, Ayacucho-2025.



Anexo 6. Curva de calibración estándar de Trolox para la determinación de la capacidad antioxidante Ayacucho-2025.



Anexo 7. Datos de porcentaje de inhibición y capacidad antioxidante expresados en concentración para *Nostoc sphaericum* secado a 60°C en estufa, Ayacucho 2025

N°	Absorbancia	Inhibición (%)	Capacidad antioxidante (μ M Trolox/mL)
1	0,517	49,8	456,3
2	0,539	47,6	435,4
3	0,566	45,0	409,7
Promedio	0,541	47,47	433,80
Desviación estándar	0,025	2,43	23,34

Anexo 8. Datos de porcentaje de inhibición y capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum* secado en cocina a 90°C Ayacucho 2025

N°	Absorbancia	Inhibición (%)	Capacidad antioxidante (μM trolox/mL)
1	0,712	30,5	270,9
2	0,723	29,4	260,4
3	0,759	25,9	226,2
Promedio	0,731	28,6	252,5
Desviación estándar	0,025	2,43	23,38

Anexo 9. Datos de porcentaje de inhibición y capacidad antioxidante del extracto de *Nostoc sphaericum* sin secado previo a 14°C

N°	Absorbancia	Inhibición (%)	Capacidad antioxidante (µM Trolox/mL)
1	0,735	28,2	249,0
2	0,693	32,4	288,9
3	0,696	32,1	286,1
Promedio	0,708	30,90	274,66
Desviación estándar	0,0234	2,32	22,29

Anexo 10. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para los datos de capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum* bajo cuatro métodos de secado.

Shapiro-Wilk

	Estadístico	Gl	Sig.	Decisión
Estufa	0,996	3	0,887	normal
Cocina	0,914	3	0,433	normal
Fresco macerado	0,802	3	0,120	normal
Ambiente	0,978	3	0,716	normal

Nota: Un valor de $p > 0.05$ indica que los datos de la capacidad antioxidante los tratamientos (métodos de secado) presentan una distribución normal, cumpliendo con el supuesto para aplicación de pruebas paramétricas.

Anexo 11. Análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de los métodos de secado en la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum*, Ayacucho 2025.

Método de secado	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	341353,91	3	113784,64	272,39	0,000
Dentro de grupos	3341,9	8	417,73		
Total	344695,8	11			

Nota: ANOVA con un nivel de confianza del 95% un valor de $p < 0.05$ indica diferencia significativa entre los tratamientos (métodos de secado) evaluados sobre la capacidad antioxidante del "nostoc".

Anexo 12. Comparaciones múltiples de Tukey para determinar la diferencia significativa entre los métodos de secado sobre la Capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum*, Ayacucho 2025.

Tukey

Método de secado	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
		A	B	C
Cocina 90°C	3	252,5000		
Fresco 14°C	3	274,6667		
Estufa 60°C	3		433,8	
Ambiente 29°C	3			674,77
Sig.		0,572	1.000	1.000

Nota. Promedios de letras diferentes en una misma columna indica diferencia significativa.

Anexo 13. Correlación de Pearson entre la temperatura de los métodos de secado y la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum*, Ayacucho -2025.

		Correlación Pearson	
		Temperatura de secado	Promedio de capacidad antioxidante
Temperatura de secado	Correlación de Pearson	1	-0.342
	Sig. (bilateral)		0.658
	N	4	4
Promedio de concentración de antioxidantes	Correlación de Pearson	-0.342	1
	Sig. (bilateral)	0.658	
	N	4	4

Nota. Con un nivel de confianza de 95%, un valor $p > 0.05$ indica que no existe una correlación lineal significativa entre la temperatura y la capacidad antioxidante siendo débil y negativa (-0,342), complementariamente el análisis de regresión cuadrática (figura 7) sugiere un comportamiento no lineal.

Anexo 14. Correlación de Pearson entre la concentración de antioxidantes y la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum*, Ayacucho-2025.

Variables correlacionadas		Capacidad antioxidante	Concentración de antioxidante (μM Trolox/mL)
Capacidad antioxidante	Correlación de Pearson	1	0,998
	Sig. (bilateral)		0.002
	N	4	4
Concentración de antioxidante (μM Trolox/mL)	Correlación de Pearson	0,998	1
	Sig. (bilateral)	0.002	
	N	4	4

Nota: Indicando una correlación positiva y muy alta (0,998), confirmando la alta significancia estadística al 95%, permitiendo validar la metodología empleada confirmado la estrecha relación entre estas variables.

Anexo 15. Panel fotográfico del tamizaje fitoquímico para la identificación de metabolitos secundarios de *Nostoc sphaericum*, Ayacucho-2025.



leyenda. **A.** Determinación de alcaloides según tres reacciones **B.** Determinación de aminas **C.** Determinación de antocianinas **D.** Determinación de azúcares reductores con Benedict **E.** Determinación de catequinas por fluorescencia UV. **F.** Determinación de flavonoides en *Nostoc sphaericum*.

Anexo 16. Panel fotográfico del tamizaje fitoquímico para la identificación de lactonas, cumarinas, saponinas, carbohidratos, resinas de *Nostoc sphaericum*, Ayacucho-2025.



Leyenda. G. Determinación de lactonas y cumarinas en *nostoc sphaericum* H. Determinación de saponinas, I. Determinación de carbohidratos reactivo Molish. J. Determinación de resinas en *Nostoc sphaericum*

Anexo 17. Matriz de consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
Efecto de las formas de secado en la capacidad antioxidante de <i>Nostoc sphaericum</i> "nostoc" Ayacucho-2025	¿Cuál es el efecto de las formas de secado en la capacidad antioxidante de <i>Nostoc sphaericum</i> "nostoc"?	<p>Evaluar el efecto de las formas de secado en la capacidad antioxidante de <i>Nostoc sphaericum</i>.</p> <p>Objetivo específico</p> <p>1. Determinar la capacidad antioxidante de <i>Nostoc sphaericum sometido</i> a las formas de secado: fresco 14°C, secado a temperatura ambiente 29°C, secado en estufa a 60°C, secado en cocina a 90°C.</p> <p>2. Comparar la capacidad antioxidante de <i>Nostoc sphaericum</i> entre cada forma de secado.</p> <p>3. Determinar el tamizaje fitoquímico de <i>Nostoc sphaericum</i>.</p>	<p>1. Capacidad antioxidante:</p> <p>2. <i>Nostoc sphaericum</i>:</p> <p>3. Proceso de secado</p> <p>4. Efectos de las formas de secado en la capacidad antioxidante</p> <p>5. Tamizaje fitoquímico</p> <p>6. Identificación taxonómica.</p> <p>7. Extracto hidroalcohólico</p>	<p>H°: La forma de secado no afecta significativamente en la capacidad antioxidante de <i>Nostoc sphaericum</i>,</p> <p>H1: Al menos una forma de secado afecta significativamente en la capacidad antioxidante de <i>Nostoc sphaericum</i>.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Formas de secado</p> <p>Indicador: cada forma de secado</p> <p>Temperatura ambiente(29°C), Estufa a 60°C, Cocina a 90°C</p> <p>Fresco macerado a 14°C</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Capacidad antioxidante</p> <p>Indicador:</p> <p>Absorbancias sometidas a la curva de calibración de Trólox.</p>	<p>Tipo: aplicada</p> <p>Nivel: explicativo</p> <p>Enfoque: cuantitativo</p> <p>Régimen: libre</p> <p>Diseño experimental: grupo controlado, formas de secado (Temperatura ambiente(29°C), estufa a 60°C, cocina a 90°C, y en fresco macerado a 14°C)</p> <p>Población y muestra será: Colonias de <i>Nostoc sphaericum</i>.</p>



UNSCH

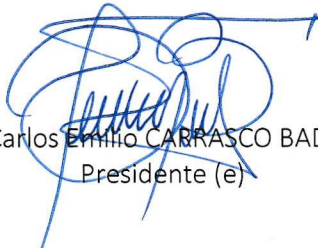
FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Leidy Sayuri ARTEAGA BERROSPI
RESOLUCIÓN DECANAL N° 486-2025-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las diez de la mañana del día viernes veintiséis de diciembre del año dos mil veinticinco; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, participando como presidente encargado el Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ, con Memorando N° 315-2025-UNSCH-FCB, de fecha 24 de diciembre de 2025, la Blga. Roxana Karen CARHUAZ CONDORI (Miembro-jurado), la Dra. Roberta Brita ANAYA GONZÁLEZ (Miembro-Asesor), actuando como secretario docente encargado la Blga. María Victoria VILCHEZ MALCA, con memorando N° 153-2025-UNSCH-FCB de fecha treinta de julio de dos mil veinticinco; para presenciar la sustentación de tesis titulada: Efecto de las formas de secado en la capacidad antioxidante de *Nostoc Sphaericum* "nostoc", Ayacucho-2025, presentado por la **Bach. Leidy Sayuri ARTEAGA BERROSPI**; el presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio del acto de sustentación, indicando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece en el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas al sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó al sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones correspondientes; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ	17	17	17
Blga. Roxana Karen CARHUAZ CONDORI	17	16	17
Dra. Roberta Brita ANAYA GONZÁLEZ	18	17	18
PROMEDIO			17

El sustentante alcanzó el promedio de diecisiete (17) aprobatorio. Acto seguido, el presidente invito el ingreso de la sustentante y el público, al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las doce y cinco de la tarde; firmando al pie del presente en señal de conformidad.


Dr. Carlos Emilio CARRASCO BADAJOZ
Presidente (e)


Blga. Roxana Karen CARHUAZ CONDORI
Miembro-Jurado


Dra. Roberta Brita ANAYA GONZÁLEZ
Miembro-Asesora


Blga. María Victoria VILCHEZ MALCA
Secretario Docente (e)



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA-ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

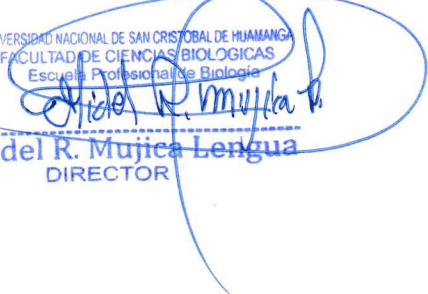
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

N° 08-2026-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Efecto de las formas de secado en la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum* "nostoc", Ayacucho - 2025**, por LEIDY SAYURI ARTEAGA BERROSPI; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 5%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 30 de marzo del 2026.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Escuela Profesional de Biología
Dr. Fidel R. Mujica Lengua
DIRECTOR

Efecto de las formas de secado en la capacidad antioxidante de Nostoc sphaericum “nostoc”, Ayacucho – 2025

por LEIDY SAYURI ARTEAGA BERROSPI

Fecha de entrega: 26-mar-2026 05:22p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2914075385

Nombre del archivo: ARTEAGA_BERROSPI-Leidy-_pregrado-2026_TURNITIN.docx (1.04M)

Total de palabras: 8813

Total de caracteres: 49716

Efecto de las formas de secado en la capacidad antioxidante de *Nostoc sphaericum* "nostoc", Ayacucho – 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	es.scribd.com Fuente de Internet	2%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
5	www.produccioncientificaluz.org Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	www.nexi.go.jp Fuente de Internet	<1%
8	doaj.org Fuente de Internet	<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo