

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Tesis

Polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de hierro en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado

Presentado por:

Irma Clavel Ferro Moina

Para optar el título de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

Polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de hierro en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado

Presentado por **Irma Clavel Ferro Moina**, para optar el título de Ingeniero Agroindustrial

Sustentado y aprobado el 27 de octubre del 2025, ante el jurado evaluador:

Presidente:


/Dr. Juan Silver Barreto Carbajal

Primer miembro:


M.Sc. Alfredo Fernández Ayma

Segundo miembro:


Ing. Abel Jesús Enrique Mujica Paredes

Asesor:


Mg. Jorge Beltrán Mendoza Cáceres



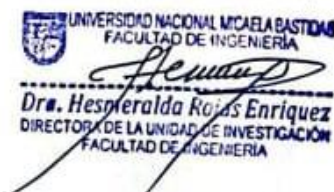
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 252-2025

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada: **"Polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de hierro en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado"**, presentada por la Bach. Irma Clavel Ferro Moina, para optar el Título de **Ingeniero de Agroindustrial**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (11%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 17 de octubre del 2025

Atentamente,



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
Dra. Hesperalda Rojas Enriquez
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
REG. N° 847

Agradecimiento

Agradezco a Dios, por guiarme en esta etapa de mi vida, a Valeria y Nicolás que siempre estuvieron ahí alegrándome los días con sus risas y ocurrencias, a toda mi familia por su apoyo constante para cumplir mis metas, su compañía es mi mayor motivación en todo momento, con gratitud hacia los Docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac por su aporte en mi formación profesional, en especial a Ing. Justo Flavio Arias Motta y asesor Ing. Jorge Beltrán Mendoza Cáceres que siempre estuvieron brindándome apoyo en el proceso y desarrollo de la tesis. A todos ustedes les debo este logro.



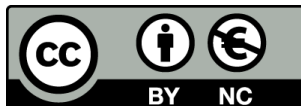
Dedicatoria

Dedico esta tesis con todo cariño a mis padres, Hipólito Ferro Contreras e Irma Moina Vargas, por su amor, confianza en mí, a mis hermanos Yadelis, Azucena e Hipólito a mi hijo Sebastián por su apoyo incondicional e impulsarme a seguir creciendo y ser mejor en lo personal y profesional, quienes me motivaron a seguir adelante en todo momento.



Polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de hierro en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado
Línea de investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la agroindustria.

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 Descripción del problema	5
1.2 Enunciado del problema	7
1.2.1 Problema general	7
1.2.2 Problemas específicos	7
1.3 Justificación de la investigación	7
CAPÍTULO II	9
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	9
2.1 Objetivos de la investigación	9
2.1.1 Objetivo general	9
2.1.2 Objetivos específicos	9
2.2 Hipótesis de la investigación	9
2.2.1 Hipótesis general	9
2.2.2 Hipótesis específicas	9
2.3 Operacionalización de variables	10
CAPÍTULO III	11
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	11
3.1 Antecedentes	11
3.2 Marco teórico	14
3.2.1 Biodiversidad en el Perú	14
3.2.2 Biodiversidad en la región Apurímac	14
3.2.3 Generalidades del berro (<i>Nasturtium officinale</i>)	14
3.2.3.1 Clasificación taxonómica de berro	16
3.2.3.2 Morfología del berro	16
3.2.3.3 Composición nutricional del berro	16
3.2.4 Disponibilidad de hierro en la naturaleza	17
3.2.4.1 Hierro hemínico	17
3.2.4.2 Hierro no hemínico	17
3.2.5 Importancia del hierro en la alimentación	18
	1



3.2.6	Composición química proximal de los alimentos	18
3.2.7	Compuestos bioactivos	19
3.2.7.1	Compuestos fenólicos	19
3.2.7.2	Antioxidantes	21
3.2.8	Secado	24
3.2.8.1	Técnicas de secado	24
3.2.8.2	Impactos del secado en compuestos bioactivos y minerales	26
3.3	Marco conceptual	28
CAPÍTULO IV		30
METODOLOGÍA		30
4.1	Tipo y nivel de investigación	30
4.2	Diseño de la investigación	30
4.3	Población y muestra	31
4.4	Procedimiento	32
4.4.1	Proceso de obtención de extracto metanolico de berro	32
4.4.2	Acondicionamiento del extracto metanolico para el análisis espectrofotométrico	33
4.4.3	Determinación de polifenoles totales	34
4.4.4	Capacidad antioxidante	36
4.4.5	Determinación de contenido de hierro	38
4.5	Técnica e instrumentos	39
4.5.1	Materiales y utensilios del laboratorio	40
4.5.2	Equipos	41
4.5.3	Reactivos	41
4.6	Análisis estadístico	42
CAPÍTULO V		43
RESULTADOS Y DISCUSIONES		43
5.1	Análisis de resultados	43
5.1.1	Determinación de Polifenoles totales en extracto metanólico de berro	43
5.1.2	Capacidad antioxidante	45
5.1.3	Contenido de hierro	47
5.2	Contrastación de hipótesis	49
5.2.1	Hipótesis general	49
5.2.2	Hipótesis específicas	49
5.3	Discusión de los resultados	50
5.3.1	Polifenoles totales en el berro	50
5.3.2	Capacidad antioxidante	52
5.3.3	Contenido de hierro	53
CAPÍTULO VI		56



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
6.1 Conclusiones	56
6.2 Recomendaciones	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de variables de la investigación	10
Tabla 2 — Composición nutricional	17
Tabla 3 — Clasificación de los antioxidantes según su sitio de acción	23
Tabla 4 — Clasificación de los antioxidantes según su origen	23
Tabla 5 — Esquema del diseño experimental	31
Tabla 6 — Concentración de ácido gálico	35
Tabla 7 — Curva patrón trolox.	37
Tabla 8 — Curva de calibración de solución de hierro (III)	39
Tabla 9 — Promedio de la cantidad de polifenoles	43
Tabla 10 — Comparación de Tukey: interacción de temperatura y tiempo de secado para polifenoles totales	44
Tabla 11 — Promedio de la capacidad antioxidante	45
Tabla 12 — Comparación de Tukey: interacción de los factores temperatura y tiempo de secado para su capacidad antioxidante	46
Tabla 13 — Promedio del contenido de hierro	47
Tabla 14 — Comparación de Tukey: Interacción de temperaturas y tiempos de secado para el contenido de hierro	48
Tabla 15 — Matriz de consistencia	73
Tabla 16 — Análisis de varianza de polifenoles totales tratados a diferentes temperaturas y tiempo de secado	77
Tabla 17 — Comparaciones de Tukey: temperatura de secado para polifenoles totales	77
Tabla 18 — Comparaciones de Tukey: tiempo de secado para polifenoles totales	77
Tabla 19 — Análisis de varianza de la capacidad antioxidante en berro tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado	80
Tabla 20 — Comparación de Tukey: temperatura de secado para la capacidad antioxidante	80
Tabla 21 — Comparación de Tukey: tiempo de secado para la capacidad antioxidante	80
Tabla 22 — Análisis de varianza: contenido de hierro en berro tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado	83
Tabla 23 — Análisis de comparación de Tukey: temperatura de secado para el contenido de hierro	83
Tabla 24 — Análisis de comparación de Tukey: tiempo de secado para el contenido de hierro	83

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Representación de la estructura química del fenol	20
Figura 2 — Acondicionamiento de la muestra	33
Figura 3 — Obtención de extractos metanólicos de berro (<i>Nasturtium officinale</i>)	34
Figura 4 — Comparación de resultados de polifenoles del berro (<i>Nasturtium officinale</i>)	44
Figura 5 — Comparación de resultados de capacidad antioxidante del berro (<i>Nasturtium officinale</i>)	45
Figura 6 — Comparación de resultados de contenido de hierro del berro (<i>Nasturtium officinale</i>)	47
Figura 7 — Resultados de polifenoles totales de acuerdo a lmetodo Folin-Ciocalteu	75
Figura 8 — Curva de calibración para la cuantificación de los polifenoles totales	75
Figura 9 — Normalidad de residuos para polifenoles totales (Minitab Statistical software versión 19)	76
Figura 10 — Prueba de igualdad de varianzas para polifenoles totales (Minitab Statistical software versión 19)	76
Figura 11 — Resultados de la capacidad antioxidante de acuerdo al método DPPH	78
Figura 12 — Curva de calibración para la cuantificación de la capacidad antioxidante	78
Figura 13 — Normalidad de residuos para capacidad antioxidante (Minitab Statistical software versión 19)	79
Figura 14 — Prueba de igualdad de varianzas para capacidad antioxidante (Minitab Statistical software versión 19)	79
Figura 15 — Resultados del contenido de hierro	81
Figura 16 — Curva de calibración para la cuantificación del contenido de hierro	81
Figura 17 — Normalidad de residuos para el contenido de hierro (Minitab Statistical software versión 19)	82
Figura 18 — Prueba de igualdad de varianzas para el contenido de hierro (Minitab Statistical software versión 19)	82
Figura 19 — Recolección de berro materia prima.	84
Figura 20 — Selección de la materia prima.	84
Figura 21 — Secado (temperatura ambiente y estufa)	84
Figura 22 — Molido de muestras (molino de cuchillas)	85
Figura 23 — Tamizado de muestras	85
Figura 24 — Clasificación pon número de malla después del tamizado	85
Figura 25 — Maceración de muestras con metanol al 80%	86
Figura 26 — Centrifugado de las muestras de berro	86



Figura 27 — Muestra de polifenoles totales del berro	86
Figura 28 — Lectura de las absorbancias de los polifenoles totales del berro	87
Figura 29 — Curva patrón del trolox	87
Figura 30 — Muestras de los diferentes tratamientos del berro	87
Figura 31 — Lectura de las absorbancias diferentes tratamientos del berro	88
Figura 32 — Pre calcinación del berro para la determinación de ceniza-contenido de hierro	88
Figura 33 — Calcinación del berro en la mufla para la obtención de ceniza para la determinación del contenido de hierro	88
Figura 34 — Digestión de las cenizas	89
Figura 35 — Determinación del contenido de hierro	89
Figura 36 — Determinación de humedad	89

INTRODUCCIÓN

El berro (*Nasturtium officinale*), una planta perenne que tiene una gama esencial de minerales, vitaminas, fibra y fitoquímicos beneficiosos en la salud (RUI, M, et al, 2008). Contiene diversos principios activos tales como el ácido aspártico, ácido fólico, alanina, fenilamina, arginina leucina, isoleucina, riovofamina, minerales como el potasio, hierro, sodio, calcio, fosforo (LOPEZ, G. et al, 2022) comúnmente se consume en ensaladas, sopas y otros platillos (RUI, M., et al, 2008). Además, es utilizada en la medicina tradicional como parte del tratamiento de enfermedades respiratorias como la gripe, bronquitis, faringitis y laringitis gracias por su capacidad inhibidora del metabolismo oxidativo de ciertas sustancias como el paracetamol, la cumarina, esta última con propiedades antidiabéticas (SOARES, A., et al, 2008), así mismo el berro ha demostrado ser un eficaz agente fitorremediador, con una capacidad de bioacumular metales pesados como el plomo, cromo, cobre, cobalto, zinc, níquel, cadmio (MARQUEZ, J., et al, 2020) tanto en depósito de agua como en el suelo (KLIMEK, M., et al, 2018).

A lo largo del tiempo, las aplicaciones de tratamientos térmicos han sido optimizados como los métodos más utilizados para asegurar y prolongar la vida útil de los alimentos, gracias a su eficacia de inactivar y destruir microorganismos y enzimas. (LOPEZ, P., et al., 1994) la cual permite que su conservación y almacenamiento sea más largo para su consumo, (RUI, M., et al., 2008) en este contexto, la importancia del berro, es destacada como ingrediente en la aplicación de productos cosméticos, productos farmacológicos e industria alimentaria especialmente en la formulación de harinas y polvos (KLIMEK , M., et al., 2018).

La región Apurímac se caracteriza por diversidad en flora andina, pero también presenta mayores índices de anemia y desnutrición, según datos del (INEI, 2023) el 55.5 % de niños y niñas de 6 a 35 meses de edad sufre anemia, y el 18.9 % niños menores de 5 años presentan desnutrición crónica. A nivel nacional y departamental, el estudio demográfico y de salud familiar (ENDES) reporta que la tasa de anemia en niños menores de 6 a 35 meses de edad es del 43.1 %, y en mujeres de 15 a 49 años de edad alcanza el 22.7 % y mujeres gestantes llega al 24.1 %. En cuanto a la desnutrición crónica, esta perjudica al 11.5 % a menores de 05 años, todas estas condiciones tienen un impacto negativo en el desarrollo cognitivo infantil, así como en la diferenciación cerebral. Frente a esta problemática, el Estado Peruano a través del



Ministerio de Salud y el Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social, vienen impulsando diversas estrategias para mejorar el consumo deficiente de micronutrientes y reducción de los niveles de anemia y desnutrición en los grupos poblacionales más vulnerables.

La presente investigación, tuvo como objetivo determinar el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y hierro en berro (*Nasturtiumofficinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado.

Para el método de secado se utilizó dos factores, temperaturas de secado con dos niveles 60 y 70 °C, tiempos de secado con tres niveles 4, 6 y 8 horas. El análisis estadístico se realizó mediante el Diseño Completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial de 2x3. Para obtención de los extractos se utilizó la harina tamizada en la malla número 30, como solvente metanol al 80 % con una relación de materia prima y solvente (1/15).

Los resultados del contenido de polifenoles totales fueron expresados en mg EAG/100 g M.S., la capacidad antioxidante en mg E. Trolox/100 g M.S. mientras el contenido de hierro en mg Fe/100 g M.S.



RESUMEN

En la industria alimentaria es fundamental aprovechar las frutas y verduras en su estado fresco y su proporción no comercial para transformarlas en productos deshidratados, harinas, polvos y saborizantes fomentando así nuevas formas de consumo. El berro (*Nasturtium officinale*) se destaca por su alto valor nutricional y versatilidad culinaria.

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y hierro en berro (*Nasturtiumofficinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado. El estudio siguió un enfoque cuantitativo de tipo experimental y nivel explicativo, utilizando un Diseño Completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial 2 x 3. Las muestras se recolectaron del distrito de Chalhuanhuacho provincia de Cotabambas.

El proceso de secado se realizó a 60 °C y 70 °C durante periodos de 4, 6 y 8 horas obteniendo harina de berro tamizada. Para la extracción de compuestos bioactivos se utilizó metanol al 80 % como solvente y se aplicaron métodos espectrofotométricos para sus análisis.

Los resultados mostraron que el tratamiento T3 (60 °C durante 8 horas) alcanzó el mayor contenido de polifenoles totales 1647,85 mg EAG/100 g M.S. y la mayor capacidad antioxidante correspondiente al tratamiento T3 3194,99 mg E Trolox/100 g M.S. a (60 °C por 8 horas). En cuanto, al contenido de hierro, el tratamiento más efectivo fue T3 a (60 °C por 08 horas) con 34,07 mg Fe/100 g M.S.

En conclusión, los resultados indicaron que el tratamiento T3 secado de la muestra a (60 °C por un tiempo de 8 horas) favorecieron la conservación de polifenoles totales, capacidad antioxidante y el contenido de hierro en la muestra de berro a comparación de los demás tratamientos. Esta investigación, sugiere además que las temperaturas superiores a 60 ° C influyen en las variables de estudio.

Palabras clave: *polifenoles totales, capacidad antioxidante, contenido de hierro, temperatura.*



ABSTRACT

In the food industry, it is essential to utilize fruits and vegetables in their fresh state and in their non-commercial portion to transform them into dehydrated products, flours, powders, and flavorings, thus promoting new forms of consumption. Watercress (*Nasturtium officinale*) is noted for its high nutritional value and culinary versatility.

This research aimed to determine the total polyphenol content, antioxidant capacity, and iron in watercress (*Nasturtium officinale*) treated at different temperatures and drying times. The study followed a quantitative experimental approach and explanatory level, using a Completely Random Design with a 2 x 3 factorial arrangement. Samples were collected from the Chalhahuacho district, Cotabambas province.

The drying process was carried out at 60 °C and 70 °C for periods of 4, 6, and 8 hours, obtaining sifted watercress flour. 80 % methanol was used as the solvent to extract bioactive compounds, and spectrophotometric methods were applied for analysis.

The results showed that the T3 treatment 60 °C for 8 hours achieved the highest total polyphenol content 1647.85 mg EAG/100 g DM and the highest antioxidant capacity 3194.99 mg E Trolox/100 g DM at 60 °C for 8 hours. Regarding iron content, the most effective treatment was T3 at 60 °C for 8 hours, with 34.07 mg Fe/100 g DM.

In conclusion, the results indicated that the T3 treatment, drying the sample at 60 °C for 8 hours, favored the preservation of total polyphenols, antioxidant capacity, and iron content in the watercress sample compared to the other treatments. This research also suggests that temperatures above 60 °C influence the study variables.

Keywords: *total polyphenols, antioxidant capacity, iron content, temperatures .*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La evolución de la alimentación es un paradigma. Se está desarrollando estudios donde se asocian a los alimentos con interacciones a la salud y su aporte nutricional, dejando a lado la procedencia de dicho alimento. (ALCIVAR, U., et al, 2016). En la industria agroalimentaria es un reto implementar estrategias en el empleo de materia prima y su valor agregado, aprovechando la proporción no comercial en su estado fresco, la deshidratación y la obtención de harinas y polvos a partir de las hortalizas pueden emplearse con fines beneficiosos mejorando su vida útil. Para la salud, utilizada como estrategia de fortificación de alimentos y nueva forma de consumo (DIAS, K., et al., 2019).

En la actualidad, buscamos la forma de cómo prevenir las enfermedades y la conservación de nuestra salud, (LIN et al., 2016). Mientras más bajo sea el consumo de verduras, este contribuye al desarrollo de las enfermedades cardiovasculares, diabetes, cáncer, u obesidad, considerándose principales factores de riesgos (OMS, 2014). La deficiencia de hierro es más frecuente como problema nutricional (SVARCH, E., 2015) que afecta a la salud generando anemia y desnutrición.

Las enfermedades no transmisibles o crónicas son de larga duración que evolucionan lentamente afectando a todos los grupos de edad, siendo causas de morbilidad y un problema de salud pública en nuestro país por la forma de vida poco saludable (INEI, 2023).

El consumo diario de frutas y verduras al menos debe ser 400 g equivalente a cinco porciones de 80 g cada uno. (OMS, 2018). En Perú, el 9.5 % de ciudadanos de 15 años en adelante consumen las porciones indicadas. Por región natural, los habitantes en la sierra presentan menor consumo con un 6.3 % y en Apurímac su consumo representa un 6.8 %. (INEI, 2023). De igual manera, tratar de mantener los alimentos con mayor tiempo de vida útil es una de las necesidades de los productores de frutas y verduras, existiendo



en el mercado gran variedad de hortalizas en estado fresco que no son aprovechadas y con mayor desperdicio (DIAS, K., et al., 2021).

Por otra parte, el berro (*Natutium officinale*), una hortaliza de hojas y tallos que posee alto valor nutricional, es utilizada tradicionalmente desde tiempos antiguos, como parte de la alimentación y medicina; esta hortaliza se deteriora fácilmente durante el proceso de pos cosecha teniendo pérdidas hasta un 25 % según (MEDIÁVILLA, 2020, p.1). Es rico en minerales y vitaminas; hierro, yodo, calcio, fósforo, manganeso, cobre, zinc, y vitaminas A, B2, E sobre todo vitamina C (100 g de berro germinado contiene 10 mg de vitamina C). Su riqueza en minerales lo convierte en un alcalinizador de la sangre, neutralizando el exceso de toxinas, actuando como depurador de la sangre y regulador del metabolismo al aportar hierro y yodo. (MARTÍN, 2005, p. 77). Las bondades fotoquímicas del berro a determinado que sus compuestos fenólicos en el organismo humano son beneficioso ya que sus metabolitos secundarios actúan directamente reduciendo el estrés oxidativo y el daño celular, el consumo de estos compuestos ayuda a proteger el material genético celular de la misma manera ayuda a la estimulación del sistema antioxidante endógeno incrementando la actividad de enzimas antioxidantes esenciales como el superóxido dismutasa y catalasa, en general las estas bondades se potencian a través de la sinergia terapéutica que trabajan de manera conjunta con los demás fotoquímicos (glucosinolatos, vitaminas y bioelementos) (ZAREI, M., SAHRAGARD, A., 2021).

La contaminación de las frutas y vegetales, son causante de las infecciones alimentarias por consumo de vegetales crudos en el caso del berro normalmente se consume en ensaladas, la cual no está libre de contaminación biológica y sus condiciones ambientales por el modo de crecimiento en que se desarrolla en fuentes de agua donde puede existir variedad de agentes patógenos como parásitos (SENA, A., et al., 2010) como también químicas por las diferentes actividades antropogénicas existentes, normalmente esta contaminación se da por la presencia de metales pesados (MARQUEZ, J., et al 2020). Si bien el berro destaca por sus bondades presentes, ha dejado de ser considerado una hortaliza poco convencional, las carencias de tecnificación son limitantes en su valor comercial, así mismo esta brecha representa un problema en la salud e inocuidad, en consecuencia, la escasa diversificación en las aplicaciones industriales ha impedido que este recurso se consolide como una cadena de valor en la industria (GROWTH MARKET REPORTS, 2025).



1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo afectan las diferentes temperaturas y tiempos de secado en el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y hierro en berro (*Nasturtium officinale*)?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo afectan las temperaturas y tiempos de secado sobre el contenido de polifenoles totales en berro (*Nasturtium officinale*)?
- ¿Cómo afectan las temperaturas y tiempos de secado sobre la capacidad antioxidante en berro (*Nasturtium officinale*)?
- ¿Cómo afectan las temperaturas y tiempos de secado sobre el contenido de hierro en berro (*Nasturtium officinale*)?

1.3 Justificación de la investigación

La conservación de alimentos es una opción mediante el método de secado o deshidratación, por lo que transformado estos alimentos se vuelven nuevos productos de consumo familiar la transformación de frutas y verduras en harinas y polvos saborizantes son alternativas novedosas para la utilización como materia prima, los sub productos con propiedades beneficiosas que son muy versátiles en su comercialización con una gran posibilidad de ser utilizados de forma sencilla y rápida como ingredientes funcionales para la formulación y enriquecimiento de alimentos (PEREZ, M. et al., 2019).

El consumo de alimentos está considerado como necesidades básicas, por lo tanto, implicada directamente con la supervivencia, motivo por el cual no solo se debe satisfacer los gustos sino también cumplir sus funciones que se encuentran ligadas con un desarrollo saludable, los alimentos deben tener como finalidad un aporte de energía, regulador, proteico y uno de reserva. A la vez se debe considerar que las verduras poseen nutraceuticos en su estructura unas más que otras, que son importantes para la salud humana (INIA, 2011).

Las plantas poseen compuestos fenólicos que son metabolitos secundarios, tienen diversas funciones fisiológicas participantes en el metabolismo celular para su



crecimiento, reproducción y defensa, están compuestas por varias estructuras químicas con actividad antioxidante (ALVAREZ, L., et al, 2023), los antioxidantes retrasan el envejecimiento y degeneración de las células provocados por los radicales libres (GUTIRERREZ, A., et al, 2007) el berro contiene polifenoles y posee efectos de antioxidantes beneficiosos para la salud, utilizados como productos farmacológicos, agroquímicos, colorantes y fragancias (ESMAIL, 2020).

Según los estudios, el berro (*Nasturtium officinale*) minerales como el hierro, calcio más completos que el de otros vegetales. En el Perú la tecnificación del berro varía de las otras hortalizas convencionales al ser una planta acuática, todavía predomina la recolección de forma silvestre y su nivel comercial es bajo en algunas regiones lo siembran intencionalmente en zanjas rústicas aprovechando la bajada de riachuelos, donde se propaga de forma manual y su cosecha con tijeras sin control técnico ni automatización, es ahí donde existe un contraste drástico al comparar los sistemas de producción en el ámbito internacional se consolida como una industria tecnificada y sujeta a rigurosas normativas de inocuidad, la economía asegura rendimientos comerciales constantes a lo largo del año gracias al incremento de los consumidores respecto a los beneficios nutricionales (GROWTH MARKET REPORTS, 2025).

La presencia de anemia es un problema común en los niños, la cual genera preocupación por que esta condición puede afectar negativamente su desarrollo cognitivo, motor, emocional y social. Por ello, esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de resaltar los beneficios del berro (*Nasturtium officinale*). Se busca no solo mejorar la salud de la sociedad, sino también explorar nuevas alternativas para la creación de alimentos que ayuden a reducir los problemas de la salud relacionados.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y hierro en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado.

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el contenido de polifenoles totales en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado.
- Determinar la capacidad antioxidante en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado.
- Determinar el contenido de hierro en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

Las temperaturas y tiempos de secado influyen sobre el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y hierro en berro (*Nasturtium officinale*).

2.2.2 Hipótesis específicas

- Las temperaturas y tiempos de secado influyen sobre el contenido de polifenoles totales en berro (*Nasturtium officinale*).
- Las temperaturas y tiempos de secado influyen sobre la capacidad antioxidante en berro (*Nasturtium officinale*).



- Las temperaturas y tiempos de secado influyen sobre el contenido de hierro en berro (*Nasturtium officinale*).

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables de la investigación

Tipo de variable	Variable	Indicador		Índice
Variables independientes	Temperaturas de secado	Temperaturas en el proceso de secado	60	°C
			70	
	Tiempos de secado	Duración del proceso de secado	4	horas
			6	
			8	
Variables dependientes	Polifenoles totales	Polifenoles totales		mg EAG/100 g M.S. ¹
	Capacidad antioxidante	Capacidad antioxidante DPPH		mg Eq Trolox/100 g M.S. ¹
	Contenido de Hierro	Hierro total		mg Fe /100 g M.S. ¹

¹ M.S; materia seca

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes internacionales

- a) Según PICHMONY, E., (2017), en su estudio “Evaluación de la calidad nutricional y parámetros de color del berro seco convectivo (*Nasturtium officinale*)” realizado en Portugal, su propósito fue estudiar los atributos de calidad del berro por un método de secador de bandeja convectiva con aire forzado control de temperatura y velocidad sometiendo al parámetros de temperatura de 40 °C, 55 °C Y 70 °C dieron como resultado de tiempo de secado de 230 minutos, 119 minutos y 92 minutos con velocidad de aire constante de(1.20 + 0.09 m/s), la muestra fresca presento una actividad de agua de 0.946+0.002 % y un contenido de humedad de 11.31+0.38 kg H₂O/kg b.s. para las muestras secas el contenido de humedad (base seca) se ajustó a 104 °C, la actividad de agua se midió por triplicado a 22 °C, para la determinación de compuestos fenólicos totales capacidad antioxidante se determinó por un método de ABTS los compuestos fenólicos dieron como resultado de 80.4 + 4.8 %, 51.6+3.6 % y 51.1+3.3 % la capacidad antioxidante obtenida en frescos y deshidratados no presentaron diferencias significativa al 40 °C , lo que arrojo un porcentaje de 92.1+12.2 % de la muestra seca al 55° y 70 °C en el cual concluye que en cuanto a los parámetros de calidad el proceso de secado las temperaturas altas resultaron en una mayor degradación de vitamina C, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante que el proceso de secado por aire convectivo sin ningún tipo de pre tratamiento presenta aspectos adversos.
- b) ZEB, A., (2015) Determino el “Perfil fenólico y potencial antioxidante de berro silvestre *Nasturtium officinale*” estudio realizado en Pakistán, indica que las muestras se separaron en partes: hojas, tallos y raíces las cuales se secaron en la sombra posteriormente para su molienda y obtener polvo fino, los compuestos fenólicos totales fueron más altos en el extracto metanolico en comparación con el extracto acuoso. La capacidad eliminadora de radicales libres de los extractos



metanolicos fue mayor al de los extractos acuosos a la misma vez se identificó un total de 14 compuestos fenólicos en las hojas (donde sus derivados del ácido cumárico, ácido caftarico y quercitina es presentes en mayor cantidad) en raíces se identificaron un total de 20 compuestos como el ácido cumárico y sus derivados, el ácido caftárico y sus derivados la quercitina fueron los principales compuestos fenólicos como resultado muestra que el contenido fenólico total(TPC) en extractos metanólicos de la raíz, tallo y hojas fueron 205.99 mg Eq AG/100 g, 264,0 mg Eq AG/100 g y 321,1 mg Eq AG/100 g. En la actividad de eliminación de radicales (RSA) de la raíz, tallo y hojas del extracto metanolico fue de 70.0 %, 78.0 % y 81.6 % respectivamente en la que concluye que las hojas y raíces son buena fuente de los compuestos bioactivos.

- c) SHIVAPRIYA M., et al (2012), de acuerdo a su investigación “Datos cruciales sobre los beneficios para la salud de las populares verduras crucíferas” Texas-Estados Unidos de América, expresa que las moléculas bioactivas como el principal componente nutricional de las crucíferas contienen carbohidratos, proteínas y vitaminas (ácido ascórbico, ácido fólico, tocoferoles y provitamina-A). minerales como el hierro, calcio, cobre, manganeso, selenio y zinc, el 1,0 % y 3,3 % sobre la base de peso fresco de contenido proteico. Mientras en su contenido de fenoles totales oscilan de un 9,92 y 82,90 mg/100 g de peso fresco entre otros compuestos bioactivos también se pueden encontrar los fitoesteroles y terpenoides conocidos por su actividad cardio protectora y preventiva del cáncer. Cabe señalar que la actividad antioxidante e inducción del estrés oxidativo en verduras frescas el contenido de peroxidasa varia de 415,0 a 5314,0 μmol y el contenido de catalasa en un 14,2 a 258,0 mM H_2O_2 reducido/minuto/g peso fresco.
- d) AUGUSTI A., et al (2013), en su Investigación “Análisis por HPLC de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante en *Nasturtium officinale*” realizado en Brasil, sus resultados indican claramente que el berro puede prevenir las enfermedades causados por el exceso de los radicales libres, esta capacidad se atribuye a su actividad antioxidante, relacionada con el contenido de fenoles y flavonoides presentes en el extracto y las fracciones con niveles altos de ácido cafeico (5,08 %) presencia de rutina (1.92 %) y ácido clorogenico (1,25 %).



3.1.2 Antecedentes nacionales

- a) AYVAR, J., (2018), su investigación sobre la “Actividad antiinflamatoria y antioxidante de la fracción flavonoica aislada de las hojas de (*Nasturtium officinale* R.Br) “berro”-Ayacucho” evalúa la actividad antioxidante le los diferentes extractos, se preparó una fracción flavonoica a partir de un extracto hidroalcoholico, el cual se aplicó un desengrasado con éter de petróleo, con la finalidad de eliminar las ceras, grasas, pigmentos y otros metabolitos no deseados, posteriormente se realizó una extracción líquido-líquido utilizando acetato de etilo, la actividad antioxidante se determinó in vitro mediante el método de DPPH, empleando una solución de 24 mg de DPPH disueltos en 100 ml de metanol, las muestras de extractos se prepararon en concentraciones de 50, 100, 200 300 y 400 $\mu\text{g/mL}$, utilizando trolox como patrón de cuantificación, como resultado se mostraron que los flavonoides aislados de hojas de (*Nasturtium officinale*) presentaron mayor actividad antioxidante a concentraciones en 300 $\mu\text{g/mL}$ y 400 $\mu\text{g/mL}$ alcanzando porcentajes del 74,6 % y 88,4 % respectivamente lo cual concluye el berro presenta propiedades antioxidantes.
- b) En su investigación ESPINOZA, S., (2021), “Extracción de compuestos fenólicos de berros (*Nasturtium officinale*) asistido por ultra sonido y evaluación de sus propiedades hipoglucémicas y contra antiobesidad” realizado en Huancayo, la obtención de harina de hoja de berro fueron sometidas a un proceso de congelación a (-80 °C) por un día para luego ser liofilizadas y finalmente molidas para ser destinadas a la extracción de polifenoles y antioxidantes por el método (DPPH) asistida por ultrasonido sometidos a una amplitud de (60-100 %), a un tiempo de exposición (10-30 minutos), y la proporción de etanol-agua(0-96 %), los resultados mostraron que bajo condiciones óptimas a una amplitud de 61 %, un tiempo de 19,394 minutos y una mezcla de etanol- agua al 32,742 % se obtuvo un mayor contenido de compuestos fenólicos de 20,900 mg EAG/g m.s, un contenido de capacidad antioxidante de 274,511 $\mu\text{mol Trolox/g m.s}$.



3.2 Marco teórico

3.2.1 Biodiversidad en el Perú

La biodiversidad en el Perú se debe a su variedad de ecosistemas su compleja geografía y su diversidad climática que alberga un sinnúmero de especies ya sean flora y fauna. (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2020). el berro en el Perú está ligado por su presencia de ecosistemas naturales acuáticos andinos y la conservación de humedales un aspecto que hace que el berro sea una especie relevante.

En el Perú el (*Nasturtium officinale*) es conocido comúnmente como el berro, es una planta acuática y comestible, no es originario del país ya que fueron introducidas y se adaptaron a los ecosistemas, pero existen especies nativas. Crece de forma silvestre en varias zonas húmedas y frías especialmente en las regiones alto andinas, como en Cusco, Junín, Puno, Apurímac, Cajamarca de cierta forma el berro forma parte de la dieta tradicional de uso culinario o medicinal (SANCHEZ, I., 2011).

3.2.2 Biodiversidad en la región Apurímac

Apurímac es una región con flora y fauna diversa, por las altitudes variadas y diversos pisos ecológicos, por ello la adaptación de especies de plantas y animales a las condiciones medio ambientales, los valles interandinos, la vegetación es más fértil que en pisos ecológicos elevados. (INFOPERÚ, 2023). su flora es xerofítica y de bosques secos con diversidad y endemismo en especial en las cuencas de los ríos.

3.2.3 Generalidades del berro (*Nasturtium officinale*)

Es una planta perenne, rizomatosa de unos 10 a 70 cm de altura con unos tallos de 1 a 11 mm de diámetro, hojas caulinares: peciolo no alado, pedicelos crucíferos variados o descendentes con flores de color blanco. (ESMAIL, A. Y SNAFI, A. 2020). El berro es una planta acuática que se encuentra alrededor del agua las tierras de origen de esta planta son Asia Occidental, India, Europa y África, generalmente se encuentra en racimos en corrientes frías, moderadamente fluidas y bajas (riachuelos y márgenes de estanques) también se cultiva en a en lagos estanques y en aguas de movimiento lento como parte de un ecosistema acuático y protección de peces y anfibios (ZEB, 2015).

El berro (*Nasturtium officinale*) es común en Europa, Oriente y en América, conocido desde la antigüedad es una hortaliza de hoja que pertenece a la familia de las



brassicaceas crece alrededor del agua apreciado por su valor nutritivo considerada también como una fuente de vitaminas esenciales, minerales (sodio, hierro, yodo, fósforo y manganeso) y moléculas bioactivas, ayudan al metabolismo de los xenobioticos, como luteína, zeaxantina y los isotiacianatos de 7- metilsulfinilheptilo y 8 metilsulfiniloctilo que previenen la carcinogénesis (SILVEIRA, A. et al 2014).

El berro (*Nasturtium officinale*) es una fuente excepcional de los compuestos bioactivos responsables del característico sabor picante, naturales beneficiosos para la salud atribuyendo a los fitoquímicos, incluidos los glucosinalatos, carotenoides y los compuestos flavonoides, los carotenoides establecidos como el β -caroteno, la luteína y la zeaxantina, los flavonoides como la quercitina, el kaempferol y la isorhamnetina constituyen el núcleo polifenólico del berro (GIALLOUROU, N., ORUÑA, M., PUERTO, N. 2016).

El berro tiene amplias aplicaciones en la cocina, las hojas son consumidos en ensaladas o al vapor contiene considerable cantidad de vitamina C y provitamina A, hierro, ácido fólico, yodo, proteínas sobre todo calcio, compuestos de azufre que influyen en su olor característico (VILLENAS, P. 2010). También utilizada tradicionalmente como depurativo, diurético, expectorante, hipoglucemiante, odontálgico, estimulante y contra enfermedades pulmonares, hipertensión y enfermedades cardiovasculares como también para dolores abdominales, antiulcerogénico tratamientos del escorbuto, tuberculosis, bronquitis, influenza y asma (ESMAIL, A. y SNAFI, A. 2020).

Si bien los berros se consumen crudos como ensalada, cada vez es más se consumen en sopas, batidos y también marchitos en platos de pasta y carne aun que las ventas son en menor cantidad para su caracterización fotoquímica los berros son sometidos a diferentes procesos culinarios en las que presenta alteraciones bioquímicas y físicas complejas que tiene cambios nutricionales (GIALLOUROU, N. 2016).



3.2.3.1 Clasificación taxonómica de berro

La clasificación taxonómica según (CAPILLO, S. y ROMERO, B. 2024) es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Brassicales

Familia: Brassicaceae

Género: Nasturtium

Especie: *Nasturtium officinale*

Nombre común: Berro, Berros

3.2.3.2 Morfología del berro

Morfología del berro según (BOTANICAL, 2020).

- a) **Tipo de planta:** herbácea perenne acuática o semiacuática.
- b) **Tallos:** huecos de hasta 20 cm de longitud, son rastreros y flotantes provistos de raíces adventicias que crecen a partir de sus nudos.
- c) **Hojas:** alternas compuestas con 3 a 11 folios membranosos, glabros de forma oval, elíptica y orbicular de color verde brillante.
- d) **Flores:** pequeñas y blancas de 3-5 mm dispuestas en racimos o panículas terminales la corona es actinomorfa con cuatro pétalos, el androceo es tetradínamo.
- e) **Fruto:** ligeramente recurvada más larga que su pedúnculo de 1-2 cm de longitud con semillas rojizas.

3.2.3.3 Composición nutricional del berro

El berro presenta múltiples bondades como alimento (cantidad/80 g) ya que contiene:



Tabla 2 — Composición nutricional

Proteína: 2.4 g	Potasio: 184 mg
Grasa: 0.8 g	Zinc: 0.6 mg
Fibra: 1.2 g	Vitamina A: 336 µg
Yodo: 12 µg	Vitamina B1: 0.13 mg
Hierro: 1.8 mg	Vitamina C: 50 mg
Calcio: 136 mg	Vitamina E: 1.17 mg
Magnesio: 0.5 mg	Vitamina K: 200 µg
Fosforo: 42 mg	
FUENTE: ESMAIL, A. y SNAFI, A., 2020	

3.2.4 Disponibilidad de hierro en la naturaleza

El hierro es un micromineral necesario para las funciones de transporte de oxígeno, proliferación celular, producción de energía, inmunidad, síntesis de ADN entre otras. (DURAN, E., et al, 2017). El hierro en el suelo es esencial para las plantas por que absorben el hierro como Fe^{2+} , depende del pH, materia orgánica y oxidación, en suelos ácidos el hierro es más soluble y disponible, en suelos alcalinos son insolubles (SMITH, J. 2025). En la naturaleza el hierro se presenta como: hierro hemínico y hierro no hemínico.

3.2.4.1 Hierro hemínico

El hierro hemínico se encuentra exclusivamente en alimentos de origen animal que contienen hemoglobina y/o mioglobina (GONZALEZ, R. 2005), forma parte de la estructura hemo, exclusivo en los alimentos como la sangre, vísceras, carnes rojas, pollo, pescado, teniendo como característica el transporte de oxígeno, son absorbidos fácilmente por el intestino delgado con un 15 -35%. Pero su desventaja por el exceso puede estar ligado con riesgos de estrés oxidativo, enfermedades crónicas como la diabetes y ciertos tipos de cáncer (INSTITUTO NACIONAL DE SALUD DEL PERÚ, 2024).

3.2.4.2 Hierro no hemínico

El hierro no hemínico, presente en los alimentos de origen vegetal, su absorción depende de los factores dietarios que favorecen o dificultan la solubilidad, por lo tanto, este tipo de hierro requiere un pH ácido para pasar de hierro III a hierro II (GONZALEZ, R. 2005). Se encuentra en cereales,

legumbres, vegetales, lácteos (DURAN, E., et al, 2017). El hierro no hemínico su absorción puede ser favorecida por compuestos del ácido ascórbico (vitamina C), ácidos orgánicos y aminoácidos e inhibidos por filatos (de los cereales integrales) taninos del té y calcio, aunque presenta el 85 % del hierro en la dieta, su biodisponibilidad es menor al hierro hemínico (GIBSON, R., 20225).

3.2.5 Importancia del hierro en la alimentación

La importancia del hierro, por ser un micronutriente fundamental en la salud, el organismo requiere mínimamente (1 a 2 mg absorbido/día) (GONZALES, F.; OLAVEGOYA, P., 2019) el hierro no hemo que se encuentra en los vegetales, para su absorción depende de la solubilidad del intestino delgado, existen factores que ayudan a la absorción de este tipo de hierro como son la vitamina A y C (CARDERO, Y. et al; 2009).

La deficiencia de hierro en nuestro organismo, es riesgoso a sufrir enfermedades como, la anemia y la desnutrición, afectando normalmente a niños lactantes, adolescentes, embarazadas, mujeres de edad reproductiva, causando mortalidad, menor desarrollo psicomotor e intelectual. (BOCCIO, J., y MONTEIRO, J., 2004).

El hierro que se absorbe es en forma de ferritina, usada para formar hemoproteínas (hemoglobina, mioglobina, citocromos), en exceso es almacenado intracelularmente como ferritina y hemosiderina en el hígado, bazo y médula ósea implicando amenazas para el organismo, causando enfermedades como la hemacromatosis en etapas avanzadas se presentan como cirrosis hepática, hiper pigmentación cutánea y diabetes (TOXQUI, L., et al 2010).

3.2.6 Composición química proximal de los alimentos

Los análisis de las materias primas para el uso de las formulaciones de los productos procesados pasan por los análisis que tienen una medida de control y verificar su conformidad de sus especificaciones a todo ello se denomina análisis, estos engloban lo siguiente: contenido de la humedad, proteína, fibra cruda, grasa extractos libres de ceniza nitrógeno, contenido de minerales como hierro, calcio, potasio, magnesio y fosfato, también se toman en cuenta las vitaminas y amino ácidos (FAO,2013).



3.2.7 Compuestos bioactivos

Son sustancias presentes en los alimentos, aportan beneficios en la salud, principalmente se encuentran más abundantes en productos de origen vegetal, en menor medida en las de origen animal.

Se clasifican en tres grupos: terpenoides (carotenoides, casaicina y fitoesteroles), compuestos fenólicos (antocianinas, catequinas, flavonoides, isoflavonas, lignanos y taninos) y los tioles (compuestos organosulfurados) (URRIALDE, R., et al, 2022).

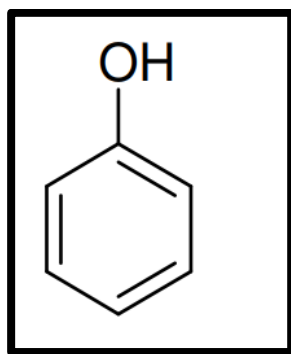
3.2.7.1 Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son un grupo diverso caracterizado por tener uno o más grupos hidroxilo(OH), unidos directamente por un anillo aromático, esta estructura básica conocida como grupo fenol, estos compuestos están presentes en metabolitos secundarios, se encuentran en las plantas en variables concentraciones su estructura está formada por un anillo aromático directamente unido a un grupo hidroxilo (OH), generalmente se encuentran en forma de esteres o glucósidos en lugar de compuestos libres (ZEB, A. 2015). que contribuyen a la pigmentación de muchas partes de la planta (CREUS, E. 2004), las funciones en las células vegetales actúan como metabolitos esenciales en su crecimiento y reproducción de las plantas, como protector frente a patógenos (MARTINEZ, I, et al. 2000) los compuestos fenólicos presentan una amplia gama de propiedades fisiológicas como antialérgicas, antiinflamatorias, antimicrobianas y antioxidantes (BELASUNDRAM, N., et al 2006).

a) Estructura química del polifenol

Los compuestos fenólicos se distinguen por contener un anillo aromático al que se le unen uno o varios grupos de hidroxilos, pueden encontrarse en formas que van desde estructuras simples hasta compuestos polimerizados más complejos. (BRAVO, 1998) los compuestos fenólicos están presentes como conjugados con monosacáridos y polisacáridos, unidos a través de uno a mas grupos, se presentan también como esteres y esteres metílicos (BELASUNDRAM, N., et al 2006).





FUENTE: PEÑARRIETA, J., et al 2014

Figura 1 — Representación de la estructura química del fenol

b) Mecanismos de acción de los compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos actúan como antioxidantes gracias a su habilidad para eliminar radicales libres y quelar cationes metálicos, su efectividad como antioxidante depende de la estructura química, lo que se conoce como relación estructura-actividad, en el caso de los ácidos fenólicos, esta actividad varía según la cantidad y posición de los grupos hidroxilo en relación con el grupo carboxilo; la actividad antioxidante se incrementa con más grupos hidroxilo, además, los ácidos hidroxycinámicos presentan una mayor capacidad antioxidante que los hidroxibenzoicos, probablemente debido a la presencia del grupo funcional $\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$, que mejora la donación de hidrógeno y estabilización de radicales. (BELASUNDRAM, N., et al 2006).

c) Determinación de polifenoles totales de acuerdo el método Folin-Ciocalteu

Este método mediante Folin- Ciocalteu se utiliza para cuantificar el contenido total de compuestos fenólicos en materiales vegetales. El procedimiento se basa en la reacción de los polifenoles con el reactivo Folin- Ciocalteu a un pH alcalino, generando un característico color azul la intensidad de este color es directamente proporcional a la concentración de polifenoles presentes, se mide espectrofotométricamente a una longitud de onda cercana a 765nm (SINGLENTON, V., et al 1999).

3.2.7.2 Antioxidantes

Son moléculas que en bajas concentraciones son capaces de prevenir el daño oxidativo como también pueden remediar, se clasifican en endógenos, sintetizados por la célula y exógenos que son adquiridos mediante una dieta (DEL TORO, C., et al 2015).

La ingesta de los antioxidantes puede ayudar a mantener un estado de antioxidante adecuado, definido como el equilibrio entre el antioxidante y oxidantes en los organismos vivos (PULIDO, R., BRAVO y SAURACALIXTO, 2000).

a) Capacidad antioxidante

La actividad antioxidante es relacionada mayormente a la presencia de polifenoles (MARTÍN, D. 2018), son compuestos naturales que previenen la Formación de radicales libres y especies de oxígeno activado. Inhibe su reacción con las estructuras biológicas. Estos compuestos incluyen enzimas antioxidantes, como superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y glutatión reductasa (GR), y antioxidantes no enzimáticos, como glutatión (GSH), vitamina C y E (YAZDANPARAST, R., BAHRAMIKIA, S. y ARDESTANI, A. 2008).

b) La actividad antioxidante en los compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos intervienen como antioxidantes naturales de los alimentos son grupos de diversas sustancias bioactivas que se encuentran presentes en las plantas, por su capacidad antioxidante. Esta capacidad se debe a su estructura química que permite capturar los radicales libres previniendo el daño celular asociados con el estrés oxidativo (CACERES et al., 2019).

c) Características de los antioxidantes

Los antioxidantes son compuestos que protegen las células del daño causado por los radicales libres, previniendo o retardando la oxidación, actúan también como agentes reductores, donando electrones o átomos de hidrógeno a los radicales libres, deteniendo o estabilizándolos el daño que puede causar en el cuerpo humano. Previenen de la oxidación los



antioxidantes tienen la capacidad de retardar o prevenir la oxidación (CORONADO, M., et al. 2015).

d) Radicales libres

Los radicales libres son moléculas reactivas que contienen uno o más electrones desapareados o impares en su estructura, permitiéndole reaccionar con facilidad con otras moléculas causándoles daños celulares, tienen una vida corta o media, se encuentran en la cadena respiratoria mitocondrial, su cadena de transporte de electrones es a nivel microsomal y cloroplastos. (GUIJA, H., y GUIJA, E, 2023). Los elementos más comunes involucrados son el oxígeno y el nitrógeno (HALLIWELL, B. y GUTTERIDGE, J., 2015).

e) Estrés oxidativo

Desequilibrio de factores prooxidantes y los mecanismos antioxidantes en cargados de eliminar especies químicas, ya sea por déficit de defensas o incremento de producción de especies reactivas del oxígeno la acumulación de los radicales libres genera el estrés oxidativo, un estado de desequilibrio entre la producción de radicales libres y la capacidad del cuerpo para neutralizar por medio de los antioxidantes, está asociado con el envejecimiento prematuro y las enfermedades (ELEJALDE , J., 2001).

f) Mecanismo de acción de los antioxidantes

Los antioxidantes actúan como defensas en el organismo ya que retrasan o previenen la oxidación, impidiendo que otras moléculas se unan con el oxígeno, además, reaccionan rápidamente con los radicales libres, evitando alteraciones de lípidos, proteínas hidratos de carbono (VENEREO, J., 2002).

g) Clasificación de los antioxidantes según el sitio de acción y su origen

VENEREO, J.,(2002), clasifica a los antioxidantes según el sitio donde ejerce su acción y su lugar de origen.



Tabla 3 — Clasificación de los antioxidantes según su sitio de acción

Intracelular	Membrana	Extracelular
Superóxido dismutasa	Vitamina E	Ceruloplasmina
Catalasa	Betacarotenos	Transferinas
Peroxidasa	Ubiquinol-10	Lactoferinas
GSH		Albuminas
DT-deafarasa		Haptoglobinas
Proteínas que ligan metales		Vitamina C
Sistemas proteolíticos		Ácido úrico
Vitamina C		Vitamina E
FUENTE: VENEREO, J., 2002		

Tabla 4 — Clasificación de los antioxidantes según su origen

Origen	Acción
1. Exógenos	
Vitamina E	Neutraliza el oxígeno singlete. Captura radicales libres hidroxilo. Captura O ₂ Neutraliza peróxidos
Vitamina C	Neutraliza el oxígeno singlete. Captura radicales libres hidroxilo. Captura O ₂ Regenera la forma oxidada de la vitamina E
Betacarotenos flavonoides, licopenos	Neutraliza el oxígeno singlete.
2. Endógenos	
Enzimáticos	Cofactor
Superoxido dismutasa (SOD)	Cobre, sodio, manganeso
Catalasa (CAT)	Hierro
Glutación peroxidasa (GPx)	Selenio
3. No enzimáticos	
Glutación	Barreras fisiológicas que enfrenta el oxígeno a su paso desde el aire hasta las células
Coenzima Q	Transporte de enzimas
Ácido Tioctico	Transportadores de metales (transferrina y ceruplasmina)
FUENTE: VENEREO, J., 2002	

h) Determinación de la capacidad antioxidante por DPPH

El método desarrollado por Blois en 1958 se fundamenta en la disminución de la absorbancia de radical DPPH a 517 nm, presenta un color violeta intenso debido a la deslocalización de un electrón desapareado, este radical no se dimeriza y, al reaccionar con un sustrato antioxidante que dona un átomo de hidrogeno, su característico color violeta se desvanece (BRAND-WILLIAMS et al., 1995) modificado por (BRAVO y SAURA CALIXTO, 2000).

3.2.8 Secado

Es un proceso que consiste en la eliminación de humedad, lo que implica transferencia de calor al producto, con el objetivo de conservar su estabilidad, a partir de un punto de vista físico, es la transferencia de calor al producto y la posterior transferencia de masa de vapor al ambiente (MUJUMDAR, A., 2000) teniendo como ventaja la reducción de agua limitando el crecimiento microbiano y reacciones químicas no deseadas (VEGA, H., et al 2001). Por otra parte, el secado disminuye el volumen y el peso de un material orgánico, permitiendo almacenar a temperatura ambiente, por largos periodos (HINCAPIE, G., et al 2010).

3.2.8.1 Técnicas de secado

El secado es un método esencial, que permite reducir la humedad en los productos y optimizar su conservación y transporte este proceso se utiliza en diversas industrias, existiendo varias técnicas de secado:

a) Secado natural

El sacado al aire es un método más antiguo y económico en la que consiste exponer la materia prima al ambiente, con presencia de radiación solar y vientos, este proceso depende mucho de factores climáticos para un adecuado secado ya que este puede influir en riesgos microbiológicos si no tiene un control adecuado. (FELLOWS, P. 2009).

b) Secado convectivo o por aire caliente

El secado por convección es uno de los métodos más comunes donde se hace uso del aire caliente, para transferir el calor al producto y poder eliminar la humedad generando una atmosfera controlada y



relativamente uniforme lo que permite que el secado sea progresivo y estandarizado (MAJUMDAR, A. 2014).

De acuerdo a TOLEDO, R. 2007. Este tipo de secado es más común en la industria alimentaria se pueden clasificar en:

- Secado por bandejas
- Secado por túneles
- Secado en lecho fluidizado

c) Secado por conducción

El secado por conducción se da mediante la transferencia de calor al producto por contacto directo con por medio de una superficie caliente (MAJUMCAR. A., 2014).

d) Secado por radiación

Se utiliza la radiación infrarroja o el microondas para hacer evaporar el agua, este tipo de secado es eficiente para los productos que tienen mayor cantidad de humedad y bajo espesor lo que permite que los tiempos de secados sean cortos. (RATTI, C., 2001) Acelera la evaporación al generar calor dentro de los productos, este tipo de conservación se emplea en alimentos y productos biológicos. (KUNDRA y MAJUMDAR, A. 2002).

e) Liofilización

La liofilización o secado por congelación, es un proceso donde se somete al producto a una congelación al vacío, eliminando el agua mediante la sublimación. Este tipo de secado se emplea mayormente en la industria alimentaria, farmacéutica preservando su estructura y propiedades nutricionales (RATTI, C., 2001).

f) Secado por atomización

El secado por atomización es un método en el cual transforma líquidos en polvo mediante la pulverización del producto en un aire caliente, este



método es ampliamente utilizado en la industria láctea, colorantes alimentarios y cafés instantáneos (MUJUMDAR, A., 2014).

3.2.8.2 Impactos del secado en compuestos bioactivos y minerales

a) Impactos del secado en compuestos bioactivos

El método de secado para la conservación de alimentos especialmente en vegetales, permite la reducción de agua y prolongar su vida útil, este proceso puede afectar en sus compuestos bioactivos y minerales esenciales, debido a la exposición de la temperatura y el tiempo de secado (TOVAR, S. 2018).

El comportamiento de los compuestos bioactivos en procesos térmicos pueden ser afectados degradando dichos compuestos, (GUERRERRO, R., 2016). El secado inadecuado puede comprometer la calidad de los vegetales y destruir sus compuestos bioactivos a la vez alteran el color y aroma estos cambios pueden surgir de la degradación de compuestos fenólicos o la formación de compuestos debido a la oxidación (BABAEI, S., et al 2025).

El impacto del calor del secado en polifenol oxidasa, polifenoles y antioxidantes en hojas, el calor aplicado durante este procedimiento genera efectos directos tanto sobre la enzima polifenol oxidasa (PPO) como sobre el contenido de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante.

La polifenol oxidasa es una enzima termosensible que cataliza la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas, las cuales se polimerizan originando pigmentos oscuros responsables del pardeamiento enzimático. Este proceso no solo afecta la apariencia del material vegetal, sino que también reduce la disponibilidad de polifenoles en su forma activa, disminuyendo consecuentemente la capacidad antioxidante de las hojas. Durante el secado a temperaturas moderadas, la PPO puede mantener una actividad considerable, favoreciendo la oxidación de polifenoles y acelerando su pérdida. En contraste, cuando se emplean temperaturas más elevadas la enzima se desnaturaliza y



pierde actividad, lo que detiene la oxidación enzimática; no obstante, los polifenoles y otros antioxidantes sensibles al calor pueden sufrir degradación térmica o transformaciones estructurales que reducen su eficacia biológica (XIAO, H., et al 2017).

En este sentido, el efecto neto del secado sobre los polifenoles depende de un delicado equilibrio entre la inactivación enzimática y la estabilidad térmica de los compuestos bioactivos. Secados prolongados o a temperaturas excesivas suelen causar pérdidas significativas de flavonoides, ácidos fenólicos y vitamina C; mientras que condiciones de secado rápido y controlado pueden favorecer la conservación parcial de la actividad antioxidante. Por ello, la selección adecuada de las condiciones de temperatura y tiempo constituye un factor determinante para preservar la calidad nutricional y funcional de las hojas deshidratadas (LI, R., et al 2018).

b) Impactos del secado en minerales

El hierro no es tan sensible con el calor con los compuestos fenólicos o vitaminas, sin embargo, el secado si puede afectar su contenido y puede modificar la biodisponibilidad del hierro afectando su absorción y estabilidad (TOVAR, S. 2018).

La concentración de hierro puede aumentar debido a la eliminación de agua durante el proceso, mientras que las pérdidas suelen ser mínimas y ocurren principalmente por lixiviación, volatilización o arrastre en las cenizas. Una fracción muy pequeña también puede perderse en forma de sales, como resultado de la exudación de líquidos celulares que se cristalizan o se eliminan en procesos inadecuados. Además, el calor puede modificar la biodisponibilidad del hierro, ya que altera compuestos que influyen en su absorción o liberación (como fitatos, oxalatos y taninos). Por otro lado, la oxidación de polifenoles reduce la formación de compuestos insolubles con el hierro, lo que favorece su aprovechamiento (KAUSHIK, S., y VERMA, A. 2024).



3.3 Marco conceptual

- a) **Absorción:** proceso por el cual una sustancia es captada y retenida por las moléculas de la otra, ya sea en medio líquido o gaseoso.
- b) **Antioxidante:** Son aquellos compuestos naturales que se encuentran en alimentos que se utilizan para retrasar o reducir la velocidad del proceso de oxidación de las grasas.
- c) **Biodisponibilidad:** porcentaje o nivel en el que el nutriente esencial, es absorbido por el organismo y posteriormente utilizado en procesos metabólicos.
- d) **Cenizas:** Residuo que queda tras calcinar una materia orgánica, normalmente no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en los alimentos en su forma original como consecuencia a las pérdidas por volatilización química.
- e) **Compuestos bioactivos:** Son sustancias químicas presentes en los alimentos proporcionando beneficios en la salud, superando funciones de nutrición básica.
- f) **DPPH:** DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo) se usa para la evaluación de actividad antioxidante mediante la capacidad de captar los radicales libres, este método basado en la transferencia de un electrón o átomo de hidrógeno a la molécula 1,1-Difenil-2-picrilhidrazina, la cual en una solución metanólica presenta una coloración violeta intenso que va disminuyendo conforme ocurre la reacción del antioxidante.
- g) **Estrés oxidativo:** Representa la existencia de productos llamados radicales libres y especies reactivas de oxígeno (ROS), se forman fisiológicas normales y se vuelven perjudiciales cuando no son eliminados por los sistemas antioxidante endógenos.
- h) **Hierro:** El hierro, como elemento es necesario para la síntesis de la hemoglobina, proteínas, transporte de oxígeno y en la formación de enzimas que contienen hierro involucradas en electrones de transferencia y oxidación-reducciones.
- i) **Humedad:** Cantidad de agua que se encuentra presente en el alimento, cada alimento tiene un porcentaje de humedad y el agua que se encuentra en ello es de forma libre y ligada.



- j) **Polifenoles:** son compuestos de origen vegetal no energéticas, los cuales ayudan a combatir y neutralizar los radicales libres presentes en el organismo por su función antioxidante.
- k) **Radicales libres:** Compuestos inestables poseen electrones desapareados que los lleva a reaccionar con otras moléculas para alcanzar su estabilidad, este proceso puede provocar alteraciones en las células, favoreciendo al envejecimiento o desarrollo de enfermedades



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

El tipo aplicada de investigación del presente trabajo según la naturaleza de los datos, corresponde al enfoque cuantitativo y de acuerdo a las variables de estudio, es del tipo experimental. El nivel de investigación es explicativo (MOUSALLI, G. 2015).

4.2 Diseño de la investigación

En la investigación se aplicó un Diseño Completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial 2x3 haciendo un total de 6 tratamientos, 3 réplicas un total de 18 unidades experimentales. El Diseño Completamente al azar (DCA) permitió estudiar de manera conjunta los efectos de cada factor: temperatura de secado con 2 niveles (60 y 70 C°) y tiempos de secado con 3 niveles (4, 6 y 8 horas) se analizó como varia cada uno de las variables de respuesta polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de hierro en berro cuando se modifica únicamente la temperatura y se mantiene constante el tiempo, y viceversa.

Las interacciones entre factores temperaturas y tiempos de secado, se determinó que el efecto de un factor depende del nivel del otro factor.



Tabla 5 — Esquema del diseño experimental

Tratamientos	Factores		Replicas	Unidades de observación
	Temperatura de secado (°C)	Tiempos de secado (horas)		
T1	60	4	1	Y ₁
	60	6	2	Y ₂
	60	8	3	Y ₃
T2	70	4	1	Y ₄
	70	6	2	Y ₅
	70	8	3	Y ₆
T3	60	4	1	Y ₇
	60	6	2	Y ₈
	60	8	3	Y ₉
T4	70	4	1	Y ₁₀
	70	6	2	Y ₁₁
	70	8	3	Y ₁₂
T5	60	4	1	Y ₁₃
	60	6	2	Y ₁₄
	60	8	3	Y ₁₅
T6	70	4	1	Y ₁₆
	70	6	2	Y ₁₇
	70	8	3	Y ₁₈

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

La población de estudio de berro (*Nasturtium officinale*) fue recolectado del lugar denominado Challhuapuquio perteneciente a la comunidad Carmen Alto, distrito de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas, región Apurímac. La recolección se realizó a una altitud de 3 698 m s.n.m.

Se obtuvo a conveniencia un total de 20 kg de berro frescos y tiernos antes de la floración sin daños físicos, los cuales fueron trasladados adecuadamente los laboratorios de Química, Química Orgánica, Análisis de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac

4.3.2 Muestra

A partir del berro recolectado el muestreo fue de forma aleatoria a conveniencia del investigador, para los diferentes tratamientos se tomó 10 kg de berro fresco, sin signos de daño físico ni deterioro, la muestra fue acondicionada adecuadamente para

el secado, maceración y posterior determinación de polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de hierro.

4.4 Procedimiento

4.4.1 Proceso de obtención de extracto metanólico de berro

El procedimiento de la investigación se desarrolla de la siguiente manera según la figura 2.

- a) **Recolección de muestra.** Se recolecto la nuestra de berro antes de su floración del lugar denominado Challhupuquio, de forma manual evitando los daños mecánicos colocándolos en una caja organizadora de plástico.
- b) **Traslado de la muestra.** La muestra de berro se trasladó en una caja organizadora de plástico evitando los daños físicos durante su traslado.
- c) **Selección/clasificación.** Se retiraron los berros (hojas, tallaos) que se encontraban dañados y las impurezas (pastos, raíz, tierra, etc) seleccionado la materia prima que se encuentran aptos para su análisis, el proceso se realizó de forma manual.
- d) **Lavado:** El berro se colocó en un recipiente con agua eliminar todas las impurezas que se encontraban en el berro (tierra, pajillas, raíz) dejando escurrir el agua para su siguiente proceso de secado.
- e) **Secado:** Los berros seleccionados y desojados se secaron en la estufa con los tratamientos de temperatura (60 y 70 C°) con tiempos de (4, 6 y 8 horas).
- f) **Molienda:** Concluido los tratamientos de secado se procedió a moler, en el molino de cuchillas a 2000 RPM por 45 segundos.
- g) **Tamizado:** El berro molido se sometió al tamizador, en el tamizador eléctrico a diferentes números de mallas, las muestras a utilizar para su análisis fueron las de la malla número 30 equivalente a 600 µm.
- h) **Extracto.** Se obtuvo los extractos de berro mediante la maceración.



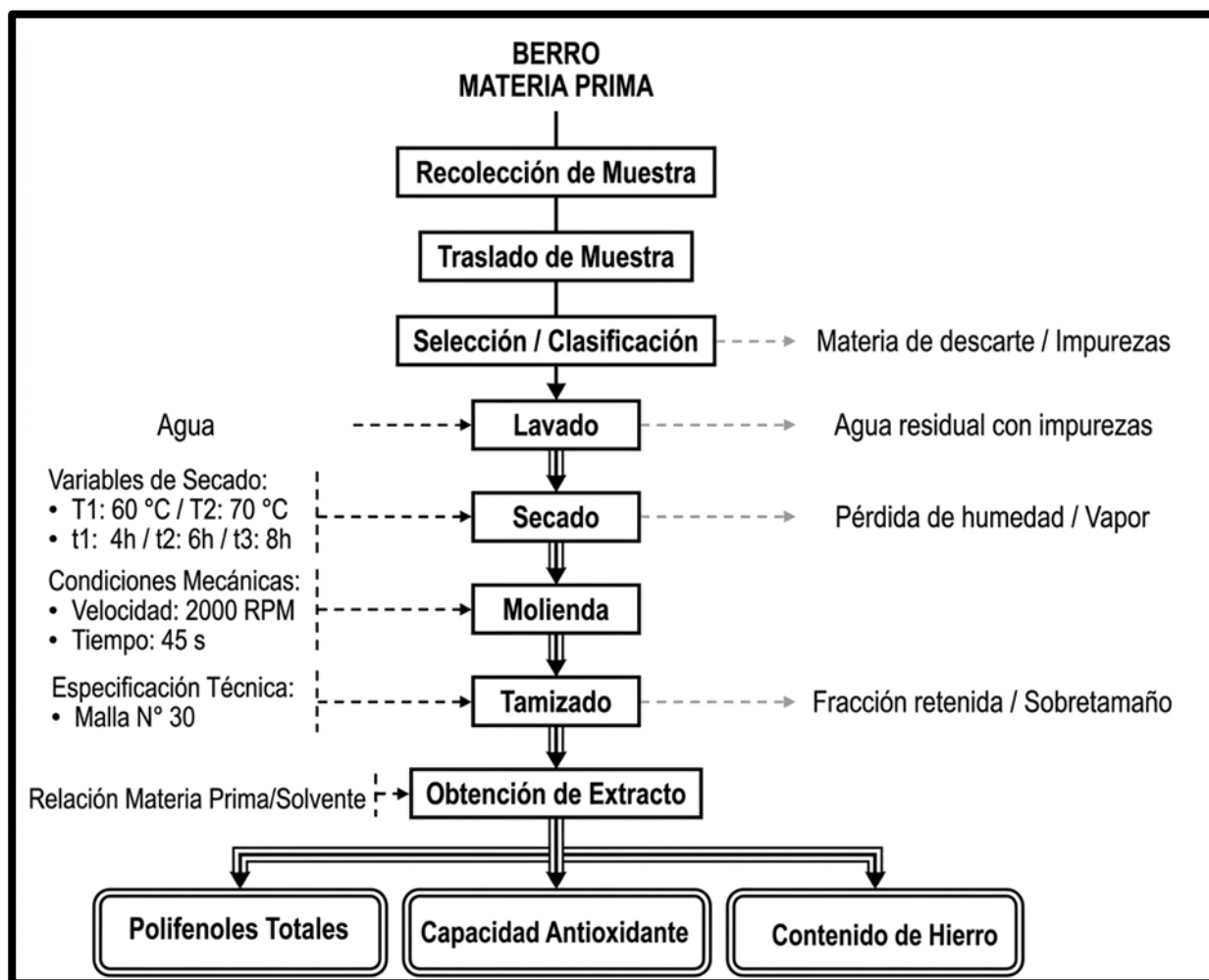


Figura 2 — Acondicionamiento de la muestra

4.4.2 Acondicionamiento del extracto metanolico para el análisis espectrofotométrico

En la figura 3 muestra el procedimiento para la obtención del extracto metanolico mediante la maceración.

- Homogenización.** Las muestras acondicionadas obtenidas de la malla número 30.
- Pesado.** Se pesó 1 g de la muestra en la balanza analítica, se colocó en matraces de capacidad de 250 mL.
- Maceración y extracción.** Se preparó metanol al 80 %, la muestra del berro y metanol requerido, se macero durante 24 horas. La relación fue 1 g de muestra con 15 mL de metanol, los matraces herméticamente serrados y cubiertos con papel aluminio se colocaron en una caja oscura sin presencia de luz.

- d) **Centrifugado.** El macerado se colocó en tubos falcón y se centrifugaron a 4000 RPM por 40 minutos.
- e) **Filtración.** Los extractos obtenidos fueron almacenados en envases de vidrio de color ámbar bajo refrigeración hasta sus análisis.

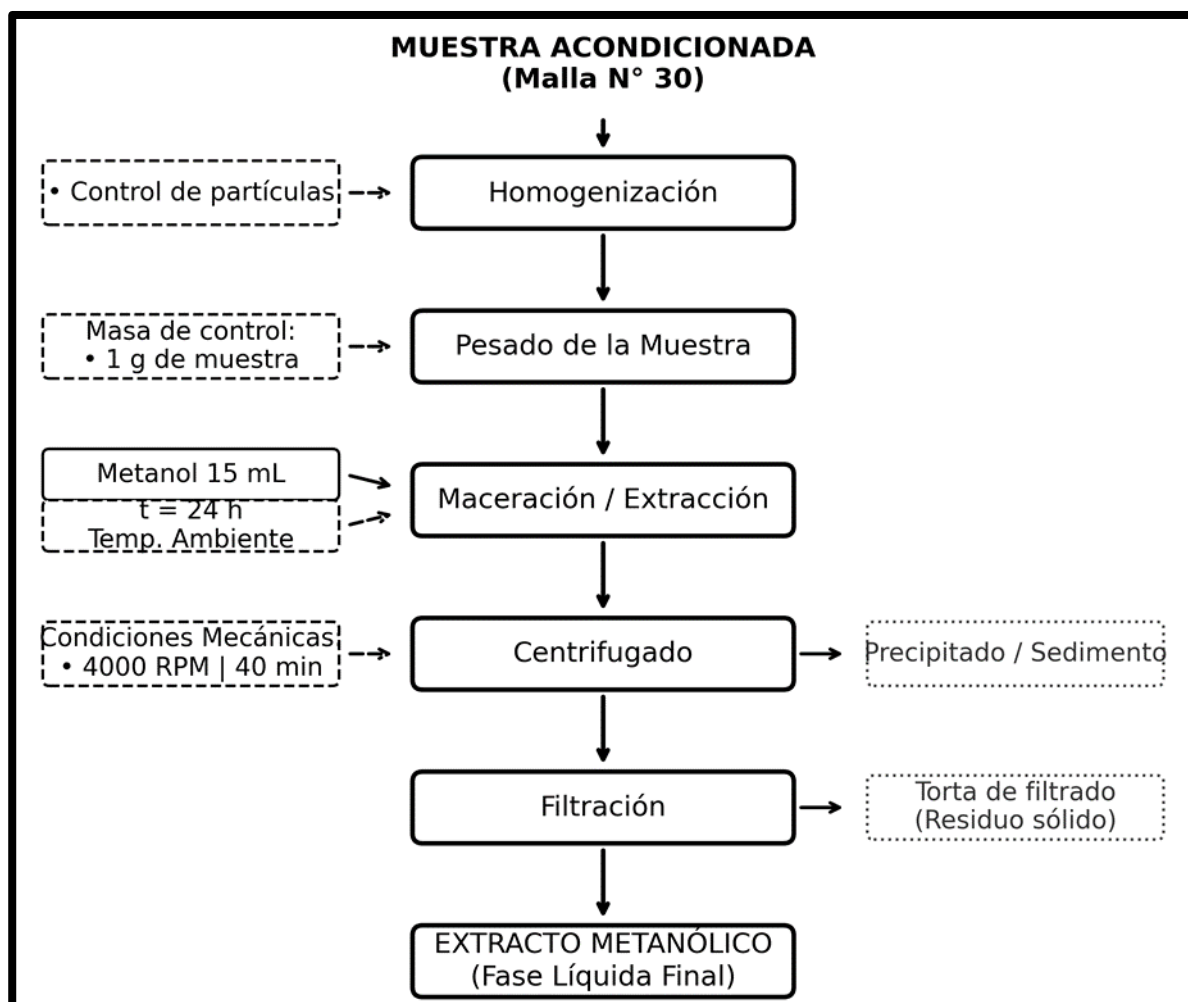


Figura 3 — Obtención de extractos metanólicos de berro (*Nasturtium officinale*)

4.4.3 Determinación de polifenoles totales

Para el contenido de polifenólicos totales, se empleó el método Folin-Ciocalteu, descrito por SINGLENTON et al, (1965). Los resultados se expresaron en mg de ácido gálico equivalente (AGE) por cada 100 g M.S. (muestra seca), este método se basa en la oxidación de los compuestos fenólicos por el reactivo Folin - Ciocalteu, que inicialmente produce coloración amarilla y, en medio básico se torna azul, la absorbancia se midió a una longitud de onda de 750 nm.

El procedimiento consistió en diluir 1 mL de extracto en 5 mL de metanol. De esta dilución se tomaron 125 μ L, a los que se añadieron 125 μ L del reactivo Folin-Ciocalteu la mezcla se dejó reposar entre 3 y 8 minutos, tras lo cual se incorporaron 3.5 mL de agua destilada y 2.5 mL del carbonato de sodio, se agitó y dejó en reposo 1 hora en la oscuridad, finalmente la absorbancia se midió en un Espectrofotómetro UV-VisThermo Scientific GENESYS 10S con longitud de onda a 750 nm.

a) Elaboración de la Curva de calibración para determinar polifenoles totales

La curva de calibración, se elaboró haciendo uso de ácido gálico, a concentración de 1000 mg AG/L, representa la solución estándar. A partir de LA SOLUCION ESTANDAR, se elaboró soluciones con concentraciones de ácido gálico de 50, 100, 200, 300, 400, mg AG/L.

Se colocaron 125 μ L de cada estándar en tubos de ensayo y se les añadieron 125 μ L del reactivo Folin-Ciocalteu la mezcla se dejó reposar entre 3 y 8 minutos, luego se le agregaron 3.5 mL de agua destilada y 2.5 mL de carbonato de sodio, se dejó reposar por 1 hora en la oscuridad, finalmente se midió la absorbancia con un Espectrofotómetro UV-VisThermo Scientific GENESYS 10S a una longitud de onda de 750 nm.

Tabla 6 — Concentración de ácido gálico

Concentración mg AG/L	Absorbancia a 750 nm
50	0.128
100	0.264
200	0.477
300	0.709
400	0.934

La tabla 6 muestra las concentraciones de ácido gálico con sus respectivas absorbancias generando la ecuación de la curva de calibración.

$$y = 0.0023X + 0.0235$$

$$R^2 = 0.9994$$

La curva de calibración arriba mostrada se asemeja a la ecuación 1.

$$y = BX + A \tag{1}$$

donde



- y es la absorbancia a 750 nm;
 B es la pendiente de la recta de calibración (0.0023);
 X es la concentración de ácido gálico $\frac{Abs}{mg\ AG/L}$;
 A es el intercepto (0.0235).

Para el cálculo de polifenoles totales se usa la ecuación 2 basado en el método de Folin-Ciocalteu.

$$PFT \left(\frac{mg\ EAG}{100\ g} \right) = \frac{X*V*FD*100}{1000} \quad (2)$$

donde

- PFT son los polifenoles totales;
 X es la concentración;
 V es el volumen;
 FD es el factor de dilución.

4.4.4 Capacidad antioxidante

Para determinar la capacidad antioxidante se usó el método de Método DPPH (2,2-difenil-1-picrihidrazilo). Para lo cual, se preparó una solución de DPPH pesando 9.858 mg del radical y disolviéndolo en 100 mL de metanol al 80 %, la mezcla se agitó con ayuda de una barra magnética hasta su completa disolución, posteriormente se aforo en una fiola de 250 mL con metanol, la solución se protegió de la luz cubriéndola con papel aluminio.

Para la determinación de la capacidad antioxidante se usó, en tubos de ensayo a los cuales se añadió 180 μ L de extracto metanólico de las muestras e incorporo 2.9 mL de la solución de DPPH, la mezcla se agito y se dejó en reposo durante 30 minutos. transcurrido el tiempo se realizó la lectura de absorbancia a 517 nm. con un Espectrofotómetro UV-VisThermo Scietific GENESYS 10S.

a) Elaboración de Curva de calibración para determina la capacidad antioxidante del berro

Las lecturas de capacidad antioxidante de la muestra requieren de una curva estándar de calibración par el cual se usa solución trolox que se prepara del siguiente modo se pesó 25.03 mg y disolviendo en 100 mL de metanol al 80%.



A partir de esta, se prepararon diferentes concentraciones: 50, 100, 200, 400, 600 y 800 μM Trolox.

Cada concentración de trolox se colocó en tubos de ensayo 180 μL y se añadieron 2.9 mL de solución DPPH, las muestras se mantuvieron en reposo por 30 minutos, finalmente se midieron las absorbancias a 517 nm de longitud de onda.

Tabla 7 — Curva patrón trolox.

Concentración $\mu\text{MTrolox}$	Absorbancia a 517 nm
50	1.017
100	0.947
200	0.815
400	0.566
600	0.332
800	0.074

La tabla 7 muestra las concentraciones de trolox con sus respectivas absorbancias generando la ecuación de la curva de calibración.

$$y = -0.0012X + 1.0716$$

$$R^2 = 0.9997$$

La capacidad antioxidante del berro se determinó con la siguiente ecuación:

$$y = AX + B \quad (3)$$

donde

- y es la absorbancia medida a 517 nm;
- A es la pendiente de la recta de calibración;
- X es la concentración;
- B es el intercepto.

$$CA \left(\frac{\mu\text{g E Trolox}}{\text{mL}} \right) = X * 0.25 * V * FD \quad (4)$$

donde

- PFT son los polifenoles totales;
- X es la concentración;
- V es el volumen del extracto;

FD es el factor de dilución.

4.4.5 Determinación de contenido de hierro

El contenido de hierro se determinó mediante el método espectrofotométrico en el rango UV-Visible usando tiocianato de potasio (KSCN), en medio ácido, el ion tiocianato (SCN^-) reacciona con el ion hierro (III) (Fe^{3+}), formando el complejo tiocianato de hierro (III), caracterizado por su coloración rojo intenso.

Para el análisis de contenido de hierro, se pesaron 5 g de harina de berro (*Nasturtium officinale*) provenientes del tamiz número 30 de cada tratamiento los cuales fueron incinerados para obtener cenizas, se realizó una digestión ácida con HCl (1:3) y unas gotas de H_2O_2 , manteniendo la mezcla a 90 °C por 1 hora hasta obtener una coloración amarilla.

Una vez fría la muestra digestada se añadió 1 mL de HCl (1:3) y 1 mL de KSCN al 20 %. cambiada el color rojo característica, la solución se aforo en una fiola de 25 mL con agua destilada, inmediatamente se midió la absorbancia con un Espectrofotómetro UV-VisThermo Scietific GENESYS 10S a una longitud de onda 460 nm.

a) Elaboración de la curva de calibración para la determinación del contenido de hierro

La curva de calibración se preparó A partir de una solución estándar de Fe^{3+} a una concentración de 100 ppm, se preparó diferentes concentraciones de 0.5 a 12 ppm como se indica en la tabla 8. Donde se determinó las absorbancias correspondió medidos en un espectrofotómetro visible a una longitud de onda de 460nm.



Tabla 8 — Curva de calibración de solución de hierro (III)

Concentración mgFe/g	Absorbancia a 460 nm
0.5	0.028
1	0.077
2	0.174
3	0.254
4	0.346
5	0.434
6	0.512
8	0.693
10	0.871
12	1.063

La ecuación de la recta de calibración obtenida fue:

$$y = 0.0889X - 0.0124$$

Con el respectivo coeficiente de determinación de $R^2 = 0.9994$

Siendo su equivalente mostrada en la ecuación 5

$$y = BX + A \quad (5)$$

donde

- y es la absorbancia medida a 460 nm;
- B es la pendiente de la recta (0.0889);
- X es la concentración;
- A es el intercepto (0.0124).

La determinación del contenido de hierro para 100 g de muestra en base seca se utilizó ecuación 6 mostrada a continuación.

$$Fe \left(\frac{mg Fe}{100 g} \right) = \frac{X * V * 100}{P_{muestra}} \quad (6)$$

donde

- X es la concentración;
- V es el volumen;
- P es el peso de la muestra en base seca.

4.5 Técnica e instrumentos

Los análisis de los polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de hierro del berro, se realizaron en los laboratorios de la UNAMBA, donde se emplearon las siguientes técnicas e instrumentos.



a) Determinación de polifenoles totales del berro

Los polifenoles totales, fueron determinados mediante el método Folin-Ciocalteau, ZULOETA et al, (2009) sus resultados fueron expresaron en mg de ácido gálico.

b) Determinación de la Capacidad antioxidante del berro

Fue realizado mediante el método DPPH (2,2 difenil-1-picrilhidrazilo), la muestra se midió su capacidad antioxidante empleándose el extracto metanólico de harina de berro.

c) Determinación de hierro

Se determinó por el método espectrofotómetro UV- Visible con KSCN. Los resultados fueron expresados mg Fe/100 g.

d) Análisis estadístico

Se empleó el software Minitab Statistical software versión 19, para analizar los datos recolectados y evaluar la existencia de diferencia significancia entre los tratamientos.

4.5.1 Materiales y utensilios del laboratorio

- Caja organizadora de plástico
- Envases de plástico
- Papel craf
- Papel aluminio
- Papel absorbente
- Campana desecadora
- Pipetas
- Buretas
- Probetas
- Vasos precipitados
- Pinzas
- Crisoles
- Placas Petri
- Piceta
- Micro pipetas
- Fiolas
- Probeta



- Matraz Erlenmeyer
- Tubos de ensayo
- Tubos falcón
- Embudo buchner
- Frascos ámbar

4.5.2 Equipos

- Balanza analítica modelo (METTLER TOLEDO)
- Estufa termostática, (MEMMERT)
- Molino de cuchillas GRINDOMIX GM200-Retsch
- Tamizador eléctrico AS 200-Retsch
- Mufla, marca LINDBERG/BLUR
- Agitador vortex VWR
- Centrifuga CENTURION SCIENTIFIC K241
- Espectrofotómetro UV-VisThermo Scietific GENESYS 10S
- Hornilla eléctrica ROBAX ACHOTT
- Agitador magnético ROBAX SCHOTT
- Campana extractora, FRONTIER DUO
- Refrigeradora BOSCH

4.5.3 Reactivos

- Agua destilada
- Agua ultra pura
- Metanol
- Folin ciucalteu 2 N (Merck)
- Carbonato de sodio
- DPPH $C_{18}H_{12}N_5O_6$
- Trolox $C_{14}H_{18}O_4$
- Ácido clorhídrico
- Ácido sulfúrico
- Hidróxido de sodio
- Tiocianato de potasio
- Peróxido de hidrogeno



4.6 Análisis estadístico

Para el análisis, se utilizó el software Minitab Statistical software versión 19 se aplicó un Diseño Completamente al azar (DCA) que involucra el factor temperatura con dos niveles (60 °C y 70 °C) y el factor tiempo con tres niveles (4, 6 y 8 horas) aplicando tres replicas 2x3x3. Sus variables de respuesta fueron, polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de hierro.

Con análisis estadístico de varianza (ANOVA) y la prueba pos hoc Tukey para su comparación de media y evaluar las diferencias significativas.

El modelo es un diseño factorial completo, con la siguiente ecuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Y= Representa la variable de respuesta como polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de hierro; μ es la media general; α y β son los efectos principales de factores temperatura y tiempo; $(\alpha\beta)_{ij}$ representa la interacción de los factores; i nivel de factor temperatura; j nivel de factor tiempo; α_i efecto del nivel de temperatura (i=1,2); β_j efecto del nivel tiempo (j = 1, 2, 3); ϵ_{ij} error experimental. k replicas.

Los resultados se expresaron como el promedio $\pm$ desviación estándar, considerando tres replicas (n=3) por tratamiento.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

Los resultados se han obtenido de acuerdo a los objetivos de investigación, para ello se utilizaron métodos para la recopilación de información de los cuales se tienen la siguiente información:

5.1.1 Determinación de Polifenoles totales en extracto metanólico de berro

En la tabla (9) se muestra los resultados obtenidos de la determinación de polifenoles totales de los 6 tratamientos expresados en mg EAG/100 g M.S.

Tabla 9 — Promedio de la cantidad de polifenoles

Tratamientos	Temperatura (°C)	Tiempo (horas)	Promedio (mg EAG/100 g M.S.)	DS	CV
T1	60	4	1405,32	26,28	1,87
T2	60	6	1347,82	13,97	1,04
T3	60	8	1647,85	9,41	0,57
T4	70	4	1500,83	20,75	1,38
T5	70	6	1511,26	31,47	2,08
T6	70	8	1461,34	20,61	1,41
NOTA DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.					

Se observó que el tratamiento T3 sometido a temperatura 60 °C y 8 horas de secado presentó mayor valor 1647,85 mg EAG/100 g M.S; en comparación con el tratamiento T2 a temperatura 60 °C y 8 horas 1347,82 mg EAG/100 g M.S. que representó el valor más bajo.

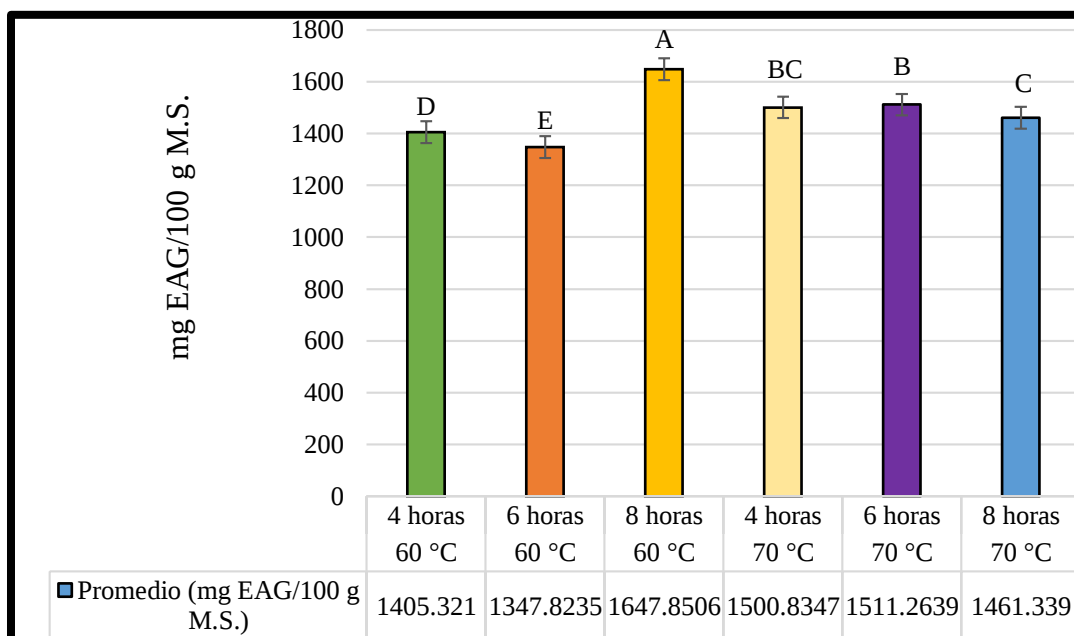


Figura 4 — Comparación de resultados de polifenoles del berro (*Nasturtium officinale*)

En la figura 4 se muestran los resultados de polifenoles totales expresados en mg EAG/100 g M.S. se observa que el valor más alto se registró a 60 °C a 8 horas, mientras que el valor más bajo correspondió a 60 °C a 6 horas

El análisis estadístico evidenció diferencias significativas de su diseño factorial 3x2, con nivel de significancia al 95% ($p < 0,05$; $\alpha = 0,05$) entre los tratamientos evaluados.

Tabla 10 — Comparación de Tukey: interacción de temperatura y tiempo de secado para polifenoles totales.

Temperatura*Tiempo	N	Media	Agrupación			
T3	4	1647,85	A			
T5	4	1511,26		B		
T4	4	1500,83		B	C	
T6	4	1461,34			C	
T1	4	1405,32				D
T2	4	1347,82				E

En la interacción de temperatura y tiempo los tratamientos T3, T1 y T2 son significativamente diferentes.

Por otro lado, los tratamientos T5, T4 y T6 no presentan diferencias significativas entre sí, también se puede observar que no existe una tendencia definida, en algunos de los tratamientos existen incrementos y de pronto una reducción.

5.1.2 Capacidad antioxidante

En la tabla 11 se observa los resultados de la capacidad antioxidante en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado con sus 6 tratamientos expresados en mg E.Trolox/100 g M.S.

Tabla 11 — Promedio de la capacidad antioxidante

Tratamientos	Temperatura (°C)	Tiempo (horas)	Promedio (mg E.Trolox/100 g M.S.)	DS	CV
T1	60	4	3123,10	11,85	0,38
T2	60	6	3152,67	11,70	0,37
T3	60	8	3194,99	5,87	0,18
T4	70	4	3125,34	7,77	0,25
T5	70	6	3173,85	1,97	0,06
T6	70	8	3124,38	20,54	0,66

NOTA
DS: desviación estándar;
CV: coeficiente de variación

El tratamiento T3 sometido a 60°C por 8 horas presenta el mayor contenido con 3194,99 mg E.Trolox/100 g M.S, como menor valor presenta tratamiento T1 sometido a 60°C por 4 horas con 3123,10 E.Trolox/100 g M.S.

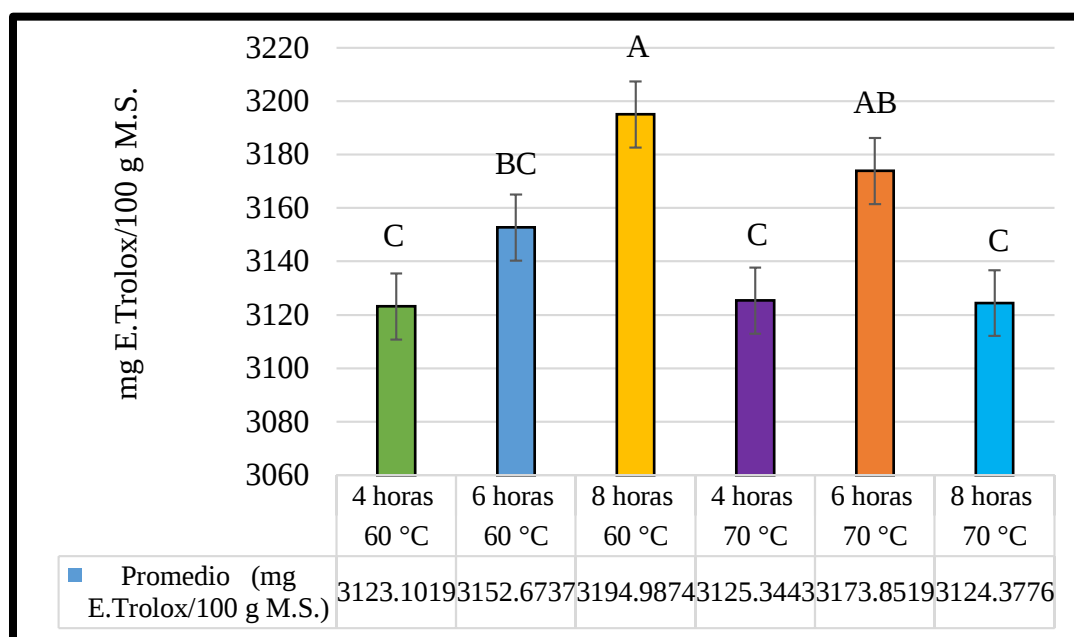


Figura 5 — Comparación de resultados de capacidad antioxidante del berro (*Nasturtium officinale*)

En la figura 5 se observó los resultados de la capacidad antioxidante expresados en mg E.Trolox/100 g M.S. el valor más alto se registró a 60 °C por 8 horas, por el contrario, los valores más bajos correspondieron a 60 °C por 4 horas.

Según las pruebas estadísticas se evidenció diferencias significativas de su diseño factorial 3x2, con nivel de significancia al 95% ($p < 0,05$; $\alpha = 0,05$) entre los tratamientos evaluados.

Tabla 12 — Comparación de Tukey: interacción de los factores temperatura y tiempo de secado para su capacidad antioxidante

Temperatura*Tiempo	N	Media	Agrupación		
T3	3	3194.99	A		
T5	3	3173.85	A	B	
T2	3	3152.67		B	C
T4	3	3125.34			C
T6	3	3124.38			C
T1	3	3123.10			C

En la interacción de temperatura y tiempo. El tratamiento de T3, es significativamente diferente comparando con los tratamientos, destacándose como el que muestra la mayor capacidad antioxidante.

El tratamiento T5 no es significativamente diferente al tratamiento de T3, pero si lo es del resto.

El tratamiento de T2 indica que no es significativamente diferente al tratamiento de T5 Horas, tampoco de los tratamientos T1, T4 y T6.

El tratamiento T4, T6 y T1 indican que no tienen diferencia significativamente diferencias entre sí, pero si con el resto de los tratamientos.

También se puede observar que no existe una tendencia definida, en algunos de los tratamientos son variables existen incrementos (T3, T5 y T2), de pronto una reducción (T4, T6 y T1).

5.1.3 Contenido de hierro

En la tabla 13 se observa los resultados del contenido de hierro en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado con sus 6 tratamientos. Expresados en mg Fe /100 g M.S.

Tabla 13 — Promedio del contenido de hierro

Tratamientos	Temperatura (°C)	Tiempo (horas)	Promedio (mg Fe /100 g M.S.)	DS	CV
T1	60	4	22,77	0,40	1,75
T2	60	6	34,07	0,47	1,37
T3	60	8	31,10	0,68	2,19
T4	70	4	22,17	0,63	2,83
T5	70	6	19,12	0,38	2,01
T6	70	8	18,50	0,41	2,22

NOTA
DS: desviación estándar;
CV: coeficiente de variación

Siendo mayor valor el tratamiento T2 sometido a 60°C durante 6 horas 34,04 mg Fe/100 g M.S como mínimo valor presenta el tratamiento T6 que se sometió a 70 °C a 8 horas alcanza el mínimo valor de 18,50 mg Fe/100 g.

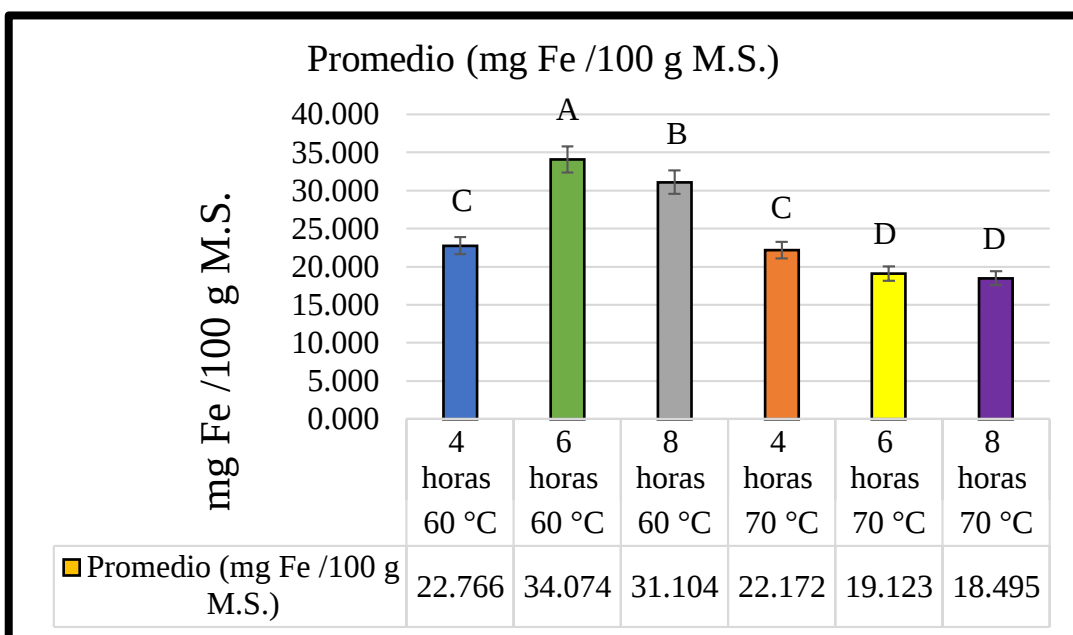


Figura 6 — Comparación de resultados de contenido de hierro del berro (*Nasturtium officinale*)

En la figura 6 se muestra los resultados dl contenido de hierro, donde se observa la diferencia entre los tratamientos.

El análisis estadístico evidenció diferencias significativas de su diseño factorial 3x2, con nivel de significancia al 95% ($p < 0,05$; $\alpha = 0,05$) entre los tratamientos evaluados.

Tabla 14 — Comparación de Tukey: Interacción de temperaturas y tiempos de secado para el contenido de hierro

Temperatura*Tiempo	N	Media	Agrupación			
T2	3	34,07	A			
T3	3	31,10		B		
T1	3	22,77			C	
T4	3	22,17			C	
T5	3	19,12				D
T6	3	18,50				D

En la interacción de temperatura y tiempo muestra que:

El tratamiento de T2, es significativamente diferente que el resto de los tratamientos más elevado en comparación con el resto.

El tratamiento a T3 significativamente diferente al resto de los tratamientos con mayor contenido de hierro, pero menor que el anterior.

Los tratamientos de T1 y T4, no son significativamente diferentes entre sí, pero si son diferentes al resto delos tratamientos.

Los tratamientos de T5 y T6, no son diferentes significativamente entre sí, a la vez con menos contenido de hierro, pero si existe diferencia con el resto de los tratamientos.

La interacción de factores, temperaturas v tiempos de secado afectan en el contenido de hierro en el berro ya que temperaturas más altas y tiempos cortos y largos afecta en el resultado

5.2 Contrastación de hipótesis

5.2.1 Hipótesis general

Las temperaturas y tiempos de secado influyen sobre los polifenoles totales, capacidad antioxidante y hierro en berro (*Nasturtium officinale*).

5.2.2 Hipótesis específicas

a) Polifenoles totales

Las temperaturas y tiempos de secado influyen en el contenido de polifenoles totales en berro (*Nasturtium officinale*).

- **H₀:** Las temperaturas y tiempos de secado no influyen en su contenido de polifenoles totales en berro (*Nasturtium officinale*) .
- **H_a:** Las temperaturas y tiempos de secado influyen en su contenido de polifenoles totales en berro (*Nasturtium officinale*).

Se rechaza la **H₀**, si **p-valor** < **α** , se acepta la **H_a**.

En relación a los polifenoles totales en berro (*Nasturtium officinale*). Los diferentes tratamientos de temperatura y tiempos de secado revelaron diferencias estadísticamente significativas. Esto confirma con el valor de la interacción temperatura *tiempo ($p=0.000$), este resultado indica que las condiciones de secado influyen de manera directa sobre el contenido de polifenoles lo que permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna.

b) Capacidad antioxidante

Las temperaturas y tiempos de secado influyen sobre la capacidad antioxidante en berro (*Nasturtium officinale*).

- **H₀:** Las temperaturas y tiempos de secado no influyen en la capacidad antioxidante en berro (*Nasturtium officinale*).
- **H_a:** Las temperaturas y tiempos de secado si influyen en la capacidad antioxidante en berro (*Nasturtium officinale*) son diferentes.



Se rechaza la **H₀**, si **p-valor** < **α** , se acepta la **H_a**.

Con respecto a la capacidad antioxidante en berro (*Nasturtium officinale*), los tratamientos aplicados con diferentes temperaturas y tiempos de secado mostraron diferencias estadísticamente significativas. Esto se evidencia en el valor de la interacción temperatura *tiempo ($p=0,000$), demostrando que las condiciones de secado influyen directamente en la capacidad antioxidante, este resultado confirma el rechazo de la hipótesis nula y a la aceptación de la hipótesis alterna, ver tabla (24).

c) Contenido de hierro

Las temperaturas y tiempos de secado influyen sobre el contenido de hierro en berro (*Nasturtium officinale*).

- **H₀**: las temperaturas y tiempos de secado no influyen en su contenido de hierro en berro (*Nasturtium officinale*).
- **H_a**: Las temperaturas y tiempos de secado si influyen en su contenido de hierro en berro (*Nasturtium officinale*).

Se rechaza la **H₀**, si **p-valor** < **α** , se acepta la **H_a**.

El contenido de hierro en berro (*Nasturtium officinale*), los tratamientos aplicados a diferentes temperaturas y tiempos de secado mostraron diferencias estadísticamente significativas, esto evidencia en el valor de la interacción de temperatura *tiempo ($p=0,000$), este resultado conduce al rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alterna confirmando que las condiciones de secado influyen directamente en la concentración del hierro, ver tabla (26).

5.3 Discusión de los resultados

5.3.1 Polifenoles totales en el berro

Los polifenoles totales del berro (*Nasturtium officinale*), varia significativamente según la temperatura y el tiempo de secado, 60 °C a 4 horas, 6 horas y 8 horas, presenta resultados de 1405,32 mg EAG/100 g M.S., 1347.82 mg EAG/100 g M.S. y 1647,85 mg EAG/100 g M.S respectivamente. Mientras que para los tratamientos 70 °C a 4 horas, 6 horas y 8 horas, dan como resultado 1500,83 mg EAG/100 g M.S.,



1511,26 mg EAG/100 g M.S. y 1461,34 mg EAG/100 g M.S. el contenido de polifenoles a 60 °C disminuye ligeramente en los tiempo de 4 y 6 horas, posiblemente ocurre una oxidación, pero aumenta a las 8 horas, podría ser a que las temperaturas moderadas y un tiempo largo permita mejor concentración de polifenoles, por otro lado a 70 °C por 4 horas y 6 horas se mantienen casi en el mismo rango, pero el de 8 horas tiende a disminuir, este comportamiento podría indicar que a temperaturas elevadas y tiempos prolongados pueden degradar los compuestos fenólicos sensibles al calor. Según DENG, et al 2013. señala que los polifenoles ligados a la matriz vegetal a mayor tiempo de exposición al calor y una temperatura moderada favorece a la liberación o preservación de los compuestos fenólicos esto se debe a la mayor descomposición de las paredes celulares. DA SILVA, et al 2013 En temperaturas bajas y tiempos prolongados esto puede generar la desactivación de enzimas oxidativas como el polifenol oxidasa responsables de su degradación de los compuestos fenólicos a lo largo del proceso de secado. Cabe señalar que MPHAHLELE, et al 2016 los vegetales de hoja verde son más sensibles al calor, donde las temperaturas más elevadas pueden deshidratar con más facilidad, pero pueden iniciar una degradación térmica de los compuestos fenólicos que son sensibles al calor, coinciden con diversos investigadores como QUE et al 2008 y CHIRINO, et al 2021 la inactivación enzimática y la degradación térmica a las temperaturas elevadas tienden a la disminución de los polifenoles. GONZALES, D., y PÉREZ, M., 2023 El reporte indica que las hojas secas de berro a temperatura ambiente presentan un contenido de polifenoles totales con 20,89 mg EAG/g de muestra, mientras las infusiones de las hojas de berro con cascara de naranja, tratadas a temperatura de 87 °C y 7 minutos, presentaron un contenido de compuestos fenólicos de 11,2 mg EAG/g de muestra.

RICO, A., 2018 La cuantificación de los metabolitos presentes en el berro muestra los niveles totales de polifenoles según el extracto del berro, el extracto acuoso presenta 568,5 mg EF/ g extracto, mientras el Acetónico con 812,75 mg EF/ g extracto y alcohólico 1680,25 mg EF/ g extracto. (miligramos equivalentes de floroglucino/gramo de extracto).

VERDUGO, M., 2012, Los contenidos de compuestos fenólicos totales de los berros que se encuentran presente son de 3,5 meq EAG/g PF^{-1} , resalta también que estos compuestos en las hortalizas pueden ser alterados por factores externos, tales como



(variedad, color, intensidad de la luz y el clima) que se encuentran expuestos a si mismo influye el manejo agronómico y las condiciones de post cosecha.

5.3.2 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado, varia significativamente en los tratamientos de 60 °C a 4 horas, 6 horas y 8 horas presenta como resultado 3123,10 mg E.Trolox/100 g M.S., 3152,67 mg E.Trolox/100 g M.S. y 3194,99 mg E.Trolox/100 g M.S., por otro lato en los tratamientos a temperaturas de 70 °C por 4 horas, 6 horas y 8 horas da como resultado 3125,34 mg E.Trolox/100 g M.S., 3173.85 (mg E.Trolox/100 g M.S.) y 3124,38 mg E.Trolox/100 g M.S., donde se observa que a los 60 °C la capacidad antioxidante, aumenta progresivamente con el tiempo puede deberse a que las temperaturas moderadas llegan a favorecer la retención de los compuestos fenólicos y glucosinalatos, sin embargo cuando se aumenta la temperaturas a 70 °C se observa que al menor tiempo 04 horas y mayor tiempo de secado 08 horas la capacidad antioxidante es menor en comparación a las 06 horas de tiempo de secado, esto puede influir que las temperaturas altas y tiempos prolongados reducen la capacidad antioxidante por la degradación térmica.

De acuerdo a VEGA, G., et al 2009, en los estudios a las hierbas aromáticas observaron que, temperaturas más altas, más rápida es la deshidratación mientras en tiempos cortos existe una retención de los antioxidantes, pero el secado durante tiempos prolongados a temperaturas elevadas influye en la disminución de compuestos bioactivos. Coinciden con NAVARRO, A., et al 2008 en su análisis observa que los cambios térmicos reducen la capacidad antioxidante por la degradación de la clorofila, los glucosinalatos, y fenoles hidrolizables del berro son sensibles a temperaturas altas, al evaluar el efecto antioxidante de berro en extractos (oleosos y etanolico) donde identifica que el extracto oleoso tiene menor capacidad antioxidante en comparación con el extracto etanolico.

GONZALES, D., y PÉREZ, M., 2023 Reporta que las hojas secas de berro a temperatura ambiente presentan su capacidad antioxidante de 282,21 uMTrolox/ml de muestra, mientras que las infusiones de las hojas de berro con cascara de naranja en las condiciones a temperatura de 87 °C y 7 minutos presentaron su actividad antioxidante con un 188,7 uM Trolox/ml.



VERDUGO, M., 2012, en su investigación reporta que el berro presenta una capacidad antioxidante de 1,547 meq T/g PF^{-1} menciona que estos compuestos pueden ser alterados por factores externos tal igual que los polifenoles.

RICO, A., 2018 La capacidad antioxidante de cada uno de los extractos de berro presenta una mayor concentración en el extracto alcohólico con 89,6 g antioxidante/ kg DPPH, seguido por acetónico con 79,31 g antioxidante/ kg DPPH.

5.3.3 Contenido de hierro

Su contenido de hierro del berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado, varía significativamente en los tratamientos de 60 °C a 4 horas, 6 horas y 8 horas presenta como resultado 22,77 mg Fe/100 g M.S., 34,07 mg Fe/100 g M.S. y 31,10 mg Fe/100 g M.S., por otro lado en los tratamientos a temperaturas de 70 °C por 4 horas, 6 horas y 8 horas da como resultado 22,17 mg Fe/100 g M.S., 19,12 mg Fe/100 g M.S. y 18,50 mg Fe/100 g M.S., donde se observa que a los 60 °C el contenido de hierro aumenta con el tiempo de secado, lo que indica que a esta temperatura si se seca por más tiempo el contenido de hierro se incrementa, sin embargo cuando se aumenta la temperatura a 70 °C se observa que la concentración de hierro se reduce a medida que el tiempo de secado va aumentando.

De acuerdo a MEDIAVILLA 2020, analiza las características fisicoquímicas y funcionales del berro (*Nasturtium officinale*) mediante una hidroponía, en diferentes estados de madurez, lo cual determina que el contenido de hierro aumenta según su etapa de madurez, la pérdida de agua durante su maduración concentra más los minerales como el hierro en su tejido vegetal: contenido de hierro en la madurez comercial 35 días 4,14 mg Fe/100 g; madurez fisiológica 42 días 4,34 mg Fe/100 g y en sobre madurez 49 días 4,75 mg Fe/100 g. a su vez, el contenido de hierro puede verse afectado por factores como, las condiciones de almacenamiento así como el proceso de secado donde interviene la temperatura y el tiempo.

PADILLA 2013 Los resultados obtenidos de la galleta con berro tiene una buena aceptación y un valor nutritivo aportando hierro en su composición, su contenido de hierro es de 21,98 mg.



MEDELLIN, M., 2021 El pH, es un factor en donde influye en la biodisponibilidad de nutrientes como es el caso del hierro, la concentración de este mineral en el desarrollo del berro muestra una concentración de 7 mL Fe/L-1 en un pH 6.0, para una mejor absorción nutritiva en las plantas se da en un pH 5.5 a 6.0 a un pH alcalino la disponibilidad nutritiva se reduce y en rangos extremos se encuentra menos disponible.

El berro se caracteriza por tener un elevado contenido de hierro y vitamina C, que contribuye al aumento de niveles en hemoglobina, VIVAS, R., 2025 en su investigación donde elabora galletas con berro y jugo de naranja, la cual ayuda a mejorar los niveles de hemoglobina en niños con edad escolar, ya que cada galleta aporta 3 mg Fe.

El secado disminuye el contenido de agua en el producto lo que concentra minerales como el hierro, mientras que en este proceso no exista lixiviación o transformación química el hierro se mantiene. KROKIDA, M., y MAROULIS, Z; 2001.

Si bien el hierro es resistente a la degradación por calor, las temperaturas altas de secado pueden afectar en la preservación del hierro así lo menciona HORNA, M., y JIMÉNEZ, J., 2020 una temperatura adecuada puede preservar la concentración de hierro, los factores como la velocidad de aire y temperatura influye en su secado y contenido de hierro. Coincide con HINCAPIE, g., et al 2010. altas temperaturas, velocidad del aire aceleran el secado, mayores a 60°C afectan negativamente sus propiedades organolépticas como la (textura, color y porosidad) y su valor nutricional de los vegetales además causan endurecimiento y encogimiento del producto.

REZETO, B., y VALDÉS, G., 2006. En algunas plantas existe una relación entre la concentración de clorofila y el hierro soluble en las hojas tanto en tejido fresco y seco, del mismo modo el pH del suelo influye en el contenido de hierro, el hierro total de las hojas y del brote no varía si las plantas tienen clorosis férrica, pero la concentración del hierro soluble si se ve afectada por la clorosis, se considera también que la solubilidad del hierro puede variar con el secado disminuyendo con ciertos tratamientos térmicos.



BARBOSA, G., et al., 2007. La desnaturalización de los componentes celulares son el resultado de las altas temperaturas sobre la estructura vegetal e interacción con el hierro, las paredes celulares y las membranas se rompen provocando liberación de los compuestos intracelulares, como ácidos orgánicos, polifenoles y enzimas , estos compuestos tienen una capacidad de interactuar con iones metálicos como el hierro (Fe^{2+} o Fe^{3+}) dando lugar a una oxidación, influyendo en cambios de color, modificación del valor nutritivo (el hierro puede quedar quelado y menos disponible).

HURREL, R., y EGLI, I., 2010. Las temperaturas altas en los vegetales favorecen la oxidación del Fe^{2+} a Fe^{3+} disminuyendo la solubilidad y la biodisponibilidad.

LOMBARDI, G., y MARTINEZ, B., 2002. El calentamiento disminuye el hierro hemo, las perdidas dependen del método de cocción y secado.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Los polifenoles totales en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado, determinado por el método Folin-Ciocalteu, alcanzo un mayor contenido en el tratamiento de 60 °C por 8 horas, alcanzando 1647,85 mg EAG/100 g M.S respectivamente. Mientras que, para el tratamiento de 70 °C el contenido máximo se observó a las 6 horas, con un valor de 1511,26 mg EAG/100 g M.S, cabe mencionar que temperaturas moderadas favorecen un mayor contenido de polifenoles, a diferencia de las temperaturas mayores y tiempos prolongados reducen la concentración.

Se logró determinar la capacidad antioxidante en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado, mediante el método DPPH. Mostro los resultados similares. El tratamiento a 60 °C por 8 horas presentó una mayor capacidad antioxidante con 3194,99 mg E.Trolox/100 g M.S. por otro lado el tratamiento a 70 °C por 6 horas obtuvo un valor de 3173,85 mg E.Trolox/100 g M.S.

Respecto al contenido de hierro en berro (*Nasturtium officinale*) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado, nos permitió identificar que el tratamiento a 60 °C por 6 horas mostro mayor contenido de hierro, con 34,07 mg Fe/100 g M.S. a diferencia de los tratamientos a 70 °C que presento una disminución en su contenido de hierro, obteniendo como la máxima concentración sometido a la 4 horas, con 22,17 mg Fe/100 g M.S., evidenciando que las temperaturas elevadas reducen la concentración de hierro en el berro.



6.2 Recomendaciones

Incorporar la harina de berro en el desarrollo de nuevos productos alimentarios para el aprovechamiento de su valor nutricional, así mismo evaluar su comportamiento en las distintas formulaciones.

Realizar una evaluación de polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de hierro del berro en muestras de diferentes pisos ecológicos y fuentes de agua.

Realizar estudios que aborden un análisis detallado de la morfología del berro (raíces, tallos, hojas y flores).

Optimizar el proceso de secado, con temperaturas intermedias.

Comparar los diferentes métodos de secado en el berro, para ver cuál de estos son mejores para su conservación de nutrientes y compuestos bioactivos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCIVAR, U., DUEÑAS, A., SACON, E., BRAVO, L., VILLANUEVA, G. Influencia de los tipos de secado para la obtención de secado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a escala piloto. *Scielo*. mayo-agosto, 2016 36 (2). ISSN:2224-6185.Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852016000200007

AUGUSTI, A. et al 2013, Análisis HPLC de compuestos polifenólicos y actividad antioxidante en *Nasturtium officinale*. *International journal of food properties*[en línea]2013, 16,61-69[fecha de consulta 10 de Mayo de 2023]. ISSN:1094-2912. Disponible en:

<https://doi.org/10.1080/10942912.2010.528111>

ALVAREZ, L., VALVERDE, A., BRICEÑO, H. Estrategia de componentes para el control de plagas y su efecto en el rendimiento y su contenido de polifenoles en fresa (*Fragaria x ananassa* duch.). *Revista Ciencia UNEMI*. 2023, 16 (42), pp. 28-34. ISSN: 2528-7737. Disponible en:

<https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol16iss42.2023pp28-34p>

AYVAR, J. Actividad antiinflamatoria y antioxidante in vitro de la porción flavonoica de las hojas de *Nasturtium officinale* R.Br “berro”. Ayacucho-2018.Tesis (Titulo de Químico Farmacéutico). Perú: Universidad San Cristóbal de Huamanga,2018.107 pp.[fecha de consulta:11 de mayo de 2023].disponible en:

http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/4227/1/TESIS%20Far511_Ayv.pdf

BABAEI, S., MUMIVAND, H., MOLLAEI, S., KHADIVI, A., Efecto de los métodos de secado sobre los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante de frutos de *Capparis spinosa* L. *BCMPlant Biol*. 2025, 25 (1) pp 133. Disponible en:[doi: 10.1186/s12870-025-06110-y](https://doi.org/10.1186/s12870-025-06110-y)

BARBOSA, G., ORTEGA, E., y YAN, H., *Food Engineering Laboratory Manual*.CRC Press. 2007

BASTOS, M., Anemia ferropénica: tratamiento. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 2009, 101 (1) pp. 70. Disponible en:

<https://scielo.isciii.es/pdf/diges/v101n1/paciente.pdf>



BELASUNDRAM, N., SUNDRAM, K., Y SAMMAN, S., Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 2006, 99, pp191-203. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.07.042.

BOCCIO, J., y MONTEIRO, J., Fortificación de alimentos con hierro y zinc: pros y contras desde un punto de vista alimenticio y nutricional. *Revista de nutrición*. 2004, 17, pp. 71-78. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732004000100008>

BOTANICAL-ONLINE. *Características del berro Nasturtium officinale*.2020. [en línea]. Disponible en: <https://www.botanical-online.com/botanica/berro-nasturtium-officinale-caracteristicas>

BRAVO, L., Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. *Nutrition Reviews*,1998, 56, 317-333.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M., BERSET, C., Uso de un método de radicales libres para evaluar la actividad antioxidante. *LWT-Food science and Tecnolgy*, 1995, 28, 1 pp 25-30.

CACERES, A., RODRIGO, J., ALVAREZ, E., RODRIGUEZ, A. Ingestión de compuestos fenólicos en la población adulta mayor. *Nutr. Hosp.* 2019, 36, 2 pp. 470-478. ISSN: 1699-5198. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112019000200470

CAPILLO, S., y ROMERO, B., *Vinagre de rabanos (Raphanus sativus), berros (Nasturtium officinale) y pimiento (Capsicum annum) y su aplicación para reducir el sobrepeso*. Tesis (para optar Título de Licenciada de Bromatología y Nutrición). Lima: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023. Disponible en: <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/9486/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CERDERO, Y., SARMIENTO, R., SELVA, A. Importancia del consumo de hierro y vitamina C para la prevención de la anemia ferropénica. *Medisan* [en línea]. Santiago de cuba 2009, 13 (6). ISSN: 1029-3019. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102930192009000600014&lng=es&nrm=iso>.



CORONADO, M., VEGA, S., GUTIÉRREZ, R., VÁZQUEZ, M., RADILLA, C., Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*. Junio 2015, 42, 2. Pp. 206-212. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v42n2/art14.pdf>

CHIRINO, S., DÍAZ, M., RUIZ, L., y GARCÍA, A., Efecto del secado térmico en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de plantas comestibles. *Revista Chilena de Nutrición*, 2021, 48,3, pp. 320–327. ISSN 0717-7518.

CREUS, E. G. Compuestos fenolicos. *Offarm*, 2004, 23, 6. Pp 80-84.

DA SILVA, F., BARBOSA, R., SOUSA, P., Efeito do tratamento térmico sobre compostos bioativos de hortaliças. *Ciência Rural*, 2013, 43,6, pp. 1010–1016. ISSN 0103-8478.

DENG, G., SHEN, C., FENG, Y., ZHANG, Y., LI, H.B. Understanding the antioxidant activities of polyphenols: From structure-activity relationships to new strategies for food preservation. *Trends in Food Science & Technology*, 2013, 332, pp.72–83.

DÍAZ, K., CASTAGNINO, A., ROSINI, M., FAVAZZO, M. Harina de hortalizas como estrategia de aprovechamiento- Parte I. *horticultura argentina*. Argentina 23 de diciembre 2021 41(104). Disponible en: <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/5mq2vrfvr>

DEL TORO, C., RUIZ, S., MARQUÉZ, E., Alimentos funcionales y compuestos bioactivos. 2015.

DURAN, E., VILLALOBOS, C., CHURIO, O., PIZARRO, F., VALENZUELA, C. encapsulación de hierro: otra estrategia para la prevención o tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro. *Rev. Chil. Nutr.* [en línea]. 2017, 44 (3) pp. 234-243. ISSN: 0717-7518. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182017000300234>

ELEJALDE, J., estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. *An. Medid. Interna*. Madrid 2001, 18, 6 pp 50-59. ISSN: 0212-7199. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-71992001000600010

ESMAIL, A. y SNAFI, A. Una revisión sobre el (*Nasturtium officinale*): una potencial planta medicinal. *IOSR journal of pharmacy*. 02 de octubre del 2020, 10(9), 33-43 pp. ISSN: 2250-3013.



ESPINOZA, S. Extracción de compuestos fenólicos de berros (*Nasturtium officinale*) asistido por ultra sonido y evaluación de sus propiedades hipoglucémicas y anti obesidad. Huancayo-2021. Tesis (Título de ingeniero en industrias alimentarias). Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2021. 105 pp. [fecha de consulta:16 de mayo de 2023]. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7095/T010_71499426_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FELLOWS, PETER. *Tcnologia del procesado de los alimentos:principios y práctica*. 2ª. Ed. Zaragoza: Acribia, 2009. ISBN 978-84-200-1143-1

Fod an Agricultural Organization of United Natios (FAO), 2013[fecha de consulta 25 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/home/es>

GERRERO OYARZÚN, M., Bioaccesibilidad de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en maqui (*Arstotelia chilensis*) secadopor convección y liofilización. Universidad Austral de Chile. 2016.

GIALLOUROU, N. ORUÑA, M., y PUERTO, N. Efectos de los métodos de procesamiento domestico sobre el contenido fotoquímico del berro (*Nasturtium officinale*). *Química de los alimentos*.01 de diciembre de 2016, 212, 411-419 pp. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.190>

GIBSON, R., Principles of nutritional assessment. 2ª Ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. ISBN 0195171691.

GÓMEZ, F., Desnutrición. *Salud pública de México*. 2003, 45, pp576-582. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v45s4/a14v45s4.pdf>

GONZALES, G.; OLAVEGOYA, P. Fisiopatología de la anemia durante el embarazo: ¿anemia o hemodilución?. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*. 2019, 65 (4), pp. 489-502. ISSN:2304-5132. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.31403/rpgo.v65i2210>

GONZALEZ, R., Biodisponibilidad del hierro. *Revista costarric. Salud publica* [en línea]. 2005, 14 (26), pp, 6-12. ISSN:1409-1429. Disponible en:



http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140914292005000100003&lng=en&nrm=iso. ISSN 1409-1429.

GONZALES, D., y PÉREZ, M., Optimización del tiempo y temperatura de infusión de berros y naranja en el contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. 2023 Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/9312>

GUIJA, H., y GUIJA, E., Radicales libres y sistema antioxidante. *Horizonte Medico*.2023, 23, 2. Disponible en: <https://doi.org/10.24265/horizmed.2023.v23n2.12>

GUTIERREZ, A., LEDESMA, L., GARCIA, I., GRAJALES, O. Capacidad antioxidante total en alimentos convencionales y regionales de Chiapas, Mexico. *Revista Cubana Salud Publica* [en línea]. 2027, 33 (1). ISSN: 1561-3127. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086434662007000100008&lng=es&nrm=iso. ISSN 1561-3127.

GROWTH MARKET REPORTS, 2025. *Watercress Market Research Report 2033: Industry Size, Share, Trends, Growth, and Forecast 2025-2033*. Report ID: FB-126273. Pune: Growth Market Reports. Disponible en: <https://growthmarketreports.com/report/watercress-market>

HALLIWELL, B. y GUTTERIDGE, J., *Free radicals in biology and medicine*. 5ta Ed. Oxford University Press 2015. ISSN: 978-0-19-871747-8

HINCAPIE, G., *et al.* Efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades funcionales de la fibra dietética presente en la citropulpa. *Revista Lasallista Investig.* [en línea]. 2010.7, 2, pp 85-93. ISSN: 1794-4449. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S179444492010000200009&lng=en&nrm=iso

HORNA, M., y JIMÉNEZ, J., Influencia de la temperatura y la velocidad de aire en la obtención de harina a partir de bazo de res (*Bos indicus*), con el máximo contenido de hierro, Jaén 2020 Tesis (Título de Ingeniero de industrias alimentarias). Perú: universidad Nacional de Jaén, 2020. 95 pp. [fecha de consulta 12 de mayo del 2025]. Disponible en: https://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/84/1/Horna_PMR_Jimenez_SJL.pdf



HURREL, R., y EGLI, I., biodisponibilidad de hierro y valores de referencia dietéticos, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2010. 91, 5, pp 1461-1467. ISSN: 0002-9165. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002916523018397>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). *Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2023, Nacional y departamental*. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1950/libro.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). *Indicadores de Resultados de los Programas Presupuestales, 2023 Encuesta Demográfica y de Salud Familiar*. 2023 [fecha de consulta: 15 de agosto de 2024]. Disponible en: [https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2023/ppr/Indicadores de Resultados de los Programas Presupuestales ENDES 2023.pdf](https://proyectos.inei.gob.pe/endes/2023/ppr/Indicadores_de_Resultados_de_los_Programas_Presupuestales_ENDES_2023.pdf)

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). *Enfermedades no Transmisibles y Transmisibles 2023*. Lima-peru. 2023. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1951/libro.pdf

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). 2011. Perú: *Hortalizas saludables: El berro [en línea]*. Tierra adentro 95. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/5253>

Instituto Nacional De Salud Del Perú. Hierro hemínico (hierro hem)-Anemia [en línea]. Lima: INS; 2024. Disponible en: <https://anemia.ins.gob.pe/node/319>

Información general y turística del Perú (INFO PERÚ). 2023. *Flora y fauna d Apurímac*. Disponible en: <https://www.iperu.org/flora-y-fauna-de-apurimac-peru>

KAUSHIL, S., y VERMA, A., Efectos en la calidad del polvo de hojas de moringa bajo diferentes condiciones de secado. *Int. J. Adv. Biochem. Res.* 2024. 8 (8), pp. 847-851 Disponible en : <https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i8k.1877>

KUNDRA, T., y MAJUMDAR, A., *Advanced Drying Technologies*. Nueva York: CRC Press. 2002. ISBN 978-0824706805.

KLIMEK, M., SZOPA, A., EKIERT, H., composición química, uso tradicional y profesional en medicina, aplicación en la protección del medio ambiente, posición en las industrias



alimentarias y cosmética y estudios biotecnológicos de berro (*Nasturtium officinale*). *Fitoterapia*, Polonia setiembre 2018, 129, p.283-292 ISSN:0367-326X, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2018.05.031>.

KROKIDA, M., y MAROULIS, Z; Estructural properties of dehydrated products during rehydration. *International Jurnal of Food Science y Technology*, 2001, 35, 5, pp 529-538. Disponible en: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00483.x>

LOMBARDI, G., MARTINEZ, B., y AGUZZI, A., Total heme and non-heme iron in raw and cooked meats. *Journal of Food Science*, 2002, 67,5, pp 1738-1741. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08715.x>

LÓPEZ, G., MENDOZA, S., CHÁVEZ, M., CAMPOS, M., CURO, W., GALINDO, J., Valoración de los beneficios nutricionales del berro (*Nasturtium officinale*). *revista de investigación e innovación científica y tecnológica GnosisWisdon*. Perú 2022. 2(2). ISSN:2789-4282. Disponible en: <https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v2i2.32>

LI, R, SHANG, H., WU, H., Cinética de la inactivación térmica de los efectos de los métodos de secado en perfil fenólico y l actividad antioxidante de las hojas de achicoria (*Cichorium intybus L.*) *Sci Rep*. 2018. 8. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27874-4>

LIN, D., XIAO, M., ZHAO, J., XING, B., LI, X., KONG, M., LI, L., ZHANG, Q., LIU, Y. Una descripcion general de los compuestos fenólicos de las plantas y su importancia en la nutrición humana y el tratamiento de la diabetes tipo 2. *Moleculs.15 de octubre 2016* 21(10),1374 Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules21101374>

LOPEZ, P., SALA, F., DE LA FUENTE, J., CONDON, S., RARO,J. Y BURGOS, J. Inactivation of peroxidase, lipoxygenase and polyphenol oxidase by manothermosonication. *Agricultural and food chemistry*.01 de febrero de 1994, 4282), 252-256 Disponible en: <https://doi.org/10.1021/jf00038a005>

MARTÍN, D., los compuestos fenólicos, un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 2018, 9, pp. 81-104. ISSN:2145-6097. Disponible en : <https://doi.org/10.22490/21456453.1968>



MARTINEZ, I., PERIAGO, M., ROS, G. significado de los compuestos fenólicos de la dieta. *Alan*. Caracas 2000, 50 1 p. 5-18 disponible en:

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000406222000000100001&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0004-0622.

MARQUEZ, J., VALDÉS, A., GARCIA, C., RODRIGUEZ, H., GAMBOA, J., LUNA, H., valoración de los efectos sinérgicos de cromo, plomo durante el proceso de fitorremediación con berro (*Nasturtium officinale*) en un humedal artificial. *Biotechnia*, 2020 22(2), p. 171-178. ISSN. 1665-1456. Disponible en: <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v22i2.1259>

MEDIAVILLA, G. Evaluación del estado de madurez, temperatura de almacenamiento y tipo de envase sobre las propiedades funcionales de berro (*Nasturtium officinale*), Ibarra- enero del 2020. Tesis (Título de ingeniero Agroindustrial). Ecuador: Universidad Técnica del Norte, 2020. 100 pp. [fecha de consulta 24 de enero del 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10118>

MEDELLIN, M., Caracterización agronómica de berro (*Nasturtium officinale*) y respuesta a diferentes soluciones nutritivas en un sistema hidropónico. Cuernavaca-noviembre de 2021. Tesis (Título de Doctor en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural) Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 132 pp. Disponible en: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2002/MEMMXG00T.pdf?s>

MINISTERIO DEL AMBIENTE. Biodiversidad de los ecosistemas y su relación con el cambio climático. Lima:CONCYTEC, 2020. Disponible en: https://portal.concytec.gob.pe/images/publicaciones/libro_biodiversidad_valbio_oct.pdf

MOUSALLI, G., Métodos de investigación cuantitativa. 2015. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/GloriaMousalli/publication/303895876_Metodos_y_Disenos_de_Investigacion_Cuantitativa/links/575b200a08ae414b8e4677f3/Metodos-y-Disenos-de-Investigacion-Cuantitativa.pdf

MUJUMDAR, ARUN., Classifications and applications of drying processes. *Drying Technology*, 2000, 18, 9 pp. 1865-1886. DOI: 10.1080/07373930008917761.

MUJUMDAR, ARUN., Handbook of Industrial Drying. 4ª Ed. Boca Raton: CRC Press, 2014. ISBN 978-1-4665-8515-0



MPHATHLELE, R., FEYZIOĞLU, A., FAWOLE, O., OYEDUN, A., OYENIRAN, B., OLUWAFEMI, O., FISCHER, G. Effect of drying methods on the retention of phytochemicals and antioxidant activity in African indigenous leafy vegetables (ALVs). *Food Science and Technology International*, 2016, 22, 7, pp. 590–600.

NAVARRO, A., *et al.* Evaluación de la capacidad antioxidante del berro (*Nasturtium officinale*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 2008. 74, 1, pp. 40-45. ISSN 1810-634X.

Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_isoref&pid=S1810634X2008000100005&lng=es&tlng=es

Organización Mundial de la Salud(OMS). *Informe sobre la Situación Mundial de las Enfermedades no Transmisibles 2014*. Disponible en:

https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/149296/WHO_NMH_NVI_15.1_spa.pdf

Organización Mundial de la Salud (OMS). *Alimentación sana* 2018. Disponible en:

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2019. roma: *el estado mundial de la agricultura y la alimentación-procesos en la lucha contra la pérdida y desperdicios de alimentos*. ISSN:0251-1371, disponible en:

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2120f787-5a49-41f5-a9fb-f4ceaac98b2c/content>

PADILLA, M. Evaluación del potencial nutritivo y nutracéutico de galletas elaboradas con berro (*Nasturtium officinale*) deshidratado como colorante y saborizante. Riobamba- 2013. Tesis (Título de Bioquímico farmacéutico). Ecuador: Escuela superior politécnica de Chimborazo, 2013. 90 pp. [fecha de consulta 12 de mayo del 2025].

PÉREZ, M., DURANTE, M., CASTAGNINO, A., DIAS, K., ROSINI, R. Factibilidad Técnica y Económica de la elaboración de espárragos (*Asparagus officinalis* var. *Altilis* L.) Deshidratados en Polvo como Alternativa Agroindustrial de Aprovechamiento del descarte. *Horticultura Argentina*. Argentina 2019 38(97) ISSN:1851-9342.



PEÑARRIETA, J.; TEJEDA, L., MOLLINEDO, P; VILA, J.; BRAVO, J. Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. Revista Boliviana de Química, 2014, vol. 31, no. 2, pp. 68–81. ISSN 0250-5460. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339682006.pdf>.

PICHMONY, E. *et al* 2017. Evaluación de la calidad nutricional y parámetros de color del berro seco convectivo (*Nasturtium officinale*). *Food processing and preservation*. 23 de Agosto de 2017, 12(2),13459. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13459>

PULIDO, R., BRAVO, L., y SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant Activity of Dietary Polyphenols As Determined by a Modified Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Madrid 2000, 48, 8 pp 3396-3402.

QUE, F., MAO, L., FAN, L., et al., Effects of drying methods on the antioxidant properties of fruits and vegetables: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 2008, 19,9, pp. 484–493. ISSN 0924-2244.

RAMIREZ, A. y PACHECO, E. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenida de piña, guayaba y guanábana. INCI. Abril 2009, 34(4), 293-298pp. ISSN:0378-1844. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000400014

RATTI, C., Hot air freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*. 2001, 49 4. Pp.311-319. DOI 10.1016/S0260-8774(00)00228-4.

RICO, A., *Caracterización del principio activo hipoglucemiante del berro (Nasturtium officinale)*. Mexico-2018. Tesis de maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Disponible en: http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/3007/FCM_B-R-M-2018-1164.pdf?sequence=1&isAllowed=y

RAZETO, B., y VALDÉS, G., Analisis de hierrosoluble en tegidos para diagnosticar deficiencia de hierro en nectarina. *Agrícola, tecnología*. [en línea]. 2006, 66, 2, pp.66. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072006000200012>



RODRIGUEZ, T., PEÑA M., GÓMEZ N., SANTISTEBAN Y., HERNÁNDEZ M. Estrés oxidativo: genética, dieta y desarrollo de enfermedades. *Correo científico medico*. [en línea]. Octubre-diciembre, 2015 19(4), [fecha de consulta: 09 de mayo de 2023].ISSN:1560-4381. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1560-43812015000400009

RUI M.S. CRUZ, MARGARIDA C. VIEIRA, CRISTINA L.M. SILVA, Effect of heat and thermosonication treatments on watercress (*Nasturtium officinale*) vitamin C degradation kinetics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. Octubre 2008, 9(4),483-488. ISSN 1466-8564. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.10.005>

SÁNCHEZ VEGA, I., Plantas alimenticias andinas: estudio etnobotánica y agroecológico. Lima: 2011. CONCYTEC/Universidad Nacional Agraria la Molina. ISBN 978-9972-9733-2-2.

SENA, A., *et al.* Análisis comparativo de los métodos para la detección de paracitos en las hortalizas para el consumo humano. *Revista Cubana de Medicina Tropical* [en línea]. La habana 2010, 62 (1).pp 24-34.ISSN. 1561-3054. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602010000100004&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1561-3054

SILVEIRA, A., ARANEDA, C., HIOJOSA, A., y ESCALONA, V. Efecto del envasado en atmósfera modificada no convencional sobre la calidad de los berros frescos cortados (*Nasturtium officinale* R.Br.). *Postharvest Biology and Technology*. Junio de 2014, 92, 114-120 ISSN: 0925-5214. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.12.012>

SINGLETON, V.L., ORTHOFER, R. y LAMUELA-RAVENTÓS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 1999, vol. 299, pp. 152–178. ISBN 9780121822002. DOI: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1.

SOARES, A., CARMO, G., QUENTAL, D., NASCIMENTO, D., BEZERRA, F., MORAES, M., & MORAES, M., Evaluacion de la seguridad clínica de un medicamento a base de hierbas que contiene Mikania glomerata, Grindelia robusta, Copaifera officinalis, Myroxilon toluifera, *Nasturtium officinale*, propoleo y miel en voluntarios sanos. *Revista brasileira de*



farmacognosia, Brasil 2006, 16, p.447-454. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2006000400002>

SHIVAPRIYA MANCHALI, KOTAMBALLI N. CHIDAMBARA MURTHY. Datos cruciales sobre los beneficios para la salud de las verduras crucíferas populares. *Diario de los alimentos* Enero,2012 4(1),94-106.ISSN: <http://doi.org/10.1016/j.jff.2011.08.004>

SMITH, J., Disponibilidad del hierro en suelos y la absorción por las plantas. Editorial Científica, lima Perú, 2025

SVARCH, E. Anemia por deficiencia de hierro en el lactante. *Revista cubana de pediatría*. [en línea]. La habana 2015 87(4) p. 395-398. ISSN: 1561-3119. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S003475312015000400001&script=sci_arttext&tlng=en

TOLEDO, R., Fundamentals of Food Process Engineering 3^a Ed. New York: Springer. 2007. ISBN 978-0-387-23497-6.

TOVAR BARRIENTOS, S. Efecto de la temperatura de secado en los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante del níspero (*Mespilus germania*). Tesis para optar título de ingeniero en Industrias alimentarias. Universidad Nacional del Centro del Perú.2018. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4787/Tovar%20Barrientos.pdf>

TOXQUI, L., COURTOIS, V., BASTIDA, S., SÁNCHEZ, F., VAQUERO, M. Deficiencia y sobrecarga de hierro: implicaciones en el estado oxidativo y la salud cardiovascular. *Nutrición hospitalaria*, 2010, 25 (3), pp. 350-365. ISSN: 0212-1611. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v25n3/revision3.pdf>

URRIALDE, R., *et al.* Compuestos bioactivos de origen vegetal: desarrollados de nuevos alimentos. *Nutr. Hosp.* [en línea]. 2022, 39 (3), pp.8-11. ISSN:1699-5198. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.20960/nh.04302>

VEGA MERCADO, H., GONGORA NIETO, M., BARBOSA CÁNOVAS, G. Advances in dehydration of foods. *Jurnalof Food Engineering*, 2001,49, 4 pp. 271-289. DOI: 10.1016/S0260-8774(00)00224-7.



VENEREO, J., Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. Rev. Cubana de medicina Militar. Habana 2002, 31, 2, pp. 126-133. ISSN:1561-3046. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S013865572002000200009&lng=es&nrm=iso

VEGA GÁLVEZ, A., DI SCALA, K., RODRÍGUEZ, K., LÓPEZ, J., PIZARRO, C., LEMUS-MONDACA, R. Effect of air-drying temperature on physicochemical properties, antioxidant capacity, color and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 2009, 117, 4 pp. 647–653.

VERDUGO, A., *Efectos de diferentes sanitizantes sobre las características microbiológicas, composición química y calidad sensorial de berros almacenados bajo condiciones de atmósfera modificada*. Universidad de Chile, Santiago, Chile, 2012. Tesis optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo Mención Agroindustria. Disponible en:

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/151148>

VILLENAS, P. *et al* Efectos de los diferentes sanitizantes en la calidad microbiológica de berres (*Nasturtium officinale*) envasados en atmosfera modificada. *Revista iberoamericana de tecnología postcosecha*. 2010, 11(2), 214-220 pp. ISSN: 1665-0204. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/813/81315809014.pdf>

VIVAS, R., Efecto de la galleta de berro y jugo de naranja sobre la concentración de hemoglobina en escolares de una institución Educativa de nivel primario Lima-Perú 2024. Tesis (Título de Medico Cirujano) Perú. Universidad Nacional Federico Villareal, 2025. 55 pp. Disponible en:

<https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/10312/VIVAS%20VERGARA%20RICARDO%20NICOLAS%20-%20FMHU.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PADILLA, M. Evaluación del potencial nutritivo y nutracéutico de galletas elaboradas con berro (*Nasturtium officinale*) deshidratado como colorante y saborizante. Riobamba- 2013. Tesis (Título de Bioquímico farmacéutico). Ecuador: Escuela superior politécnica de Chimborazo, 2013. 90 pp. [fecha de consulta 12 de mayo del 2025].



XIAO, H., PAN, Z., ZHEN, L., EL, H., HAI, X., MUJUNDAR, A., JIANG, Z, ZHANG, Q.,
Desarrollo y tendencias recientes en el escaldado térmico: una revisión exhaustiva. *Information Processing in Agriculture*. 2017. 4 2 pp 101-127.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.02.001>

YAZDANPARAST, R., BAHRAMIKIA, S. y ARDESTANI, A. *Nasturtium officinale* reduces oxidative stress and enhances antioxidant capacity in hypercholesterolaemic rats. *Chemico-Biological Interactions*. 15 de abril del 2008, 172(3), 176-184pp, ISSN:0009-2797. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009279708000562>)

ZEB, A. Perfil fenólico y potencial antioxidante del berro silvestre (*Nasturtium officinale*). *Springer plus*. 24 de noviembre del 2015, 4,714. ISSN: <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1514-5>

ZAREI, M., SAHRAGARD, A. y MOHAMMAD-ZADEXH, M., A narrative review on therapeutic potentials of watercress (*Nasturtium officinale*) in traditional and modern medicine. *Journal of Pharmacopuncture*. 2021, 20 (2), 52-64 pp. Disponible en: doi:10.3831/KPI.2021.24.2.52



ANEXOS



Anexo A

Tabla 15 — Matriz de consistencia

Título: Polifenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de hierro en berro (<i>Nasturtium officinale</i>) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado					
Problema general	Objetivos	Constructo(s)		Índice	Enfoque y diseño metodológico
		Categoría o variable	Subcategorías o dimensión		
Pregunta general	Objetivo general	Independiente	Indicador		
• ¿Cómo afectan las diferentes temperaturas y tiempos de secado sobre el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y hierro en berro (<i>Nasturtium officinale</i>)?	• Determinar el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y hierro en berro (<i>Nasturtium officinale</i>) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado.	Temperaturas	Temperatura de secado	°C	Método de secado
		tiempos	Tiempo de secado	Horas	
Pregunta específicos	Objetivos específicos	Dependientes			
• ¿Cómo afecta las temperaturas y tiempos de secado sobre el contenido de polifenoles totales del berro (<i>Nasturtium officinale</i>)?	• Determinar el contenido de polifenoles totales en berro (<i>Nasturtium officinale</i>) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado.	Polifenoles totales.		(mg Eq AG/100 g)	Espectrofotometría UV-Visible

• ¿Cómo afecta las temperaturas y tiempos de secado sobre la capacidad antioxidante del berro (<i>Nasturtium officinale</i>)?	• Determinar la capacidad antioxidante en berro (<i>Nasturtium officinale</i>) tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado.	Capacidad antioxidante		(mg Eq Trolox /100 g)	
• ¿Cómo afecta las temperaturas y tiempos de secado sobre el contenido de hierro del berro (<i>Nasturtium officinale</i>)?.	• Determinar y contenido de hierro en berro (<i>Nasturtium officinale</i>) tratados a diferentes temperatura y tiempos de secado.	Contenido de hierro		(mg /100 g)M.S	

Anexo B

POLIFENOLOS TOTALES							
TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (horas)	REPLICAS	ABSORBANCIA	$y = 0.0023x + 0.0235$ CONCENTRACION	HUMEDAD	Materia Seca	PROMEDIO
			A	mgEAG/L	%	mg EAG/100 g M.S.	mg EAG/100 g M.S.
60	4	R1	0.355	144.13	7.42	1401.09	1405.32
	4	R2	0.353	143.26	7.42	1392.64	
	4	R3	0.351	142.39	7.42	1384.19	
	4	R4	0.365	148.48	7.42	1443.36	
60	6	R5	0.340	137.61	7.46	1338.31	1347.82
	6	R6	0.339	137.17	7.46	1334.08	
	6	R7	0.346	140.22	7.46	1363.68	
	6	R8	0.344	139.35	7.46	1355.22	
60	8	R9	0.409	167.61	7.80	1636.18	1647.85
	8	R10	0.411	168.48	7.80	1644.67	
	8	R11	0.413	169.35	7.80	1653.16	
	8	R12	0.414	169.78	7.80	1657.40	
70	4	R13	0.386	157.61	7.12	1527.17	1500.83
	4	R14	0.374	152.39	7.12	1476.61	
	4	R15	0.379	154.57	7.12	1497.67	
	4	R16	0.380	155.00	7.12	1501.89	
70	6	R17	0.380	155.00	8.41	1523.01	1511.26
	6	R18	0.369	150.22	8.41	1476.02	
	6	R19	0.386	157.61	8.41	1548.64	
	6	R20	0.374	152.39	8.41	1497.38	
70	8	R21	0.370	150.65	8.29	1478.41	1461.34
	8	R22	0.367	149.35	8.29	1465.61	
	8	R23	0.368	149.78	8.29	1469.87	
	8	R24	0.359	145.87	8.29	1431.47	
T. ambiente	168	R1	0.404	165.43	8.38	1625.06	1636.80
		R2	0.405	165.87	8.38	1629.33	
		R3	0.405	165.87	8.38	1629.33	
		R4	0.413	169.35	8.38	1663.49	
Berro fresco		R1	0.268	106.30	89.24	8892.62	8728.95
		R2	0.264	104.57	89.24	8747.14	
		R3	0.267	105.87	89.24	8856.25	
		R4	0.255	100.65	89.24	8419.80	

Figura 7 — Resultados de polifenoles totales de acuerdo a lmetodo Folin-Ciocalteu

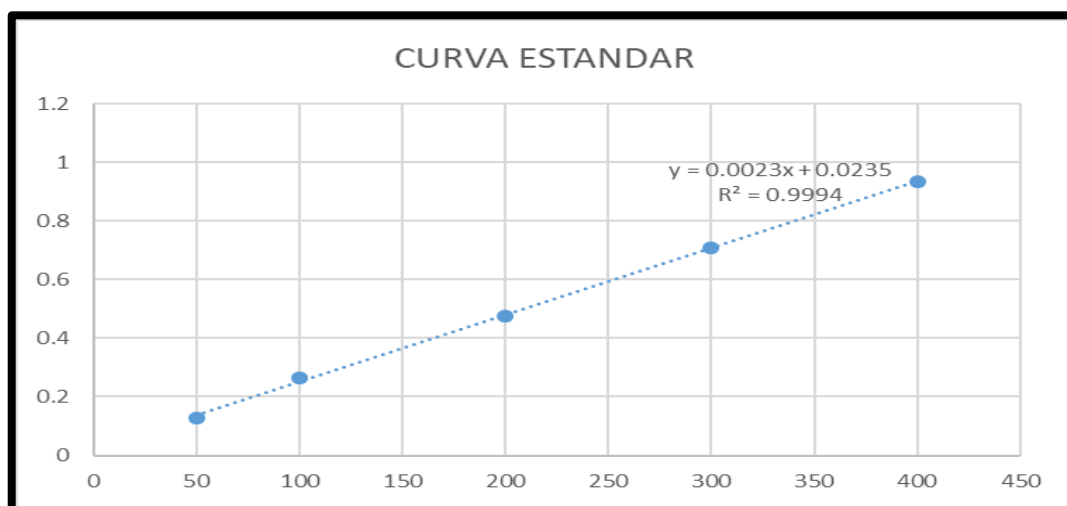


Figura 8 — Curva de calibración para la cuantificación de los polifenoles totales

B.1 Prueba de normalidad y homocedasticidad de residuos en los polifenoles totales

a) Normalidad de residuos

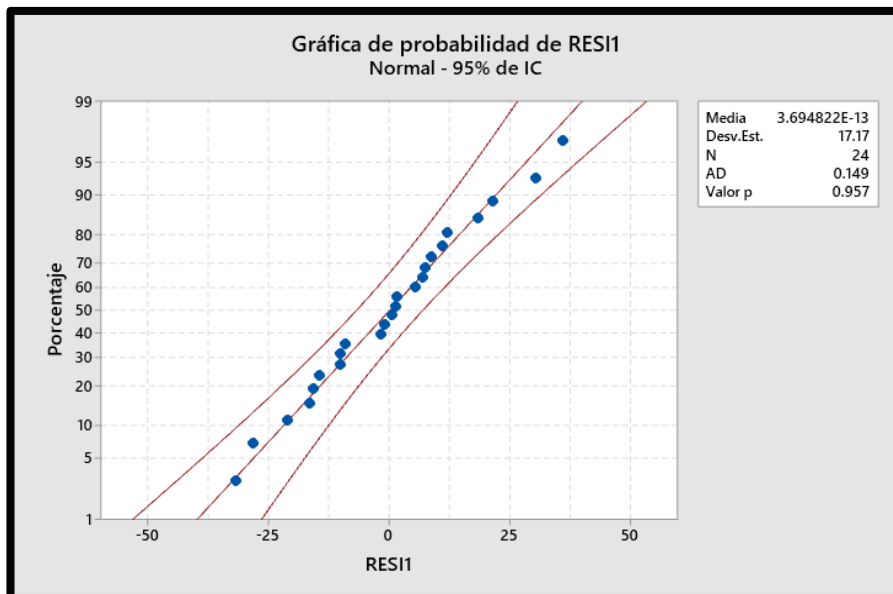


Figura 9 — Normalidad de residuos para polifenoles totales (Minitab Statistical software versión 19)

b) Prueba de homogenidad de varianzas

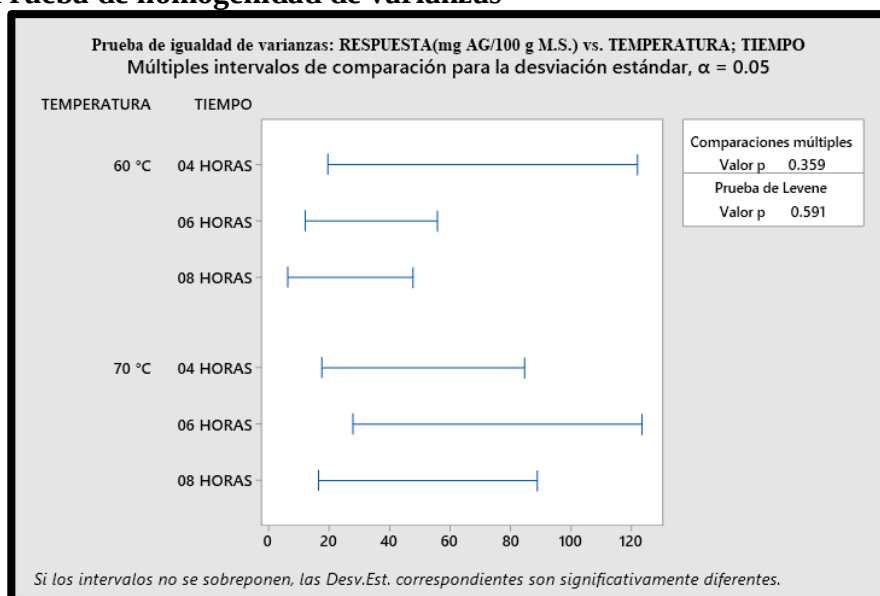


Figura 10 — Prueba de igualdad de varianzas para polifenoles totales (Minitab Statistical software versión 19)

Tabla 16 — Análisis de varianza de polifenoles totales tratados a diferentes temperaturas y tiempo de secado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	213580	26697.5	59.04	0.000
Bloques	3	1676	558.8	1.24	0.332
Lineal	3	74158	24719.4	54.66	0.000
Temperatura	1	3499	3498.6	7.74	0.014
Tiempo	2	70660	35329.8	78.13	0.000
Interacciones de 2 términos	2	137746	68872.9	152.31	0.000
Temperatura*Tiempo	2	137746	68872.9	152.31	0.000
Error	15	6783	452.2	-	-
Total	23	220363	-	-	-

Tabla 17 — Comparaciones de Tukey: temperatura de secado para polifenoles totales

Temperatura	N	Media	Agrupación	
70 °C	12	1491,15	A	
60 °C	12	1467,00		B

Tabla 18 — Comparaciones de Tukey: tiempo de secado para polifenoles totales

Tiempo	N	Media	Agrupación	
8 horas	8	1554,59	A	
4 horas	8	1453,08		B
6 horas	8	1429,54		B

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE							
TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (Horas)	REPLICAS	ABSORBANCIA	$y = -0.0012x + 1.0716$	HUMEDAD	MATERIA SECA	PROMEDIO
				CONCENTRACIÓN			
			A	uMol Trolox/g	%	(mg Etrolox/ 100 g MS)	(mg Etrolox/ 100 g MS)
60	4	R1	0.150	768.00	7.42	3110.73	3123.10
	4	R2	0.146	771.33	7.42	3124.23	
	4	R3	0.143	773.83	7.42	3134.35	
60	6	R4	0.136	779.67	7.46	3159.43	3152.67
	6	R5	0.136	779.67	7.46	3159.43	
	6	R6	0.142	774.67	7.46	3139.17	
60	8	R7	0.128	786.33	7.80	3198.38	3194.99
	8	R8	0.131	783.83	7.80	3188.21	
	8	R9	0.128	786.33	7.80	3198.38	
70	4	R10	0.140	776.33	7.12	3134.32	3125.34
	4	R11	0.144	773.00	7.12	3120.86	
	4	R12	0.144	773.00	7.12	3120.86	
70	6	R13	0.141	775.50	8.41	3174.99	3173.85
	6	R14	0.141	775.50	8.41	3174.99	
	6	R15	0.142	774.67	8.41	3171.58	
70	8	R16	0.154	764.67	8.29	3126.65	3124.38
	8	R17	0.161	758.83	8.29	3102.80	
	8	R18	0.149	768.83	8.29	3143.69	
T. ambiente	168	R1	0.155	763.83	8.38	3126.29	3128.56
		R2	0.153	765.50	8.38	3133.11	
		R3	0.155	763.83	8.38	3126.29	
Berro fresco		R1	0.507	470.50	89.24	16399.37	16302.55
		R2	0.511	467.17	89.24	16283.18	
		R3	0.513	465.50	89.24	16225.09	

Figura 11 — Resultados de la capacidad antioxidante de acuerdo al método DPPH

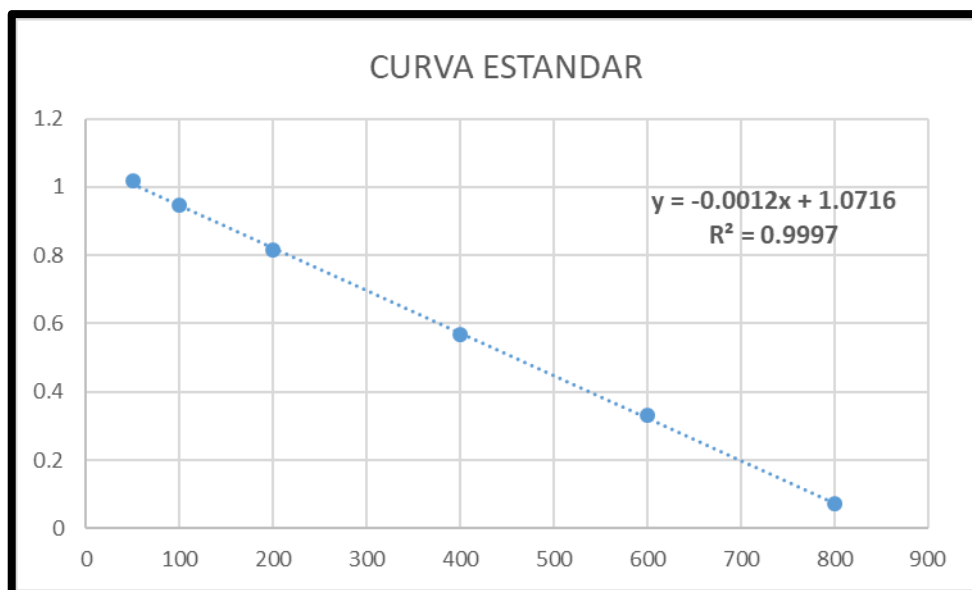


Figura 12 — Curva de calibración para la cuantificación de la capacidad antioxidante

B.2 Prueba de normalidad y homocedasticidad de residuos en la capacidad antioxidante

a) Prueba de normalidad

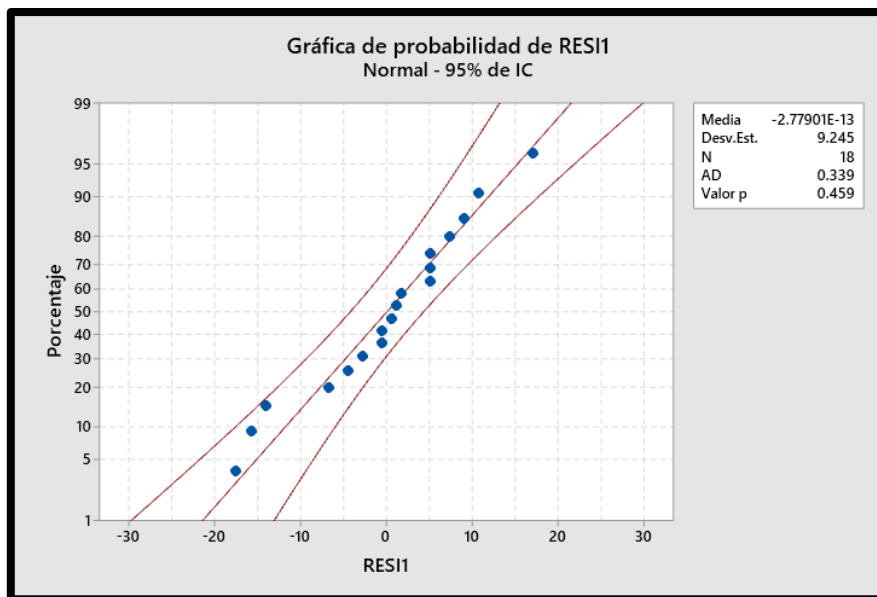


Figura 13— Normalidad de residuos para capacidad antioxidante (Minitab Statistical software versión 19)

b) Prueba de homogenidad de varianzas

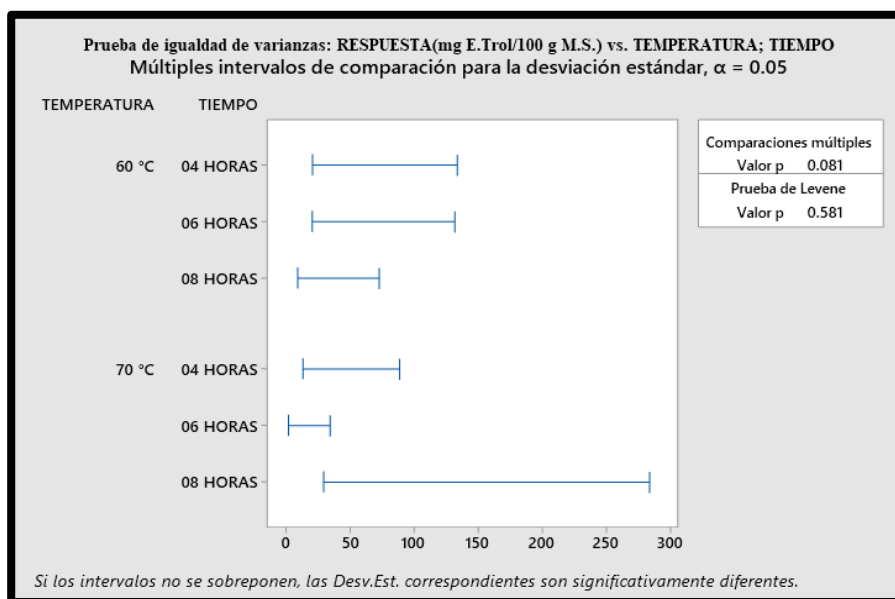


Figura 14 — Prueba de igualdad de varianzas para capacidad antioxidante (Minitab Statistical software versión 19)

Tabla 19 — Análisis de varianza de la capacidad antioxidante en berro tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado

Fuente	GL	SC A just.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	13890,5	1984,36	13.66	0.000
Bloques	2	143,0	71,50	0.49	0.625
Lineal	3	6702,0	2233,99	15.38	0.000
Temperatura	1	1113,4	1113,41	7.66	0.020
Tiempo	2	5588,6	2794,29	19.23	0.000
Interacciones de 2 términos	2	7045,5	3522,76	24.25	0.000
Temperatura*Tiempo	2	7045,5	3522,76	24.25	0.000
Error	10	1452,8	145,28	-	-
Total	17	15343,3	-	-	-

Tabla 20 — Comparación de Tukey: temperatura de secado para la capacidad antioxidante

Temperatura	N	Media	Agrupación	
60 °C	9	3156.92	A	
70 °C	9	3141.19		B

Tabla 21 — Comparación de Tukey: tiempo de secado para la capacidad antioxidante

Tiempo	N	Media	Agrupación	
6 horas	6	3163.26	A	
8 horas	6	3159.68	A	
4 horas	6	3124.22		B

CONTENIDO DE HIERRO							
TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (Horas)	REPLICAS	PESO MUESTRA	$y = 0.0889x - 0.0124$ ABSORBANCIA		HUMEDAD	
			g	A	mg Fe/L	%	mg Fe/100 g M.S
60	4	R1	0.6001	0.440	5.0889	7.4139	22.8977
	4	R2	0.6003	0.428	4.9539	7.5646	22.3192
	4	R3	0.6001	0.444	5.1372	7.2728	23.0801
60	6	R4	0.6006	0.650	7.4511	7.5446	33.5460
	6	R5	0.6001	0.663	7.6007	7.5082	34.2346
	6	R6	0.6001	0.669	7.6614	7.3256	34.4402
60	8	R7	0.6006	0.593	6.8133	8.1280	30.8693
	8	R8	0.6001	0.616	7.0720	7.5577	31.8704
	8	R9	0.6001	0.590	6.7717	7.7288	30.5735
70	4	R10	0.6002	0.439	5.0810	7.0900	22.7787
	4	R11	0.6005	0.415	4.8043	7.0854	21.5264
	4	R12	0.6003	0.428	4.9505	7.1753	22.2105
70	6	R13	0.6003	0.367	4.2711	8.2584	19.3885
	6	R14	0.6005	0.353	4.1102	8.4079	18.6825
	6	R15	0.6003	0.364	4.2373	8.5494	19.2965
70	8	R16	0.6002	0.349	4.0686	8.2879	18.4784
	8	R17	0.6003	0.342	3.9831	8.3221	18.0939
	8	R18	0.6003	0.358	4.1665	8.2550	18.9129
T. ambiente	168	R1	0.6001	0.440	5.0889	8.3778	23.1386
		R2	0.6003	0.428	4.9539	8.3778	22.5173
		R3	0.6001	0.444	5.1339	8.3778	23.3432
Berro fresco		R1	10.0024	0.688	7.8785	89.2412	18.3027
		R2	10.0085	0.665	7.6198	89.2412	17.6909
		R3	10.0060	0.677	7.7548	89.2412	18.0088

Figura 15 — Resultados del contenido de hierro

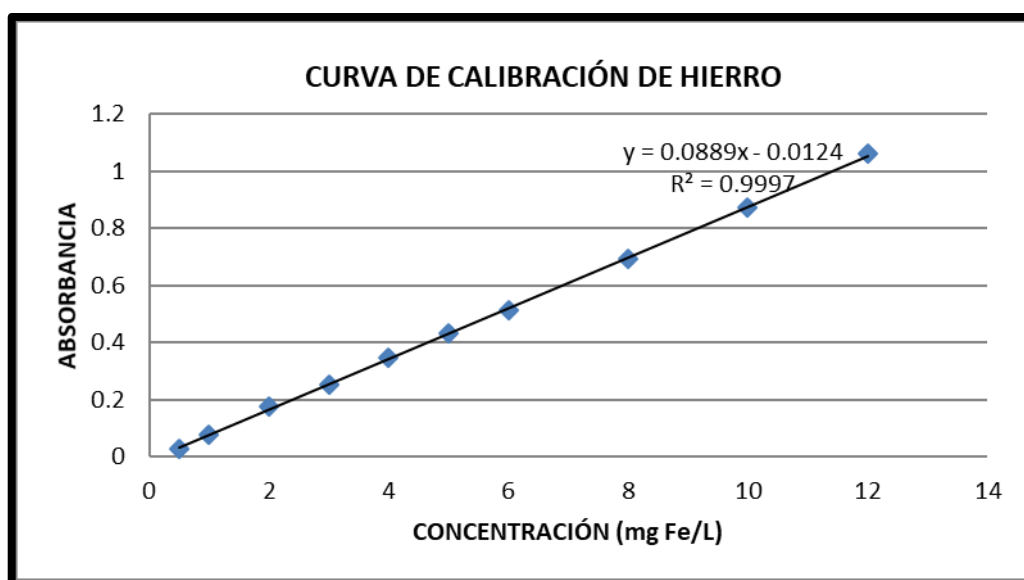


Figura 16 — Curva de calibración para la cuantificación del contenido de hierro

B.3 Prueba de normalidad y homocedasticidad del contenido de hierro

a) Prueba de normalidad de residuos

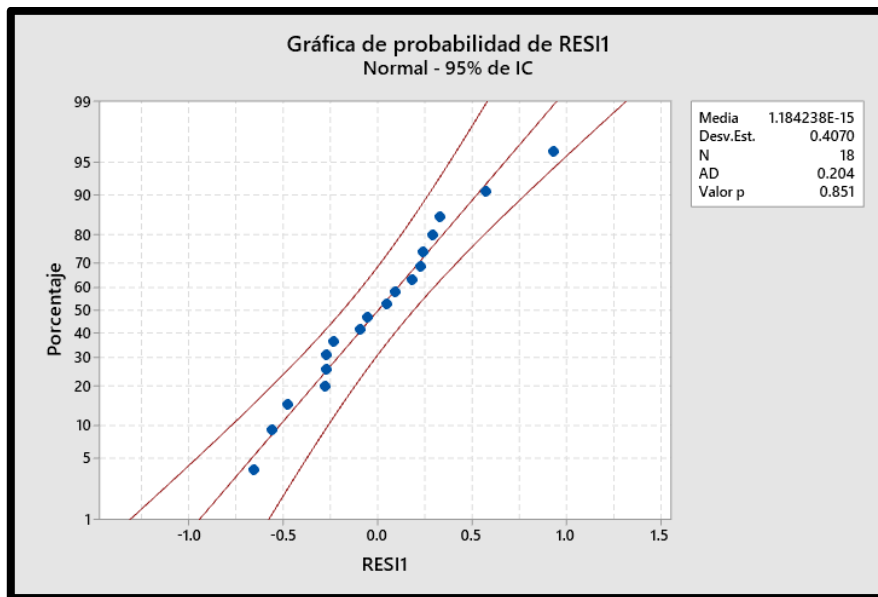


Figura 17 — Normalidad de residuos para el contenido de hierro (Minitab Statistical software versión 19)

b) Prueba de homogenidad de varianzas

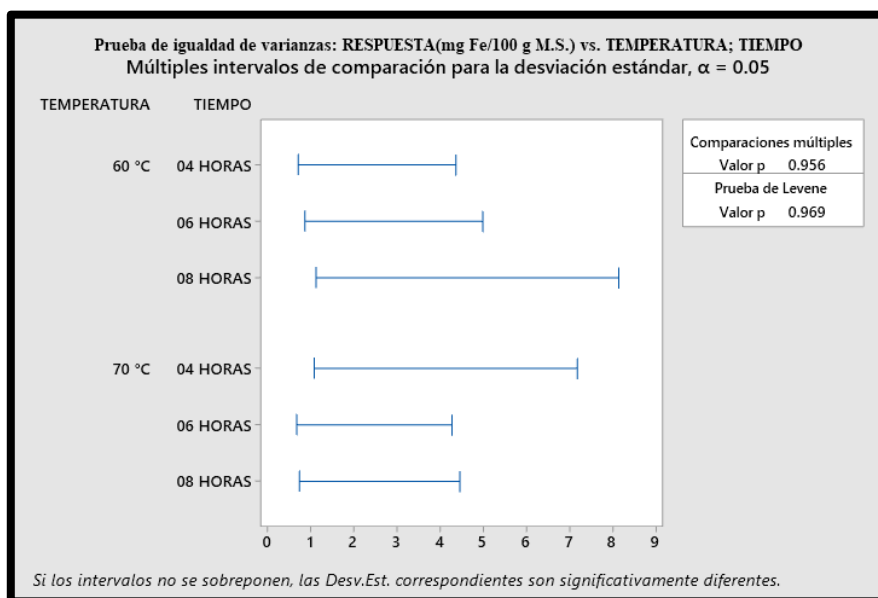


Figura 18 — Prueba de igualdad de varianzas para el contenido de hierro (Minitab Statistical software versión 19)

Tabla 22 — Análisis de varianza: contenido de hierro en berro tratados a diferentes temperaturas y tiempos de secado.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	626.041	89.434	317.56	0.000
Bloques	2	0.279	0.139	0.49	0.624
Lineal	3	447.768	149.256	529.97	0.000
Temperatura	1	396.331	396.331	1407.27	0.000
Tiempo	2	51.437	25.718	91.32	0.000
Interacciones de 2 términos	2	177.994	88.997	316.00	0.000
Temperatura*Tiempo	2	177.994	88.997	316.00	0.000
Error	10	2.816	0.282	-	-
Total	17	628.857	-	-	-

Tabla 23 — Análisis de comparación de Tukey: temperatura de secado para el contenido de hierro

Temperatura	N	Media	Agrupación	
60 °C	9	29,31	A	
70 °C	9	19,93		B

Tabla 24 — Análisis de comparación de Tukey: tiempo de secado para el contenido de hierro.

Tiempo	N	Media	Agrupación		
6 horas	6	26.60	A		
8 horas	6	24.80		B	
4 horas	6	22.47			C

Anexo C



Figura 19 — Recolección de berro materia prima.



Figura 20 — Selección de la materia prima.



Figura 21 — Secado (temperatura ambiente y estufa)



Figura 22 — Molido de muestras (molino de cuchillas)

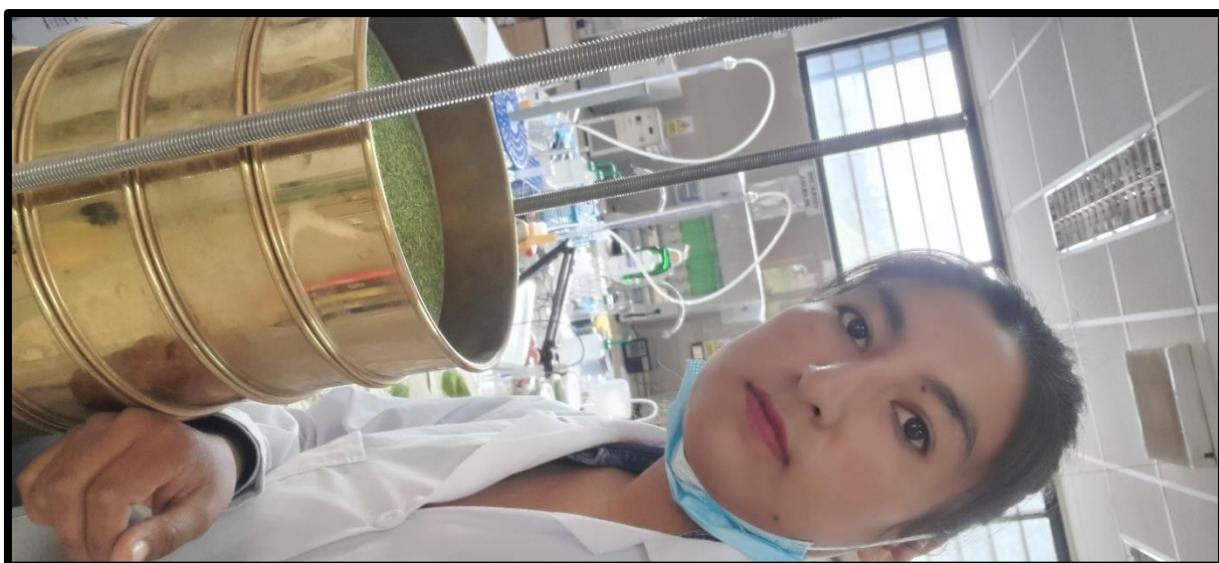


Figura 23 — Tamizado de muestras



Figura 24 — Clasificación pon número de malla después del tamizado



Figura 25 — Maceración de muestras con metanol al 80%



Figura 26 — Centrifugado de las muestras de berro

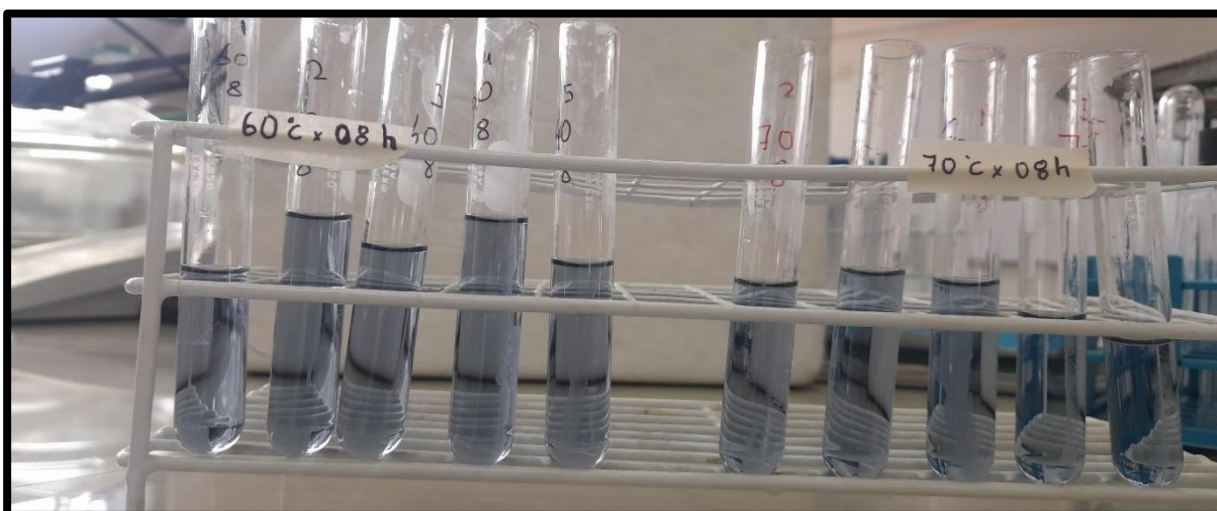


Figura 27 — Muestra de polifenoles totales del berro



Figura 28 — Lectura de las absorbancias de los polifenoles totales del berro

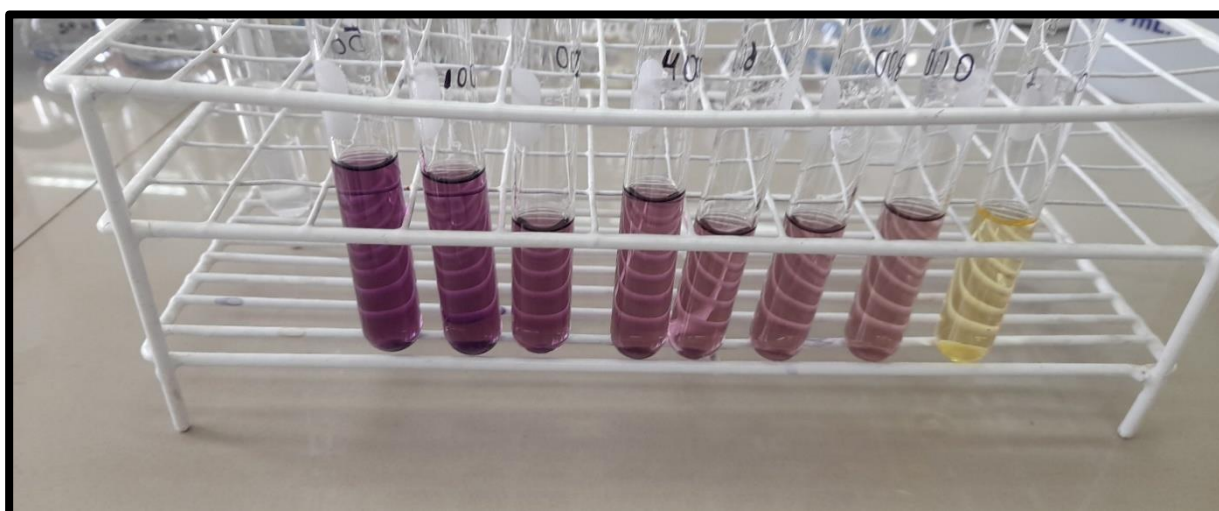


Figura 29 — Curva patrón del trolox

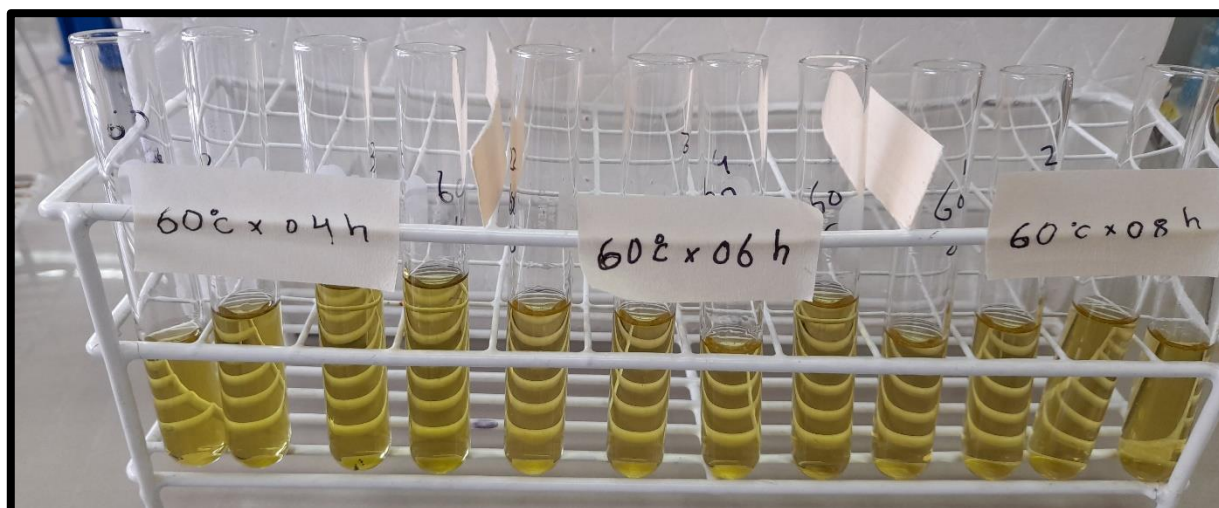


Figura 30 — Muestras de los diferentes tratamientos del berro

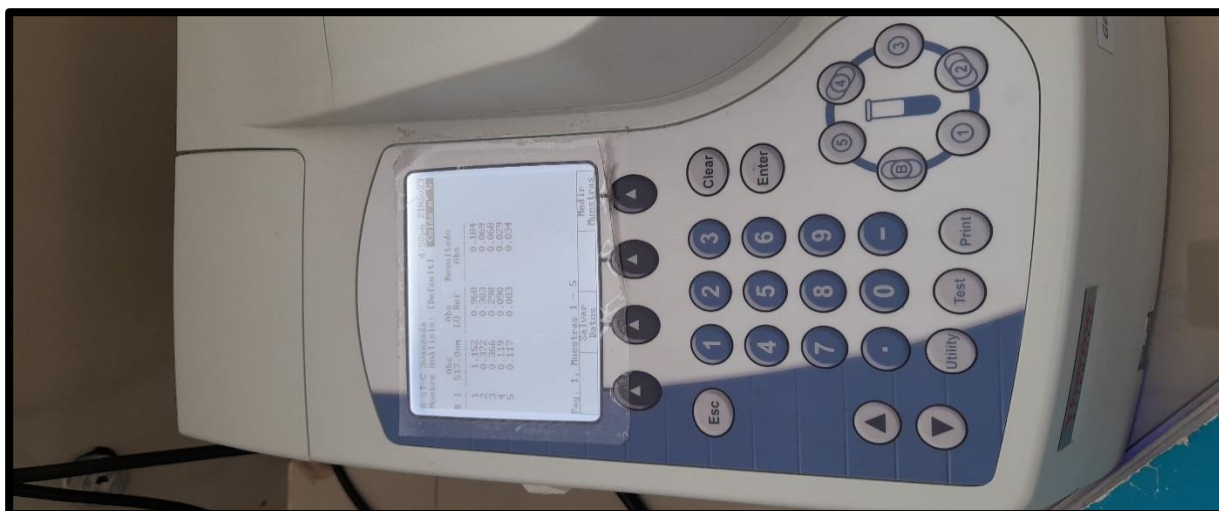


Figura 31 — Lectura de las absorbancias diferentes tratamientos del berro



Figura 32 — Pre calcinación del berro para la determinación de ceniza-contenido de hierro



Figura 33 — Calcinación del berro en la mufla para la obtención de ceniza para la determinación del contenido de hierro



Figura 34 — Digestión de las cenizas

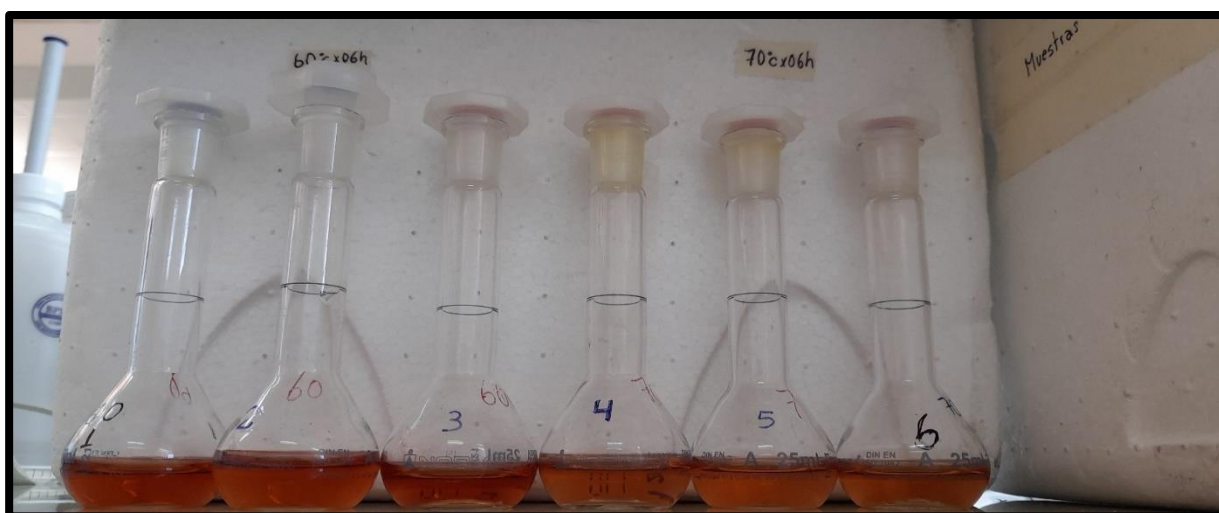


Figura 35 — Determinación del contenido de hierro



Figura 36 — Determinación de humedad