



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

DEPARTAMENTO BIOQUÍMICA - ALIMENTOS

LICENCIATURA EN QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

“Evaluación de la temperatura sobre la carga microbiana y
extracción de compuestos bioactivos de infusiones de manzanilla
(*Matricaria chamomilla*)”

TESIS

Para obtener el título de Licenciada en Químico Farmacobiólogo

PRESENTA

p. Q. F. B Daniela Vergel Najera

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Carlos Enrique Ochoa Velasco

CODIRECTORA DE TESIS

Dra. Paola Hernández Carranza

H. PUEBLA DE Z.

NOVIEMBRE 2025



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**



ORCIO C.Q./CT 046 RPCR/2025

OFICIO DE REGISTRO Y NOMBRAMIENTO DE COMISION REVISORA

Nombre del(la) estudiante: **Daniela Vergel Nájera**

Matrícula: **201927452**

Nombre del director: **Dr. Carlos Enrique Ochoa Velasco**

Nombre del codirector o asesor: **Dra. Paola Hernández Carranza**

Título de la Tesis:

"Evaluación de la temperatura sobre la carga microbiana y extracción de compuestos bioactivos de infusiones de manzanilla (Matricaria chamomilla)"

Comisión Revisora:

Presidente: D.C. Norma Judith Cruz Ortega

Firma: _____

Secretario: M.C. Madai Gizeh Sánchez Arzubide

Firma: _____

Vocal: M. C. Marco Tulio Romero Sánchez

Firma: _____

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z., 4 de julio de 2025

Dr. Henoc Flores Segura

Director Facultad de Ciencias Químicas

c.c.p. Archivo





BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS



OFICIO C.Q./CT 044 A/2025

Dr. Henoc Flores Segura
Director Facultad de Ciencias Químicas
Presente.

OFICIO DE REVISIÓN, LIBERACIÓN E IMPRESIÓN DE TESIS

Título de la Tesis:

"Evaluación de la temperatura sobre la carga microbiana y extracción de compuestos bioactivos de infusiones de manzanilla (*Matricaria chamomilla*)"

Comisión Revisora:

Presidente: D.C. Norma Judith Cruz Ortega

Firma: _____

Secretario: M.C. Madai Gizeh Sánchez Arzubide

Firma: _____

Vocal: M. C. Marco Tulio Romero Sánchez

Firma: _____

Los integrantes de la Comisión Revisora comunicamos que hemos leído y revisado el manuscrito de la tesis de licenciatura de **Químico Farmacobiólogo** que presenta la estudiante **Daniela Vergel Najera**, bajo la dirección del **Dr. Carlos Enrique Ochoa Velasco** y codirección de **Dra. Paola Hernández Carranza** por lo que estamos de acuerdo en que se proceda con la impresión definitiva de la tesis y que el estudiante presente su defensa y examen, con número de matrícula **201927452**.

Atentamente

Comisión revisora

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z., 5 de septiembre de 2025



c.c.p. Archivo

Facultad de Ciencias Químicas
Av. San Claudio No. 1 Edificio FCQ 9
Ciudad Universitaria Col. San
Manuel (222)2295500 ext. 7390

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, a quienes también les dedico este trabajo, por su amor, esfuerzo y motivación que me permitieron llegar hasta aquí. Gracias por confiar en mí y apoyarme siempre.

Agradezco al Dr. Carlos Enrique Ochoa Velazco y a la Dra. Paola Hernández Carranza, por darme la oportunidad de recibir su asesoramiento, compartirme sus conocimientos y ofrecer su apoyo académico y personal durante el desarrollo de este proyecto. Me llevo conmigo muchas de las buenas prácticas y técnicas de trabajo que aprendí a su lado y que sé que me servirán en la vida profesional. Gracias a ustedes me siento motivada a seguir creciendo de forma académica, laboral y personal.

A toda mi familia, principalmente a mis primas Vero y Odette, a quienes les agradezco su cariño y apoyo emocional, siempre recordamos lo que nos ha motivado para salir adelante y me han acompañado de forma emocional en este proceso.

A mis amigos de la carrera, quienes me acompañaron a lo largo de todo este trayecto, me ayudaron a salir de la rutina y darnos un escape de diversión y compañía, para recargar la pila y seguir trabajando para superarnos juntos. Les agradezco muchísimo el cariño que me tienen, la confianza y el apoyo incondicional desde el día que nos conocimos.

Y a mi perrito Jacko, que me acompañó en todas las noches de desvelo y estudio, a quien le agradezco estar a mi lado, su calma, calidez y ser parte fundamental de mi vida.

ÍNDICE

RESUMEN	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1 INFUSIONES	3
2.1.1 Definición	3
2.1.2 Historia de las infusiones	3
2.1.3 Importancia de infusiones herbales en la actualidad	4
2.2 PLANTAS MEDICINALES.....	5
2.2.1 Definición	5
2.2.2 Plantas medicinales mexicanas	5
2.2.3 Contaminación de plantas medicinales.....	8
2.2.3.1 Agentes químicos	8
2.2.3.2 Agentes biológicos.....	9
2.2.3.4 Control de calidad y regulación	10
2.3 MANZANILLA.....	10
2.3.1 Generalidades	10
2.3.2 Origen	12
2.3.3 Producción de manzanilla en México.....	13
2.3.4 Usos y propiedades de la manzanilla	14
2.3.5 Composición química.....	16
2.3.6 Agentes contaminantes de manzanilla.....	19
2. 4 INFUSIONES DE MANZANILLA.....	20
2.4.1 Generalidades	20
2.4.2 Perfil del consumidor	22

2.4.3	Propiedades farmacológicas de la infusión de manzanilla.....	23
2.4.4	Composición química en la infusión.....	25
2.4.4.1	Propiedad antioxidante	26
2.4.5	Influencia de la temperatura para la preparación de infusiones.....	27
3.	JUSTIFICACIÓN.....	29
4.	OBJETIVOS.....	30
4.1	Objetivo General	30
4.2	Objetivos Particulares.....	30
5.	DIAGRAMA DE TRABAJO.....	31
6.	MATERIALES Y MÉTODOS	32
7.	METODOLOGÍA	33
7.1	Preparación de la infusión.....	33
7.2	Determinación del perfil de temperatura	33
7.3	Análisis microbiológico de las infusiones de manzanilla.....	33
7.4	Cuantificación de compuestos bioactivos.....	34
7.4.1	Compuestos fenólicos.....	34
7.4.2	Flavonoides totales	35
7.4.3	Capacidad antioxidante	35
7.5	Análisis estadístico.....	35
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
8.1	Comportamiento térmico de las infusiones con relación al tiempo y condiciones de reposo	36
8.2	Impacto de la temperatura sobre la carga microbiana de las infusiones de manzanilla	38
8.3	Evaluación del contenido de compuestos fenólicos, flavonoides totales y capacidad antioxidante en función del reposo y la temperatura elevada	43

9. CONCLUSIONES	49
10. RECOMENDACIONES	50
11. REFERENCIAS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Plantas medicinales producidas en México y sus propiedades.	6
Tabla 2. Compuestos bioactivos presentes en la planta de manzanilla.....	16
Tabla 3. Métodos y Referencias	32
Tabla 4. Equipos de trabajo	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de la Manzanilla (Tomada de Appropedia, 2015)	11
Figura 2. Esquema de trabajo de las infusiones de manzanilla.	31
Figura 3. Efecto de la agitación y el tiempo de infusión sobre el perfil de temperatura.	37
Figura 4. Efecto de la agitación sobre la carga microbiana en infusión a temperatura ambiente.	39
Figura 5. Efecto de la temperatura sin agitación (estático) de preparación de la infusión sobre la carga microbiana.....	40
Figura 6. Comparativa del efecto de la agitación sobre la carga microbiana en infusión a 50 °C.....	41
Figura 7. Comparativa del efecto de la agitación sobre la carga microbiana en infusión a 95 °C.....	42
Figura 8. Efecto de la temperatura en la concentración de compuestos fenólicos de infusiones de manzanilla.	44
Figura 9. Efecto de la temperatura en el contenido de flavonoides totales en infusiones de manzanilla.	46
Figura 10. Capacidad antioxidante de infusiones de manzanilla preparadas a 80 y 95 °C.	47

RESUMEN

La popularidad de plantas medicinales, como la manzanilla, ha incrementado por la variedad de propiedades terapéuticas que esta posee. El consumo de infusiones es la forma práctica, accesible y eficaz de aprovechar las propiedades de la planta, destacando los efectos calmantes, antiinflamatorios y antioxidantes para el tratamiento de malestares comunes. Sin embargo, la preparación de una infusión no requiere de un método estándar, por lo que la temperatura del agua y el tiempo de reposo son factores que influyen en la liberación de compuestos bioactivos y en la calidad microbiana final, toda vez que se trata de plantas y/o sus derivados deshidratados generalmente al sol. En este estudio se evaluó el efecto de la temperatura sobre la carga microbiana y la extracción de compuestos bioactivos en infusiones de manzanilla (*Matricaria chamomilla*), con el propósito de establecer condiciones óptimas de preparación que garanticen la inocuidad y funcionalidad de infusiones. Se prepararon infusiones de manzanilla a distintas temperaturas (50, 65, 80 y 95 °C), bajo condiciones de agitación estático, en las cuales, se determinó el comportamiento térmico durante el enfriamiento, la influencia de la agitación y la carga microbiana con la interacción del agua caliente. Posteriormente, se evaluó el contenido de compuestos fenólicos totales, flavonoides y capacidad antioxidante de infusiones preparadas a 80 y 95 °C mediante los métodos espectrofotométricos de Folin-Ciocalteu, cloruro de aluminio y DPPH, respectivamente. Los resultados obtenidos demostraron que la agitación aceleró la pérdida de calor en las infusiones, mientras que las estáticas que conservaron el calor por mayor tiempo. Al incrementar la temperatura de preparación, la carga microbiana se redujo significativamente, siendo a 95 °C la temperatura efectiva que limitaba la liberación y viabilidad de microorganismos. La combinación de temperatura elevada y agitación favoreció la extracción rápida y eficiente de compuestos fenólicos y flavonoides, alcanzando los valores máximos de concentración y capacidad antioxidante durante los primeros 10 min de reposo. Por lo tanto, la preparación a 95 °C con tiempo de reposo de 10 min son una propuesta óptima para la elaboración de infusiones de manzanilla, ya que garantiza la inocuidad microbiológica y maximiza la liberación de compuestos bioactivos presentes.

1. INTRODUCCIÓN

Las infusiones herbales, desde la antigüedad, han sido parte de la alimentación y la medicina tradicional. El método de infusión es una forma práctica y eficiente de extracción de compuestos bioactivos presentes en plantas y que responsables de los efectos terapéuticos. Entre las especies más empleadas se encuentra la manzanilla y que es considerada como una planta muy versátil.

La manzanilla es de las plantas medicinales reconocidas a nivel global debido a las propiedades que posee, destacando por los efectos digestivos, calmantes, antioxidantes y antiinflamatorios. En la actualidad, su consumo continúa considerándose como una alternativa de la medicina que se asocia con un estilo saludable. Estas propiedades derivan de la presencia de los compuestos bioactivos, los cuales incluyen aceites esenciales, flavonoides, ácidos fenólicos, y cumarinas, que actúan de manera individual y conjunta en distintos procesos farmacológicos. La concentración de estos compuestos puede variar dependiendo de diversos factores que pueden alterar la composición en la planta y en el resultado de cualquiera de las preparaciones que se obtengan, como las infusiones, en las que incluso las condiciones de cultivo, secado y el modo de empleo pueden alterar la concentración de la manzanilla.

Aunque se considere un producto seguro, la manzanilla puede contaminarse por microorganismos que comprometen la inocuidad, seguridad y calidad de la planta. Durante las etapas de cultivo, cosecha, secado, almacenamiento y distribución, pueden intervenir factores ambientales que favorezcan la proliferación de microorganismos. No solo puede representar un riesgo para la salud del consumidor, sino que también puede alterar propiedades sensoriales y farmacológicas que caracterizan a la manzanilla. Usar cualquier materia vegetal contaminada o mal procesada puede comprometer la seguridad y efectividad del producto final.

Durante la preparación de infusiones, existen factores que a menudo pasan desapercibidos, pero son cruciales para la adecuada preparación y liberación de compuestos. Entre ellos destaca la temperatura del agua y el tiempo de reposo, que

influyen directamente en la concentración final de la infusión, además de que también pueden influir en la reducción de carga microbiana presente en la planta. La inadecuada preparación puede disminuir la efectividad y comprometer la inocuidad de la infusión, por lo que es fundamental comprometer la intervención de estos factores y cómo afectan el producto final.

Considerando lo anterior, el presente trabajo está orientado a la evaluación de la temperatura sobre la carga microbiana y compuestos bioactivos de infusiones de manzanilla, con el propósito de generar evidencia científica que contribuya a la optimización de la extracción de las propiedades bioactivas y la calidad microbiológica de la planta.

2. ANTECEDENTES

2.1 INFUSIONES

2.1.1 Definición

La infusión es una bebida elaborada de hierbas aromáticas, utilizan partes de las plantas como flores, hojas, tallos, raíces o frutos que tienen contacto con agua caliente, de preferencia agua hirviendo, y se dejan reposar durante algunos minutos. Una de las funciones de la preparación de las infusiones es la extracción compuestos bioactivos presentes en plantas aromáticas, ya que este ha sido empleado para que la bebida se consuma en la vida cotidiana o que se emplee como un remedio para tratar distintos malestares (Muñoz et al., 2012).

Los compuestos son responsables de las propiedades sensoriales y funcionales características de cada especie que se utilice para una infusión; de este modo, cada infusión preparada adquiere un sabor, aroma y propiedades distintivas. Entre los metabolitos que están involucrados se encuentran compuestos fenólicos en los que se incluyen polifenoles, flavonoides, cumarinas, antocianinas y proantocianidinas, así como alcaloides, fitoesteroles, carotenoides, derivados de clorofila y vitaminas. Estos compuestos se asocian a las propiedades terapéuticas de la infusión, entre ellas la actividad antioxidante, antiinflamatoria y antimicrobiana, lo que refuerza el valor del consumo que tiene esta bebida como un producto saludable (Ordoñez et al., 2020).

2.1.2 Historia de las infusiones

Desde la antigüedad, en las civilizaciones egipcia, china, india y griega empleaban infusiones herbales como recurso natural para el cuidado de la salud (Huda et al., 2024). Las infusiones se consolidaron como una alternativa de la medicina tradicional al ser un método accesible, económico y natural para aliviar malestares comunes. Se utilizaba la planta de manzanilla, menta, jengibre, hierbabuena y tila para preparar infusiones por las propiedades que poseen, principalmente calmantes y digestivas (Poswal et al., 2019).

La expansión de las hierbas a distintas regiones del mundo impulsó la evolución de las infusiones herbales, en cada cultura se fueron adaptando con especies locales y se integraron en las prácticas tradicionales de salud porque se consideraban como una fuente diversa de nutrientes con efectos beneficiosos (Tomou et al., 2023).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en el periodo de 2014 a 2023, implemento una estrategia de medicina tradicional, reconoció la importancia de las hierbas medicinales con el objetivo de promover el uso de infusiones como alternativa terapéutica eficaz, con productos naturales como lo son las plantas medicinales, ya que esta preparación ofrece beneficios terapéuticos comprobados, no son de alto costo y no generan efectos adversos asociados a los fármacos sintéticos. Esta estrategia, basada en el enfoque cultural que tienen las infusiones tradicionalmente, logró tener la aceptación social y que se incorporara como parte de la medicina complementaria (Poswal et al., 2019).

2.1.3 Importancia de infusiones herbales en la actualidad

Actualmente, las infusiones herbales han ido adquiriendo popularidad en el mercado a nivel global, se consideran una de las bebidas más importantes en el hábito cotidiano, por su valor sensorial, terapéutico y su asociación para la promoción de un estilo de vida saludable y preventivo. El interés científico de esta preparación incrementó gracias al enfoque en investigaciones sobre sus propiedades, en las que respaldan las propiedades farmacológicas de los compuestos bioactivos presentes en hierbas medicinales, partiendo del objetivo del empleo para tratamiento y prevención de enfermedades (Huda et al., 2024).

En el enfoque de alimentos funcionales, utilizar hierbas medicinales y aromáticas ha sido un recurso valioso, siendo una estrategia prometedora que promueve el consumo de bebidas innovadoras que se asocien al cuidado de la salud, a partir de ese interés, se han desarrollado productos innovadores como mezclas de infusiones saborizadas, extractos, concentrados, suplementos alimenticios e ingredientes alimentarios. El potencial que tienen las infusiones herbales está relacionado con la identificación de compuestos bioactivos de las plantas, de los cuales sean útiles para diseñar estrategias para las industrias alimentarias que ofrezcan alternativas

más económicas, efectivas y aprovechables para poder introducir ingredientes saludables y que culturalmente sean aceptados para la alimentación cotidiana (Valduga et al., 2019).

2.2 PLANTAS MEDICINALES

2.2.1 Definición

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), las plantas medicinales se reconocen como un recurso medicinal tradicional desde tiempos prehistóricos, debido a que pueden sintetizar compuestos químicos que cumplen funciones específicas para el desarrollo de la planta como la protección contra agentes infecciosos, insectos y herbívoros (FAO, 2023).

El interés en las plantas medicinales surgió a partir de la experimentación humana. Se identificó el potencial terapéutico de plantas por la acción de los compuestos que cumplen propiedades útiles para la salud. Estas plantas son un recurso accesible y de bajo costo, por lo que se les ha considerado como alternativa o complemento seguro para tratamientos médicos. Aunque el uso proviene de un contexto tradicional, también son una ventana de oportunidad en la investigación para el desarrollo de nuevos productos que impulsen la industria de la farmacología, biotecnología y alimentaria. La cosecha y comercio de las plantas medicinales representa una fuente de ingresos relevante para comunidades locales que se dedican a esta actividad, favoreciendo al mismo tiempo a sectores interesados en utilizar los compuestos bioactivos (Flores et al., 2025).

2.2.2 Plantas medicinales mexicanas

México es un país con amplia biodiversidad que favorece el cultivo de gran variedad de especies de plantas medicinales, debido a que muchas de las regiones del país tienen condiciones que favorecen su desarrollo y cosecha. Estas plantas se emplean en comunidades rurales cuyos recursos médicos son limitados y son una alternativa terapéutica de los medicamentos convencionales. Algunas de las plantas medicinales que se comercializan en el país se muestran en la Tabla 1. Estas

plantas poseen múltiples efectos positivos a la salud, de las cuales se utilizan partes de las plantas y se consumen en forma de infusiones u otros preparados para el tratamiento de enfermedades comunes o infrecuentes. Entre las plantas más reconocidas en la población se encuentra la manzanilla, hierbabuena, árnica y cuachalalate (Guzmán et al., 2017; Flores et al., 2025).

Tabla 1. Plantas medicinales producidas en México y sus propiedades.

Nombre común y científico	Propiedades medicinales
Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>)	Carminativo y tratamiento para náuseas
Árnica (<i>Heteroteca inuloides</i>)	Antiséptico, antiinflamatorio, antirreumático, antioxidantes, útil para el tratamiento de contusiones, esguinces y heridas
Azahar (<i>Citrus sinensis</i>)	Sedante
Cuachalalate (<i>Juliana adstringens</i>)	Antiséptico, cicatrizante, desinfectante y tratamiento para úlceras gastrointestinales
Epazote (<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.)	Tratamiento para diarrea, antihelmíntico, estimula el flujo sanguíneo y la menstruación
Hierbabuena (<i>Mentha spicata</i>)	Sedante, diurético, tratamiento para diarrea, malaria, diabetes y úlceras peptídicas
Gordolobo (<i>Gnaphalium oxyphyllum</i>)	Antiasmático
Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.)	Diurético
Laurel (<i>Litsea glaucescens</i>)	Tratamiento para gastritis
Manzanilla (<i>Matricaria chamomilla</i>)	Antiespasmódico, antiinflamatorio, antioxidante
Menta (<i>Mentha spicata</i>)	Digestivo
Muérdago de mezquite (<i>Phoradendron californicum</i>)	Antiparasitario, alivia molestias y problemas estomacales
Ruda (<i>Ruta graveolens</i>)	Sedante y analgésico

La tabla fue elaborada con base en las siguientes fuentes: Juárez et al., 2013; Guzmán et al., 2017; Flores et al., 2025.

Además del valor terapéutico, las plantas medicinales son parte de un sector importante que impulsa la economía mexicana. Se diferencian de otras especies de plantas por poseer características distinguidas como aroma, sabor y propiedades medicinales. Los principales sectores industriales que utilizan hierbas medicinales y aromáticas se enfocan en el desarrollo de productos medicinales, herbolarios, alimentos y cosméticos. El uso de las plantas no está limitado al consumo y beneficio humano, sino que se ha extendido a otras áreas como la ganadería, agricultura y la fitorremediación de suelos (Juárez et al., 2013).

Las plantas medicinales en México son un objeto de comercio activo a nivel nacional e internacional. Uno de los principales estados productores es Puebla. En este estado se producen numerosas especies de plantas que llegan a los mercados, representando el enfoque de comercialización y reflejando la importancia cultural y terapéutica en la vida cotidiana. Estudios etnobotánicos, demostraron que las regiones de Izúcar de Matamoros y Acatlán de Osorio han producido aproximadamente 150 especies de plantas medicinales. Puebla es un estado que cuenta con amplia riqueza biocultural, la cosecha y distribución de plantas medicinales no solo fortalecen su identidad, sino que impulsa la economía local y su relevancia en la medicina tradicional (Martínez et al., 2016). Entre las familias de plantas que se producen en Puebla están Asteraceae, Lamiaceae y Rutaceae. La familia Asteraceae está representada por especies ampliamente conocidas, como la manzanilla, hierba maestra, árnica, cempasúchil y asomiate. En la familia Lamiaceae incluye hierbabuena, romero y orégano. Mientras que la familia Rutaceae está representada por la ruda. Las plantas frecuentes son manzanilla, hierbabuena, ruda, epazote y sábila, debido a que los consumidores locales mencionan que estas plantas poseen propiedades para tratar afecciones, principalmente gastrointestinales. En gran parte del estado, estas especies se localizan en huertos familiares, aunque pueden ser parte de vegetación secundaria (Velázquez et al., 2019).

2.2.3 Contaminación de plantas medicinales

Los productos agrícolas normalmente suelen estar expuestos a diversos agentes contaminantes cuyas fuentes están relacionadas con las condiciones de producción, por lo que es importante que previo a su distribución estos agentes sean detectados y eliminados correctamente. El origen de los agentes contaminantes es multifactorial, ya que están relacionados con factores ambientales, agrícolas o industriales. Durante el cultivo las fuentes comunes son el suelo, agua y aire, asociados a prácticas agrícolas, la localidad del cultivo y cercanía con zonas industriales, el uso de fertilizantes y pesticidas pueden ser también una fuente alternativa de posibles agentes contaminantes. En la etapa de postcosecha, recolección, secado, almacenamiento, transporte y envasado, pueden estar involucrados otros agentes contaminantes que puedan comprometer la calidad de las plantas medicinales (Kosalec et al., 2009; Özden & Özden, 2018).

2.2.3.1 Agentes químicos

Los metales pesados representan una de las principales amenazas que afectan a las plantas medicinales en cualquier etapa de la producción, pueden acumularse en suelo, agua y aire como resultado del uso de fertilizantes, plaguicidas, mala gestión de residuos, la industrialización y urbanización cercana a las zonas agrícolas. Algunos metales como cadmio, plomo, arsénico y mercurio se consideran peligrosos por su toxicidad y si llegan a consumirse pueden alterar el equilibrio mineral del organismo, inducir daño oxidativo y provocar efectos mutagénicos. La OMS ha establecido límites máximos en plantas medicinales, para cadmio 0.3 mg/kg, plomo 10 mg/kg, arsénico 5 mg/kg y mercurio 0.2 mg/kg. Estos límites son clave para prevenir que los productores distribuyan productos de alto riesgo (Kowalska, 2021).

Los pesticidas organoclorados se usaban en la agricultura para controlar plagas y prevenir de enfermedades en los cultivos. Aunque actualmente están prohibidos en muchos países, en aquellos donde aún los ocupan, pueden dejar residuos tóxicos persistentes en las plantas. Son lipofílicos y cuentan con baja capacidad de biodegradación, por lo que pueden permanecer aún en productos derivados e infusiones. A largo plazo, la presencia de estos agentes químicos pueden generar

efectos negativos en sistema endocrino, neurológico, daño hepático y problemas de reproducción para quien llegue a consumir productos contaminados, la fuente puede ser directamente sobre los cultivos o a través del aire, ya que pueden transportarse a largas distancias y provenir de cultivos vecinos, estando presentes en flores y hojas de las plantas, estos agentes no cuentan con límites permisibles bien determinados porque son contaminantes peligrosos a los que se deben considerar prioritarios (Díez et al., 2025).

Otros compuestos químicos de riesgo son las micotoxinas, son metabolitos secundarios de origen fúngico, son responsables de causar enfermedades o muerte en humanos y animales, las toxinas más dañinas son aflatoxinas, ocratoxina A, fumonisinas, zearalenona y el deoxinivalenol, si las toxinas llegan a ser inhaladas, ingeridas o absorbidas en piel, son causantes de efectos tóxicos múltiples y cancerígenos. Estas micotoxinas son producto de *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* y *Claviceps* que son hongos que comúnmente pueden infectar a productos herbales en la etapa de la postcosecha, pero los metabolitos se consideran agentes contaminantes químicos (Altyn & Twarużek, 2020).

2.2.3.2 Agentes biológicos

La contaminación biológica se refiere a la presencia de microorganismos provenientes del agua, suelo, aire, manipulación humana o contaminación cruzada, entre ellos se incluyen bacterias, levaduras, mohos, virus, protozoos e insectos, su presencia compromete la seguridad y calidad de las plantas medicinales, indicando la deficiencia en el control higiénico-sanitario. Muchos organismos también cuentan con un límite máximo permisible, debido a que pueden desarrollar distintas adaptaciones al entorno y pueden soportar las condiciones de tratamiento y sobrevivir parte de la producción hasta llegar al consumidor (Kosalec, 2009).

Esta contaminación es mucho más frecuente que la contaminación por agentes químicos, su presencia indica que no existió un apropiado control sanitario, está asociado al entorno y a las condiciones en la cadena de producción en la que estos agentes pudieron introducirse y/o se favorezca la proliferación de microorganismos, se han encontrado *Bacillus cereus*, esporas de *Clostridium perfringens*, *Fusarium*

spp., *Penicillium spp.*, *Aspergillus flavus* y *A. niger*, *Cryptococcus laurentii* y *Rhodotorula mucilaginosa* en algunas muestras de plantas medicinales para uso alimentario. La OMS y la farmacopea han establecido límites para algunos microorganismos indicadores importantes, con el objetivo de asegurar la calidad de productos herbales y derivados que no pongan en riesgo la salud de los consumidores, se mencionan parámetros de control en el recuento microbiano aeróbico total y el recuento total de levaduras y mohos expresados como UFC/g. Primordialmente, en las muestras debe haber ausencia de patógenos como *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* y bacterias Gram negativas tolerantes a la bilis, que son agentes indicadores esenciales para evaluar la calidad microbiológica de las materias primas y de sus derivados farmacéuticos (Herminia, 2001; Kosalec, 2009).

2.2.3.4 Control de calidad y regulación

Erradicar los agentes contaminantes en las plantas medicinales debe ser considerado como un aspecto fundamental que garantice la calidad y seguridad del producto, reforzando el concepto de que estas plantas son seguras para su consumo, basándose en pilares que rigen el monitoreo desde el campo hasta el producto final. Este control se lleva a cabo a partir de la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPC) y Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), en las cuales se establecen lineamientos específicos para la producción de plantas medicinales, entre las que incluye el manejo de agua, suelo, productos químicos, higiene personal, uso de instalaciones y el registro de procedimientos, con el objetivo de prevenir la introducción y propagación de los agentes contaminantes que comprometan la calidad de las plantas (Siller et al., 2002; Altyn y Twaružek, 2020).

2.3 MANZANILLA

2.3.1 Generalidades

La manzanilla es de las plantas medicinales más reconocidas en la herbolaria tradicional. Su nombre científico es *Matricaria chamomilla* y pertenece a la familia

Asteraceae, es una planta anual que resiste cambios climáticos y tiene una amplia capacidad de adaptación geográfica, ha podido cultivarse en diversas regiones del mundo y en distintas épocas del año debido a que puede tolerar cualquier condición de suelo y clima (Dai et al., 2023).

Las raíces de la manzanilla son alargadas y afinadas, lo que le permite a la planta estar firme al suelo. Durante su desarrollo, presenta un tallo firme, ramificado y resistente, por lo que puede alcanzar una altura de entre 10 y 80 cm, tiene hojas divididas y alternas de color verde oscuro, al igual que el aspecto general de la planta (Singh et al., 2011). La parte que distingue la manzanilla de cualquier otra planta son sus flores (Figura 1), son individuales y están unidas al tallo por un pedúnculo, el capítulo floral está compuesto por dos tipos de flores, las flores periféricas rodean el borde del capítulo, son femeninas y liguladas de color blanco, y flores centrales que son hermafroditas y tubulosas de color amarillo. Las flores son responsables del aroma característico y agradable de la planta, a estas características le atribuyen el amplio rango de utilidad que tiene la manzanilla (Cameroni, 2010).

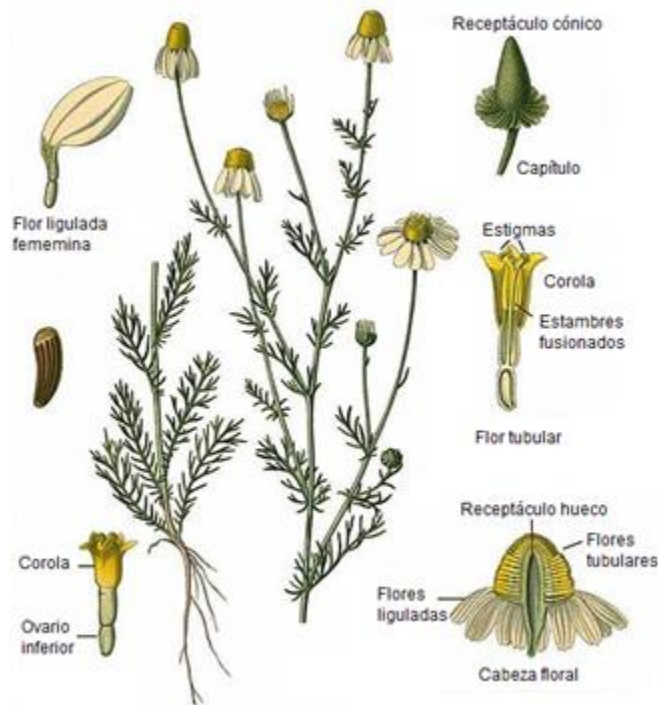


Figura 1. Morfología de la Manzanilla (Tomada de Appropedia, 2015).

La planta ha podido adaptarse a cualquier entorno, no requiere de criterios exigentes para su desarrollo, por lo que puede tolerar distintas condiciones en las que se encuentre (Meza & Dicoyskiy, 2020). Se ha demostrado que se puede cultivar en cualquier tipo de suelo, incluyendo arenosos, arcillosos y calcáreos. Asimismo, se ha observado que un pH cercano a 9 en el suelo es un factor que puede favorecer su crecimiento. Los climas que puede tolerar oscilan entre 2 y 20 °C, aunque la germinación apropiada puede estar entre 10 y 20 °C. Dependiendo de la zona, puede variar el efecto de algunos componentes importantes de la manzanilla por la temperatura del entorno. Con respecto a la humedad, la manzanilla requiere niveles considerables para ser óptimo, como máximo debe tener el 80% de humedad, por lo que los cultivos necesitan de 6 y 8 riegos durante el periodo de cultivo (Singh et al., 2011).

2.3.2 Origen

La manzanilla proviene de regiones en Asia y Europa, algunas antiguas culturas como romana, china y egipcia mencionan en antiguos escritos que esta planta formaba parte de la medicina tradicional, considerando que el posible origen de la planta surge en sus territorios. En particular, en China, se encuentra documentada la manzanilla en la historia de la medicina uigur por sus propiedades calmantes y su inclusión en diversas preparaciones tradicionales, medicina homeopática y Unani. Posteriormente, el cultivo se expandió a nivel mundial debido al valor terapéutico, cosmético y alimenticio atribuido a los derivados de manzanilla (Dai et al., 2023).

Culturalmente, se fueron adaptando distintas preparaciones de manzanilla para obtener la mayor cantidad de beneficios, inicialmente incluyeron manzanilla en infusiones como un producto de consumo oral o tópico siendo parte de las tradiciones médicas que lo consideraban como un remedio para tratar dolencias y malestares. Con el tiempo, la industrialización permitió un avance que pudiera integrar productos herbales en nuevas metodologías, el uso de manzanilla fue para la obtención de distintos productos derivados y beneficiarse en su totalidad de las propiedades que posee la planta, principalmente en productos como los aceites

esenciales, tinturas, extractos, entre otros. Esta modernización logró que las industrias se interesaran en los derivados de la manzanilla, logrando incluirla en el mercado como un producto popular y demandante, tal fue el caso de Alemania, que estuvo interesado en la obtención de aceites de manzanilla al descubrir que este contaba con un alto contenido de compuestos y del cual se demostró el potencial efecto analgésico, una de las propiedades más importantes de la manzanilla. (Parveen et al., 2023).

2.3.3 Producción de manzanilla en México

En México, muchas de las plantas que hoy en día son sobresalientes a nivel nacional, en el pasado no tuvieron el mismo impacto. Tal es el caso de la manzanilla, si bien era uno de los elementos más importantes de la herbolaria tradicional europea y asiática, en el país no tuvo la misma relevancia en el mismo tiempo. Su introducción fue durante el periodo de la colonización española, donde los pueblos indígenas pudieron integrarla con facilidad por la capacidad de adaptación, resistencia climática y el fácil manejo agronómico que tiene, logrando que se adaptara exitosamente a distintas regiones del país. Al ser una planta silvestre, se puede cultivar en cualquier parte y se ha encontrado en zonas tropicales como bosques, áreas montañosas, grandes campos de cultivo y pequeños huertos en los hogares mexicanos (Milla, 2008).

Actualmente, la producción de manzanilla desempeña un papel importante para la economía del país. El servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP) se ha encargado de monitorear la producción de productos agrícolas que se producen en el país, entre los que se incluye la manzanilla de los más importantes, incluidos en importaciones y exportaciones. De acuerdo con el SIAP, en 2023 se cultivaron más de 518 hectáreas de manzanilla cuyos principales estados productores fueron Estado de México, Puebla, Morelos, San Luis Potosí y Durango, el cultivo que se obtuvo aproximadamente fue de 1,965.98 toneladas que generaron un ingreso económico de al menos 18,180.12 miles de pesos (SEDARH, 2023). Estos cultivos se realizan a partir de prácticas tradicionales y son representadas por sectores de

productores rurales e individuales, contribuyen al abastecimiento del mercado nacional y fortalecen la economía del país (Juárez et al., 2013; SEDARH, 2023).

2.3.4 Usos y propiedades de la manzanilla

La popularidad de la manzanilla es resultado de la amplia gama de propiedades farmacológicas: digestiva, antiespasmódica, antiinflamatoria, antipirética, analgésica, antioxidante, antidiabética, antimicrobiana, anticancerígena, organoprotectora, ansiolítica, sedante, cosmética, dermatológica e incluso insecticida. Estos efectos varían según el método de preparación, uso destinado y la vía de administración (Singh et al., 2011).

En la medicina tradicional y moderna, la manzanilla destaca por las propiedades digestivas para el tratamiento de trastornos gastrointestinales en los que se incluye indigestión, estreñimiento y la pérdida de apetito. El efecto antipirético contribuye a la reducción de fiebre mediante el estímulo de la sudoración para regular la temperatura corporal. Las propiedades ansiolíticas y sedantes favorecen la relajación y el sueño, por lo que se han empleado en infusiones, baños y aceites corporales. El efecto antiinflamatorio, antiespasmódico y analgésico han sido útil de manera extensa para aliviar dolores musculares y articulares, así como han sido efectivos para heridas, inflamaciones cutáneas y hemorroides. La actividad antimicrobiana y antiséptica permite su uso en infecciones leves y se empleó la elaboración de enjuagues para problemas dentales, de encías y para la limpieza de heridas cutáneas, así mismo, se ha comprobado que posee efecto cicatrizante que acelera la regeneración de tejidos en heridas y lesiones. Se utiliza en infusiones o vaporizaciones para aliviar afecciones respiratorias como tos y resfriado común. Las propiedades dermatológicas benefician a aquellas personas que tienen problemas de sensibilidad o de sequedad en la piel, ya que ejerce un efecto calmante y suavizante en la piel y en cuero cabelludo (Dai et al., 2023).

Otras áreas distintas se han enfocado en aprovechar las propiedades de la planta no solo al enfoque farmacológico. Algunos productos derivados de la manzanilla se han empleado en la industria alimentaria, principalmente, tienen interés en la producción de alimentos funcionales, útiles como saborizantes naturales en

suplementos alimenticios, bebidas, confituras, helados y productos de repostería, debido al aroma suave y la capacidad para mejorar sabores para algunos alimentos y medicamentos (Morillas et al., 2022). Los aceites extraídos de las flores se han empleado para la perfumería, aromaterapia y productos de higiene personal, las propiedades calmantes, antiinflamatorias y espasmolíticas se han aprovechado para incluirlos como ingredientes en la elaboración de cremas, jabones, lociones, vaporizaciones y pasta dental. Además, la eficacia que tiene como agente insecticida contra mosquitos y plagas agrícolas, la ha convertido en una alternativa natural que sustituye a aquellos insecticidas elaborados a base de químicos, sin que genere problemas al medio ambiente ni sean tóxicos al consumidor (Singh et al., 2011; Meza y Dicovski, 2020).

Se ha demostrado que existe también cierto interés en utilizar el residuo vegetal de manzanilla. El residuo puede ser útil después de primeras decocciones y obtener aún más de los compuestos bioactivos más importantes como aceites esenciales y compuestos fenólicos. Este residuo puede ser procesado a partir de distintas técnicas de extracción como extracción acuosa, extracción alcohólica, destilación a vapor, entre otras, el objetivo es emplearlo como estrategia para reducir costos de materia prima y disminuir la cantidad de residuos obtenidos en preparaciones principales. Al reutilizar este residuo, se mantiene un tipo de economía circular entre las industrias para aprovechar la mayor parte de la manzanilla, al ser útil para las distintas industrias interesadas en adquirir recursos naturales y sostenibles. Los compuestos extraídos son más económicos y rentables, pueden incorporarse en productos funcionales como suplementos alimenticios, fibras dietéticas, producción de aceites, tinturas y preparaciones cosméticas. En el sector agrícola, la utilidad de este residuo vegetal es aplicable como composta y fertilizante orgánico, en la que buscan aprovechar la actividad antimicrobiana y nutrientes para el suelo de los cultivos (Drača et al., 2024).

Gracias a la diversidad de propiedades y versatilidad que posee, la manzanilla ha logrado incorporarse como un elemento esencial de las distintas farmacopeas a nivel global, actualmente está incluida en la farmacopea herbolaria de los Estados

Unidos Mexicanos y en otras 26 farmacopeas reconocidas, entre las que se incluyen la Farmacopea Europea, Británica, Alemana y de los Estados Unidos. La amplia utilidad que se puede aprovechar en la manzanilla ha demostrado por qué se considera como una planta productiva, beneficiosa y eficaz a nivel global (Dai et al., 2023).

2.3.5 Composición química

La razón por la que la manzanilla presenta las múltiples propiedades terapéuticas se debe a la amplia gama de compuestos bioactivos que posee. Estos compuestos bioactivos están presentes en las plantas como sustancias químicas que cumplen funciones importantes de crecimiento y desarrollo. Sin embargo, al consumir estos productos naturales, las sustancias cumplen con funciones específicas que resultan en los efectos terapéuticos característicos de la manzanilla, al consumirlos a través de infusiones o extractos se obtienen propiedades analgésicas, antiinflamatoria, antiséptica, entre otras, incluso son de alto interés para la prevención de enfermedades crónicas como cardiovasculares, neurodegenerativas, diabetes y cáncer (Boy, 2023).

Con respecto a la manzanilla, los principales compuestos que contiene son terpenos, flavonoides, cumarinas, ácidos fenólicos y aceites esenciales, los cuales son responsables del efecto terapéutico que le atribuyen la mención de ser una de las plantas medicinales más populares. Estos compuestos están distribuidos en flores, tallos y hojas, pero es en las flores donde se concentra la mayor cantidad de los compuestos bioactivos, las cantidades pueden variar según el origen, condiciones ambientales y de cultivo (Parveen et al., 2023). En la Tabla 2 se describen los principales compuestos bioactivos de manzanilla y la acción farmacológica que cumple.

Tabla 2. Compuestos bioactivos presentes en la planta de manzanilla.

Grupo	Compuestos	Propiedades
Terpenoides y Sesquiterpenos	α -bisabolol y óxidos A y B Camazuleno	Antiinflamatoria, antimicrobiana,

	(E)- β -farneseno	antiespasmódica,
	Germacreno D	antiséptica, antioxidante,
	Farnesol	analgésica, fungicida y
	D-limoneno	sedantes
	β -cariofileno,	
	Espatulenol,	
	Éteres cíclicos	
Flavonoides	Apigenina y apigenina-7-O- β -D-glucósido	Antioxidante,
	Luteolina y luteolina-7-O-glucosa	antiinflamatoria,
	Quercetina	antibacteriana,
	Rutina	anticancerígena
	Naringenina	
	Genisteína	
	Catequina	
Cumarinas	Cumarina	Anticancerígena,
	Herniarina	antioxidante y
	Umbeliferona	antiinflamatoria
	Esculetina	
	Dafnetina	
	GMCA	

La tabla está elaborada basándose en las siguientes fuentes: Petronilho et al., 2012; Dai et al., 2023; Kováč et al., 2023.

Para la especie de *M. chamomilla* se han descubierto más de 120 compuestos, la concentración en la que se encuentren dependerá del método de preparación o el tipo de extracto utilizado. En el aceite esencial predomina la presencia de terpenoides, principalmente el α -bisabolol, óxidos de bisabolol y el camazuleno, pero en los extractos predominan compuestos fenólicos como ácidos fenólicos, flavonoides y cumarinas (El Mihyaoui et al., 2022).

Los sesquiterpenos representativos son α -bisabolol y sus óxidos A y B, camazuleno, (E)- β -farneseno, germacreno D y farnesol. En menor proporción se identificó, β -cariofileno, espatulenol, varios éteres cíclicos y algunos monoterpenos como D-limoneno y su derivado el alcohol perílico. Estos compuestos son responsables del aroma característico de la manzanilla (Petronilho et al., 2012). El camazuleno no se encuentra de forma natural en la manzanilla, sino que se forma a partir de la matricina en la destilación a vapor y es el responsable del característico color azul que tiene el aceite. Este compuesto se emplea como indicador de calidad según la Farmacopea. El α -bisabolol y sus derivados óxido A y B se les reconocen, en su gran mayoría, por la acción de las propiedades farmacológicas del aceite, especialmente la antiinflamatoria y antimicrobiana. Los terpenos y sesquiterpenos en el aceite esencial incrementan el valor de la manzanilla por lo que ha aumentado el interés para la industria cosmética y medicinal por usar sus propiedades antiespasmódico, antiséptico, antioxidante, analgésico, fungicida y sedante, por efectos positivos en el cuidado de piel y cabello para incluirlos en productos del uso cotidiano (Sah et al., 2022).

Los flavonoides son los compuestos bioactivos principales de la manzanilla, se caracterizan por una estructura central de 2-fenilcromona y para esta especie de *M. chamomilla* se lograron identificar 50 flavonoides. Se agrupan en distintas clases: flavonas como apigenina y luteolina, flavonoles como quercetina, flavononas como naringenina, isoflavonas como genisteína y flavan-3-oles como catequina y rutina, también se han podido determinar glucósidos en los extractos con un potencial terapéutico siendo apigenina-7-O- β -D-glucósido y luteolina-7-O-glucosa los más importantes. En conjunto, son los encargados de las actividades farmacológicas principales de la manzanilla, desde antioxidante, antiinflamatorio, antibacteriano y anticancerígeno, son objetivos de estudio para el desarrollo de fármacos antiinfecciosos, además de que se han estudiado para ser un posible tratamiento para prevenir problemas de obesidad (Dai et al., 2023; Kováč et al. 2023)

Las cumarinas son lactonas derivadas de ácidos O-hidroxicinámicos, estructuralmente, se componen de un núcleo de benzopirona, constituyen

compuestos relevantes para la manzanilla que actúan colaborativamente con flavonoides y ácidos fenólicos, especialmente en infusiones de manzanilla donde participan en la acción de propiedades funcionales de esta preparación. En la planta se han identificado cumarina, herniarina y umbeliferona que predominan en las flores de la manzanilla. De herniarina se obtienen los glicósidos ácidos (Z) y (E)-2-β-d-glucopiranosiloxi-4-metoxicinámico (GMCA) y umbeliferona es precursora de otras cumarinas como esculetina y dafnetina. Está comprobado que las cumarinas tienen efectos anticancerígenos, antioxidantes y antiinflamatorios que podrían ser útiles para el tratamiento de nefropatías, infecciones, diabetes y enfermedades neurodegenerativas (Petruľová et al., 2013; Hussain et al., 2024).

En general, la manzanilla tiene un perfil nutricional que ayuda a reforzar la importancia que tiene la planta para ser un alimento saludable. Se compone en gran parte de carbohidratos y proteínas como los macronutrientes que más abundan en hojas y flores, mientras que el contenido de grasas es relativamente bajo. Los azúcares presentes son fructuosa, la más abundante, mientras que glucosa y sacarosa también están presentes en menor proporción. Aunque el contenido de grasas es mínimo, predominan ácidos grasos poliinsaturados sobre los saturados y monoinsaturados, destacado el ácido linoleico, oleico y palmítico. Además, la manzanilla es una fuente de micronutrientes esenciales como hierro, zinc, calcio y vitamina C (Guimarães et al., 2013; Chauhan & Aishwarya, 2018).

2.3.6 Agentes contaminantes de manzanilla

La manzanilla es un producto que puede estar expuesto a una amplia gama de contaminantes biológicos provenientes del suelo, agua, aire y de la manipulación humana. Este producto puede someterse a diferentes tratamientos para reducir la carga microbiana como secado, tratamiento térmico o fumigación; sin embargo, las condiciones del entorno durante la cosecha, almacenamiento y distribución pueden volver a exponer a la planta a una nueva contaminación. Algunos órganos como flores y hojas de la manzanilla se encuentran expuestos, lo que incrementa la probabilidad de proliferación microbiana, especialmente si hay factores como la

humedad, que durante el procesamiento favorecen la supervivencia y el desarrollo de estos agentes (Al-Bachir, 2017).

El control microbiológico que se ha realizado en distintas muestras de manzanilla ha evidenciado cómo la planta es susceptible a múltiples agentes microbianos y que su presencia compromete la seguridad y calidad de consumo del producto. La manzanilla puede albergar bacterias mesófilas aerobias, que incluyen enterobacterias como *Escherichia coli*, que son reconocidas como indicadores de higiene y calidad en productos herbales y alimentarios (Zschau, 2018). También, se han detectado hongos filamentosos, incluyendo especies como *Aspergillus niger*, *Penicillium* spp., *Rhizopus nigricans* y *Mucor* spp, que además de afectar características de la planta, algunos pueden producir metabolitos secundarios como las micotoxinas que son de alto riesgo para el consumidor (Cioancă et al., 2011). Incluso se pudieron identificar esporas de *Clostridium botulinum*, responsable de sintetizar la neurotoxina botulínica. Las esporas tienen una elevada resistencia y se pueden distribuir a través del polvo, por lo que han llegado a algunos productos agrícolas entre los que se incluye la manzanilla (Bianco et al., 2008).

2. 4 INFUSIONES DE MANZANILLA

2.4.1 Generalidades

La infusión es un tipo de extracto acuoso que se obtiene al verter agua caliente sobre partes de la planta de manzanilla. Esta técnica de preparación es común para consumir y aprovechar las propiedades que posee la planta. Las propiedades farmacológicas fueron descubiertas al elaborar infusiones en las antiguas culturas como método tradicional y se administraban por vía oral o tópica para tratar las dolencias comunes (Srivastava et al., 2010). Por mucho tiempo y aun en la actualidad, se considera que la infusión de manzanilla es una buena alternativa natural, práctica y económica de los medicamentos, evitando que haya automedicaciones descontroladas y que se desarrolle resistencia a los antibióticos (Gómez et al., 2015).

La aceptación de las infusiones está relacionada con la búsqueda de bienestar en general y un estilo de vida más saludable en la población. Entre ellas, la infusión de manzanilla destaca por demostrar una preferencia de consumo mayor que otras bebidas como el agua, café, gaseosas, jugos y bebidas hidratantes. La frecuencia de su consumo se ve influida por la preferencia sensorial y a la sensación que se obtienen, además de que el creciente interés de utilizar alternativas naturales y funcionales ha consolidado a las infusiones de manzanilla como parte del cuidado de la salud (Aliaga & Acevedo, 2018).

La preparación de infusiones de manzanilla no se basa en un método estándar, aunque hay recomendaciones para elaborarlo adecuadamente, cada hogar tiene su propio método y lo ha adaptado según el uso previsto. Esto ha generado que haya variables en cada preparación, principalmente en la concentración. Distintas formas tradicionales difieren en los métodos de preparación de infusiones de manzanilla, un método común consiste en hervir 10 g de manzanilla en 150 mL de agua o añadiendo 1 cucharada de manzanilla seca en polvo o de flores secas de manzanilla en 1 taza de agua caliente en reposo de 15 min (Gómez et al., 2015). Estos métodos permiten la liberación de ciertos compuestos bioactivos, pero se desconoce la concentración que se puede obtener de una buena infusión.

Por otra parte, las marcas comerciales elaboran bolsas filtrantes con manzanilla en polvo para preparar infusiones de manera más rápida y eficaz, donde el producto ya se encuentra dosificado. Los sobres aproximadamente contienen 1 g de manzanilla, que rinde para elaborar una taza de 250 mL de agua caliente. Sugieren que antes de consumir el producto se considere un reposo de 3 a 5 minutos para asegurar el aroma y sabor característicos de la manzanilla. La elaboración de estos sobres es crucial para que los consumidores no ingieran los residuos de la planta y se puedan desechar con facilidad (Aliaga & Acevedo, 2018). Sin embargo, no importa que la manzanilla sea fresca, seca, en sobres de infusión, o polvo a granel, cada consumidor tiene sus propias, condiciones, métodos y preferencias para preparar y consumir infusiones de manzanilla por lo que es difícil tener un método estandarizado lo que ha logrado que exista flexibilidad en la elaboración.

2.4.2 Perfil del consumidor

En la población existe una tendencia de consumo de infusiones de manzanilla estrechamente relacionada con factores de edad, localidad y la vida cotidiana del consumidor. Los consumidores de edades mayores, 75 años o más, consumen infusiones de manzanilla de manera tradicional por las propiedades calmantes y digestivas, además de que el producto es accesible para ellos, ya que puede encontrarse sembrado en sus pequeños huertos, mientras que para el grupo de adultos jóvenes de 18 a 34 años han incorporado infusiones de manzanilla como parte de su bienestar y cuidado personal, el producto lo obtienen de sobres de manzanilla comerciales (Tomou et al., 2023).

Los grupos de consumidores más importantes son mujeres y lactantes. La popularidad de las infusiones de manzanilla en mujeres consta en la amplia utilidad que se ha descubierto con el paso del tiempo, el producto ha podido tratar cólicos menstruales, calmante de nervios, de estrés, incluso es un buen estimulante para inducir el parto, también se acondicionaron en baños para la limpieza y tratamiento en infecciones vaginales, además de que tiene un potencial de uso cosmético para nutrir el cabello, piel y tratar problemas de acné (Parveen et al., 2023). Por otra parte, en bebés y en infantes el interés de su consumo se enfocó en el tratamiento de problemas digestivos contra cólicos y diarrea, siendo una alternativa segura que sustituya el uso de productos farmacéuticos a edad temprana (National Institute of Child Health and Human Development, 2021).

En una encuesta elaborada en Perú, se menciona que existe una frecuencia de consumo relacionada con la tendencia que tiene como bebida principal la infusión de manzanilla. En dicha encuesta se menciona que la población consume con mayor frecuencia infusiones de forma diaria o varias veces a la semana, población que está representada por un 74%, ya que la comparativa de frecuencia que tiene el café instantáneo es del 45%. Este estudio representativo confirma la relevancia que han generado las infusiones como un producto que impacta positivamente en la salud humana y de su incorporación como un hábito, esto ha logrado aumentar el interés en la manzanilla como infusión como un punto importante en los estudios

de investigación para el desarrollo de alimentos funcionales (Aliaga & Acevedo, 2018).

2.4.3 Propiedades farmacológicas de la infusión de manzanilla

La mayoría de los efectos terapéuticos de la manzanilla se descubrieron gracias al consumo por vía oral de infusiones. En la medicina popular, ha resultado beneficioso el consumo como una bebida que puede tratar afecciones comunes, entre las que se incluyen los problemas gastrointestinales, respiratorios, musculares y de sistema nervioso. Solo utilizando las flores de la planta se ha comprobado que las infusiones de manzanilla tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, analgésico, antimicrobiano, antialérgico incluso anticancerígeno, siendo estas las más importantes de la manzanilla y de las cuales ha generado el interés para incluirla en productos farmacéuticos (Sah et al., 2022).

Preparar infusiones de manzanilla nunca se limitó únicamente como una bebida, esta preparación se ha empleado para uso externo o tópico. La preparación concentrada de manzanilla permite que se pueda aplicar para tratamiento de heridas, irritaciones, moretones, dermatitis, sequedad y quemaduras. El producto se aplica sobre la piel después de un traumatismo con ayuda de un paño, los efectos terapéuticos en piel serán antiinflamatorios, cicatrizantes y calmantes. Se ha determinado que son un posible tratamiento en articulaciones y nervios, así mismo se han empleado en la atención de afecciones como úlceras, hemorroides, gota, neuralgia, ciática, dolor reumático, entre otras molestias secundarias que derivan de distintas enfermedades. También se implementaron para el tratamiento por vía ocular y ótica de afecciones como infecciones, obstrucción de lagrimales, conjuntivitis, inflamación ótica y reacciones de alergia (Srivastava et al., 2010).

A nivel gastrointestinal, la infusión de manzanilla es útil para aliviar náuseas, vomito, indigestión, calambres estomacales, cólicos, estreñimiento y disentería, así mismo, su consumo nutre y protege la mucosa gástrica frente a problemas causados por alteración de microbiota o el efecto de agentes parasitarios. Se pudo incluir en la dieta como un elemento complementario para tratar la anorexia, ayuda a estimular el apetito como un efecto secundario que tiene la preparación. Se utilizan infusiones

de manzanilla calientes para tratar catarro, infección de garganta, asma, tos, resfriado, fiebre, alergia y otros malestares asociados a cambios de temperatura y clima, las infusiones se suelen acompañar de otros ingredientes como miel, limón, u otras hierbas para disminuir la molestia a nivel del sistema respiratorio (Morillas et al., 2022; Dai et al., 2023).

En el enfoque tradicional de la manzanilla, las infusiones han sido útiles en la salud ginecológica, el consumo en mujeres es favorable para aliviar cólicos menstruales y se ha empleado como una alternativa natural para trastornos del sistema reproductor femenino, entre ellos aquellos derivados de menopausia y síndrome de ovario poliquístico como amenorrea, menorrea y disminuye los síntomas premenstruales, debido a la acción estimulante para mejorar la función del útero, principalmente en el flujo menstrual y regularizando el ciclo (Dai et al., 2023; Nagalakshmi et al., 2024).

Hoy en día muchas personas recurren al uso de remedios naturales como la infusión de manzanilla, como un tratamiento eficaz y seguro de trastornos relacionados con el sistema nervioso, el consumo de esta bebida está asociado con la mejora de la calidad de sueño, está estrechamente relacionado con el bienestar emocional y la salud integral. La infusión de manzanilla posee un potente efecto calmante, actuando directamente en el sistema nervioso como un sedante y un agente ansiolítico. Por ello se recomienda para el tratamiento de ansiedad, estrés, insomnio, agotamiento físico y dolores de cabeza (Kazemi et al., 2024).

El popular consumo de infusiones ha demostrado el potencial terapéutico como una alternativa preventiva contra enfermedades crónicas. En distintos estudios se ha evidenciado que la infusión de manzanilla tiene efectos antitumorales, favorece la apoptosis de células cancerosas en cáncer de piel, ovario, próstata y mama sin generar reacciones secundarias que puedan afectar a las células sanas. En la salud cardiovascular, la manzanilla en infusión puede aumentar ligeramente la presión arterial y reduce los niveles de colesterol en la sangre, puede beneficiar en la salud de personas diabéticas, ya que el consumo de las infusiones de manzanilla mejora la hiperglucemia, protegen células beta pancreáticas y la reducción del estrés

oxidativo. Si bien la manzanilla tiene un futuro comprometedor para prevenir enfermedades crónicas degenerativas, todavía se requieren de múltiples ensayos que refuercen las propiedades que tiene el consumo de infusiones y confirmen la eficacia en la salud (Srivastava et al., 2010).

2.4.4 Composición química en la infusión

Aunque la manzanilla contenga una variedad amplia de compuestos bioactivos, no todos están presentes cuando se prepara la infusión, la temperatura es uno de los factores que puede influir en la extracción de compuestos durante la decocción, pero también otros factores que no dependen de la preparación pudieron influir en las concentraciones de los compuestos generando variación, como las condiciones de cultivo, el procesamiento y lugar de origen. En la composición química de las infusiones de manzanilla se ha reportado que de la composición de la planta solo el 10-15% del aceite esencial está incluido en la infusión y preservando el 10-26% de minerales que se pudieron extraer en la preparación, los minerales que se encuentran en mayor proporción son potasio, calcio y magnesio (McKay & Blumberg, 2006).

Los compuestos que continúan presentes en la infusión son flavonoides, en los que se incluyen los flavonoles y flavonas, ácidos fenólicos y sus derivados, que además de tener actividad antioxidante, también se ha demostrado la actividad antitumoral. Entre los compuestos que destacan se encuentran los ácidos fenólicos, en especial el ácido clorogénico y derivados hidroxicinámicos como el ferúlico glicosilado y compuestos dicafeoilquínicos. En los flavonoides predominan derivados de apigenina siendo que el apigenina-7-O-glucósido es reconocido en las propiedades, y otros flavonoides como quercetina, luteolina y patuletina. En menor proporción, los compuestos que son parte del aceite esencial como α -bisabolol, sus óxidos, el camazuleno, el farneseno y T-pinocarveol, son compuestos que a pesar de ser compuestos volátiles tienen baja solubilidad en agua y logran transferirse en mínimas proporciones a la infusión (Carnat et al., 2004; Guimarães et al., 2013).

La acción terapéutica de las infusiones de manzanilla se debe principalmente a la sinergia que hay entre flavonoides y algunos componentes del aceite esencial, aun

cuando estos se encuentren en concentraciones reducidas. La interacción favorece y potencia los efectos medicinales incluidos en la manzanilla en la forma de infusión, entre ellos los efectos calmantes, antiinflamatorios, antiespasmódicos y antioxidantes. Es por ello que el consumo de las infusiones de manzanilla se ha implementado como una bebida funcional por el recurso accesible, seguro y eficaz para aprovechar las propiedades de la planta (Wang & Zhang, 2024).

2.4.4.1 Propiedad antioxidante

Una de las razones para introducir infusiones de manzanilla en la vida cotidiana radica en el interés de prevención de enfermedades crónicas, de las cuales la mayoría están asociadas al estrés oxidativo. La acción antioxidante está estrechamente relacionada con los mecanismos en los que participan compuestos fenólicos, para disminuir el estrés oxidativo en el organismo con el fin de prevenir el riesgo de desarrollar procesos inflamatorios, envejecimiento prematuro, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas como Alzheimer, Parkinson y distintos tipos de cáncer. El estrés oxidativo ocurre a partir de la influencia de factores internos y externos que favorecen y aumentan la oxidación, generando un desequilibrio en reacciones óxido-reducción y que se aumenten especies reactivas de oxígeno (ERO) que puedan ser tóxicas. Los factores externos son contaminación, estrés y mala alimentación mientras que los internos son procesos inflamatorios, metabolismo celular y ejercicio intenso, estos factores pueden influir directamente en la liberación de estas ERO y actúen en lípidos, proteínas y ADN afectando la función celular y por ende debiliten la célula y generen daño (Coronado et al., 2015; Nasser & Noory, 2024).

El mecanismo de flavonoides y otros compuestos como ácidos fenólicos y algunos terpenoides actúan directamente en favorecer la capacidad antioxidante contra las ERO, por medio de reacciones de neutralización para impedir el daño celular. Los flavonoides pueden donar electrones debido a los grupos hidroxilo que abundan en su estructura, los cuales reaccionan con los radicales libres, permitiendo que se estabilicen y puedan disminuir su reactividad (Nasser & Noory, 2024). La acción de los flavonoides es directa, tienen la capacidad de quelar iones metálicos como hierro

y cobre para evitar la catalización de radicales hidroxilo y limiten la producción de ERO, además de que modulan algunas enzimas antioxidantes como catalasa, superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa para reforzar la actividad antioxidante (Mira et al., 2002).

Otros compuestos como ácidos fenólicos, actúan inhibiendo la peroxidación lipídica. Este proceso deteriora las membranas celulares por radicales peróxido, la defensa contribuye a la estabilización de membranas e interrumpe la propagación de los radicales. Así, los metabolitos previenen el daño de estructuras celulares y neutralizan a las ERO para modular el equilibrio redox y reducir el estrés oxidativo, con el objetivo de prevenir las cascadas de activación de procesos inflamatorios y del daño al ADN celular (Coronado et al., 2015; García et al., 2022).

2.4.5 Influencia de la temperatura para la preparación de infusiones

La temperatura del agua es un factor determinante para la extracción de los compuestos bioactivos de la manzanilla. El agua caliente favorece la liberación de compuestos solubles como fenoles, flavonoides y algunos aceites esenciales, lo que permite que esta preparación conserve las propiedades características de la manzanilla de su forma fresca. La preparación de infusiones no tiene un método universal debido a que la práctica tiene variaciones según el lugar y la tradición, lo que impide la optimización para la extracción de compuestos (Poswal et al., 2019; Sotiropoulou et al., 2020).

Es importante considerar que el potencial terapéutico de la infusión de manzanilla puede verse comprometido por la inapropiada preparación. Factores como la temperatura incorrecta, tiempo de reposo insuficiente o que la materia prima se encuentre en mala calidad puedan limitar y afectar la composición y propiedades generales que se obtienen de la infusión de manzanilla (Huda et al., 2024).

En algunos estudios han evaluado cómo la temperatura puede influir en el contenido fenólico en infusiones de manzanilla. Estos estudios comparativos se basan en el método doméstico para elaborar infusiones empleando temperaturas entre 50 y 100 °C, se ha reportado que existe mayor optimización en la extracción de compuestos

de manzanilla al emplear temperaturas de 80, 90 o 100 °C en distintos tiempos de reposo, mientras que con agua fría no se detectaron ningún tipo de compuestos presentes en la infusión aun después de 20 minutos de reposo, lo que sugiere que la influencia de la temperatura está relacionada con el tiempo de reposo de la infusión, la diferencia del proceso se puede deber a distintos procesos fisicoquímicos relacionados a la temperatura con el contacto entre el agua y la materia prima (Sotiropoulou et al., 2020).

Además de la influencia para extracción de compuestos, la temperatura de preparación es un factor para la inocuidad de la manzanilla, cuando la materia prima llega al consumidor esta puede contener partículas extrañas, residuos ajenos o microorganismos contaminantes, por lo que el uso de agua a una temperatura caliente insuficiente no garantiza la eliminación de estos agentes, principalmente de microorganismos, ya que la temperatura puede ser un factor que favorezca su proliferación. En algunas investigaciones previas se menciona el uso de agua en su punto de ebullición para favorecer la eliminación de agentes extraños o realizar la cocción directa de la planta para asegurar la liberación óptima de compuestos bioactivos y reducir el riesgo de ingesta de posibles microorganismos patógenos (Hernández, 2017).

3. JUSTIFICACIÓN

La manzanilla ha formado parte de la cocina mexicana, es de las hierbas más comunes, accesibles y prácticas de tener, se consume principalmente en forma de infusión a la que se le atribuyen gran cantidad de beneficios con propiedades farmacológicas, en las que destacan efectos digestivos, antioxidantes, antiinflamatorios y antimicrobianos. Al ser de origen natural, no se tiene una adecuada manipulación tanto para su cosecha como para su consumo. Por lo que puede presentar bacterias, así como afectación en sus compuestos bioactivos, asociados a las características benéficas que se esperan al consumirla. El tratamiento que se aplica frecuentemente para el consumo de infusiones es térmico, en el cual, la variación de temperatura puede ser un factor importante que influirá en la cantidad de microorganismos presentes, así como en la liberación de los principios bioactivos, la evaluación de este factor permitirá tener un proceso óptimo para tener el mayor aprovechamiento de la planta, así como la eliminación o inactivación de aquellas bacterias que pueden ser dañinas al consumidor. El presente proyecto tiene como objetivo principal evaluar el efecto de la temperatura en la carga microbiana y en los compuestos bioactivos presentes en infusiones de manzanilla.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la temperatura sobre la carga microbiana y compuestos bioactivos de infusiones de manzanilla.

4.2 Objetivos Particulares

- Estudiar el perfil de temperatura en la preparación de infusión de manzanilla.
- Evaluar el efecto de la temperatura y la agitación sobre las bacterias mesofílicas aerobias presentes en la manzanilla.
- Cuantificar el contenido de compuestos fenólicos, flavonoides totales y capacidad antioxidante de infusiones de manzanilla a temperaturas seleccionadas

5. DIAGRAMA DE TRABAJO

El esquema de trabajo realizado durante la investigación se muestra en la Figura 2 y se describe en la metodología.

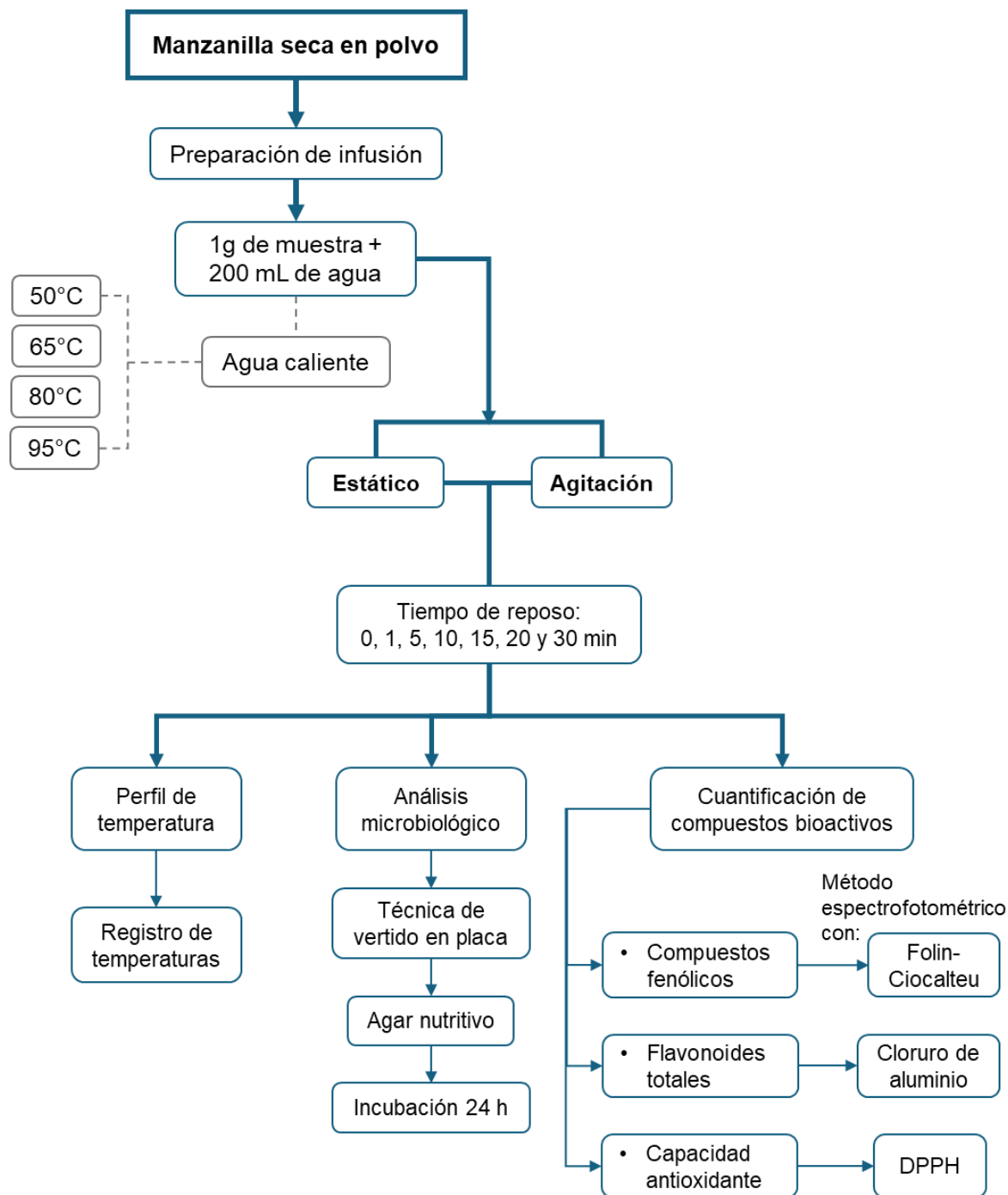


Figura 2. Esquema de trabajo de las infusiones de manzanilla.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

- Material de vidrio: El necesario para cada determinación.
- Material biológico: Manzanilla seca en polvo, la muestra pertenece a la marca PLANTAMEX, sede en Atlixco, Puebla, que produce la especie de *Matricaria chamomilla*.
- Reactivos: Los necesarios para cada determinación.

Tabla 3. Métodos y Referencias.

Determinación	Técnica	Referencia
Bacterias mesofílicas aerobias	Vertido en placa	NOM-092-SSA1-1994
Compuestos fenólicos	Folin-Ciocalteu	Hernández et al., 2016
Flavonoides totales	Cloruro de aluminio	Hernández et al., 2016
Capacidad antioxidante	DPPH	Hernández et al., 2016

Tabla 4. Equipos de trabajo.

Equipo	Marca	Modelo
Autoclave	CISA	AS-25
Contador de Colonias	SOL-BAT	Q-20
Espectrofotómetro	Spectronic	20 Genesys
Incubadora	Prendo	INO-650
Parrilla digital	Fisher Scientific	Isotemp

7. METODOLOGÍA

7.1 Preparación de la infusión

La preparación de las infusiones de manzanilla se realizó simulando el método casero que es utilizado comúnmente para una taza de infusión. Se elaboraron cinco infusiones distintas, utilizando agua destilada a diferentes temperaturas 50, 65, 80 y 95 °C, además se empleó una temperatura control con agua a temperatura ambiente, que fue de 20 °C. La infusión se preparó utilizando 1 g de manzanilla seca en polvo, colocada dentro un infusor de acero inoxidable, sobre este se vertieron 200 mL de agua previamente calentada. Para cada una de las temperaturas empleadas se evaluaron dos condiciones: agitado y estático. Las infusiones bajo agitación requirieron del uso de agitador magnético, el cual mantuvo una velocidad constante de 400-450 rpm para simular el movimiento manual para mezclar la bebida. Por otra parte, las infusiones en reposo (estático) se mantuvieron inmóviles y sin mezclar. Ambas infusiones se mantuvieron durante 30 min.

7.2 Determinación del perfil de temperatura

Durante el proceso de infusión, se evaluó el perfil de temperatura de la siguiente manera: para cada temperatura seleccionada se prepararon dos infusiones de manzanilla, una agitada y otra estática. Antes de añadir el agua caliente, a cada recipiente se le colocó un termómetro para monitorear la variación de la temperatura durante el tiempo de reposo y el comportamiento térmico de la infusión. Una vez que el agua fue vertida sobre el infusor, comenzó a cronometrarse el tiempo y se registró la temperatura desde el momento de contacto entre el agua y la manzanilla. Se registró la temperatura al tiempo 0, 1, 2.5 min y posteriormente cada 5 min durante los 30 min de reposo establecidos.

7.3 Análisis microbiológico de las infusiones de manzanilla

Se empleó la determinación de bacterias mesófilas aerobias utilizando la técnica de vertido en placa, descrito por la Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Previo a la elaboración de las infusiones, se preparó el medio de cultivo utilizando

agar nutritivo. El medio fue esterilizado en autoclave a 121 °C (15 psi), por 15 min. Al preparar la infusión, se tomaron alícuotas de muestra en distintos tiempos. Las muestras fueron recolectadas al instante de verter el agua caliente, considerado el tiempo 0, y después en 1, 2.5, 5, 10, 15, 20 y 30 min. Las alícuotas de infusión fueron sembradas en cajas Petri estériles con sus respectivas réplicas. Posteriormente, se aplicó la técnica de vertido en placa para homogenizar la muestra con el medio de cultivo fundido para observar el crecimiento de microorganismos distribuidos en el medio. Las placas fueron incubadas a 37 °C por 24 h. Transcurrido el tiempo de incubación, se realizó el conteo de la población; los resultados se expresaron en UFC/mL.

7.4 Cuantificación de compuestos bioactivos

Para la cuantificación de compuestos bioactivos, las infusiones se prepararon únicamente a 80 y 95 °C, la preparación fue distinta al utilizado en las anteriores determinaciones. Para mantener la uniformidad de las condiciones experimentales, se trabajaron con cinco recipientes por cada temperatura, en los cuales se colocó 1 g de la muestra de manzanilla y sobre cada recipiente se vertió el agua caliente. En la muestra correspondiente al tiempo 0, el agua tuvo contacto con la manzanilla e inmediatamente fue filtrada separando el extracto líquido para el análisis. Para el resto de los recipientes se estableció un tiempo de reposo que tendría contacto la manzanilla con el agua, del cual fue de 5, 10, 15, 20 y 30 min. Este procedimiento se realizó también con el tiempo de la condición estático y bajo agitación para comparar el efecto en ambas condiciones. Todas las infusiones fueron filtradas y reservadas para la cuantificación de compuestos bioactivos, de las cuales se determinaron compuestos fenólicos, flavonoides totales y capacidad antioxidante utilizando técnicas basadas en reacciones colorimétricas específicas.

7.4.1 Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos se determinaron por el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu. La reacción se llevó a cabo empleando tubos forrados para evitar la interferencia de la luz. Se mezcló 1 mL de la muestra con 1 mL de reactivo de Folin al 5%, después de 3 min, se añadió 1 mL de solución de NaCO₃ al 0.127%.

Al cabo de 30 min de reposo en oscuridad, se midió la absorbancia de cada muestra en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 765 nm. El contenido de compuestos fenólicos fue expresado como mg equivalentes de ácido gálico/100 mL.

7.4.2 Flavonoides totales

Los flavonoides totales se cuantificaron mediante la reacción con cloruro de aluminio (AlCl_3). La reacción se llevó a cabo en tubos forrados para evitar el contacto con la luz. Se mezcló 0.5 mL de infusión y 0.5 mL de solución de NaNO_2 al 1.5% y se dejó reposar durante 5 min, posteriormente se añadió 1 mL de AlCl_3 al 3% y 1 mL de NaOH 1N. Se midió la absorbancia a longitud de onda de 490 nm en espectrofotómetro y los flavonoides totales se expresaron como mg quercetina/100 mL.

7.4.3 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se evaluó mediante el método con DPPH. Para proteger la reacción de la luz y evitar la interferencia, se utilizaron tubos forrados con cinta negra. La reacción se llevó a cabo con 1 mL de la muestra con 1 mL de la solución de DPPH al 0.005%, después de homogenizar, se dejó reposar durante 30 min. La determinación se realizó por triplicado y se midió la absorbancia en el espectrofotómetro a longitud de onda de 517 nm. La capacidad antioxidante se expresó como mg Trolox/100 mL.

7.5 Análisis estadístico

Todas las determinaciones fueron hechas por duplicado para cada una de las preparaciones de manzanilla. Los resultados fueron analizados mediante un análisis de ANOVA usando el programa Minitab 15 (Minitab Inc. PA, USA). Se empleó la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$) para determinar diferencias significativas entre los tratamientos y los parámetros evaluados.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Comportamiento térmico de las infusiones con relación al tiempo y condiciones de reposo

En la Figura 3 se muestra el efecto de la agitación y el tiempo sobre el cambio de temperatura en infusiones de manzanilla, preparadas a cuatro temperaturas iniciales de 50, 65, 80 y 95 °C bajo condiciones estáticas (E) y agitadas (A).

En general, se observa que las infusiones agitadas disminuyeron su temperatura inicial más rápido en los primeros 10 minutos, mientras que las infusiones estáticas conservaron el calor por más tiempo. Este comportamiento fue más notorio en las infusiones preparadas a temperatura más alta de 80 y 95 °C, donde la diferencia entre ambas condiciones de cada temperatura fue significativa al inicio de reposo, debido al gradiente térmico con respecto al medio ambiente que favoreció una mayor pérdida de calor. La reducción de temperatura observada corresponde al comportamiento térmico normal que ocurre en líquidos calientes. Inicialmente, la gran diferencia entre la temperatura del líquido y la del ambiente generó el enfriamiento rápido debido al elevado gradiente térmico. Posteriormente, la velocidad de enfriamiento disminuyó a medida que el sistema se aproximaba al equilibrio térmico con el ambiente. Este proceso se explica por la acción conjunta de los mecanismos de transferencia de calor, la conducción, convección y radiación. La conducción ocurrió entre el líquido y las paredes del recipiente; la convección intervino en el movimiento interno y el intercambio del aire circundante y la radiación que contribuyó a la pérdida de calor de la superficie del sistema hacia el exterior (Suleman & Gas, 2024). Por otra parte, en las infusiones preparadas a 50 °C, la agitación tuvo un efecto mínimo, ya que en ambas condiciones la temperatura alcanzó rápidamente la temperatura ambiente, mostrando la misma tendencia de estabilización térmica que se mostró en las infusiones de mayor temperatura.

Ates et al. (2014) en un estudio sobre la comparación de sistemas agitados y estáticos mencionan que la agitación es un factor determinante en el procedimiento para la distribución térmica en el sistema, el movimiento generado favorece el contacto entre las distintas zonas, logrando que exista mayor uniformidad y se evite

la formación de zonas con diferencia térmica. Por el contrario, se menciona que la ausencia de agitación no favorece el enfriamiento del sistema, ya que la transferencia de calor ocurre por la conducción, limitando la velocidad de enfriamiento y prolongando el tiempo necesario que pueda favorecer que todas las zonas del sistema alcancen una temperatura homogénea. El hecho de que haya mayor velocidad de enfriamiento en la agitación se atribuye a la intensidad de la convección interna del sistema y a la pérdida de la capa de aire caliente en la superficie, lo que facilita que la transferencia de calor sea efectiva. Singh et al. (2018) reportaron resultados similares que demuestran que la agitación incrementa la efectividad en procesos térmicos al mejorar la convección y reducir tiempos para alcanzar el equilibrio. Además de que existen otros factores como el tipo de recipiente, frecuencia de movimiento, rotación, entre otros, son cruciales que influyen en el comportamiento del enfriamiento.

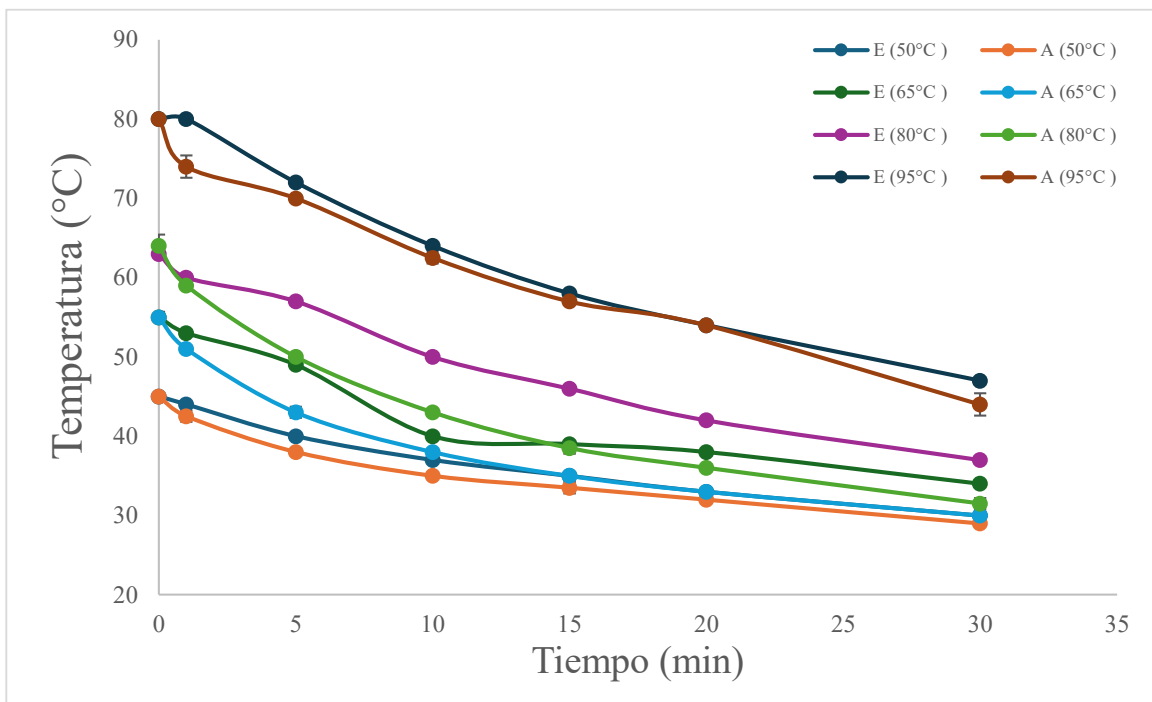


Figura 3. Efecto de la agitación y el tiempo de infusión sobre el perfil de temperatura.

8.2 Impacto de la temperatura sobre la carga microbiana de las infusiones de manzanilla

En la Figura 4 se muestra la influencia de la condición de agitación y estático, en la carga microbiana de infusiones de manzanilla preparadas a temperatura ambiente (20 °C).

En la infusión estática, la liberación de la carga microbiana fue constante durante los primeros 10 minutos, presentando un incremento ligero al final del tiempo de reposo. Mientras, en la infusión agitada se observó una liberación de microorganismos más rápida y notoria al inicio del periodo. Al finalizar el reposo, la infusión con mayor carga microbiana fue la agitada, que alcanzó aproximadamente un valor de 5.1 log (UFC/mL), y la estática de 4.7 log (UFC/mL).

La agitación actuó como una fuerza mecánica que favorece la homogeneización del sistema, mejorando la transferencia de masa y la dispersión de oxígeno y nutrientes en el medio. El movimiento también puede desprender microorganismos que se encuentran adheridos a partículas vegetales o a las paredes del recipiente, facilitando la dispersión de todos los componentes en el medio líquido y dando como resultado recuentos altos de la carga microbiana en la muestra agitada. La ausencia de esta acción limita la aireación y la disponibilidad de nutrientes, restringiendo la actividad microbiana y dando como resultado una carga menor en comparación con la agitada (Zhou et al., 2018).

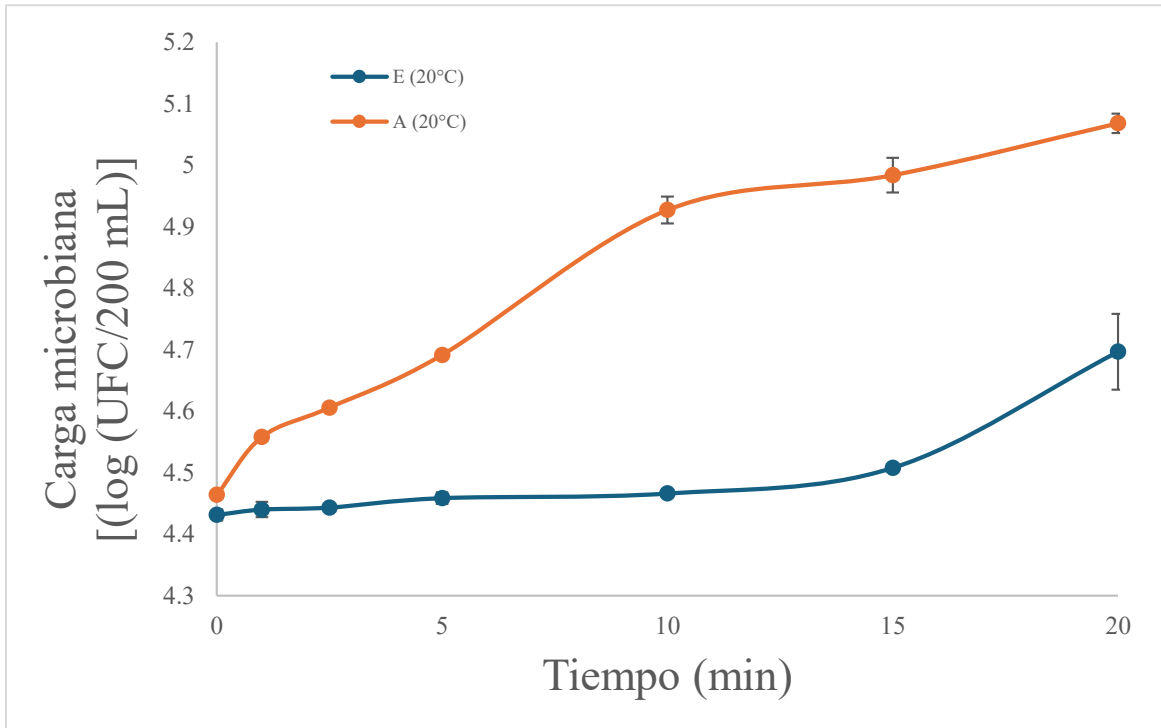


Figura 4. Efecto de la agitación sobre la carga microbiana en infusión a temperatura ambiente.

En la Figura 5 se muestra el efecto de las diferentes temperaturas (50, 65, 80 y 95 °C) en la carga microbiana de infusiones de manzanilla preparadas sin agitación.

Se observó que la carga microbiana de cada infusión tuvo una variación significativa según la temperatura inicial de preparación. A 50 °C, la liberación de la carga microbiana fue más rápida, alcanzando los valores más altos al final del reposo. Al inicio, en las infusiones preparadas a 65, 80 y 95 °C la liberación fue moderada durante los primeros minutos, la de 65 y 80 °C presentaron un incremento progresivo similar entre sí. Por otro lado, a 95 °C después de los primeros minutos, la liberación fue más lenta, con inhibición parcial de la carga microbiana, siendo esta la que al final del reposo obtuvo la menor carga.

En el caso de las infusiones estáticas, la liberación de microorganismos no depende del movimiento interno que se genera en aquellas infusiones agitadas, sino que depende únicamente de la temperatura y la interacción directa entre el líquido y la

manzanilla. A temperaturas más altas, los microorganismos se liberan rápidamente; sin embargo, el calor provoca la muerte parcial de la carga microbiana, limitando la liberación total en el tiempo de reposo. La ausencia de agitación disminuye la eficiencia de la interacción de la infusión y limita la liberación microbiana (Zschau, 2018).

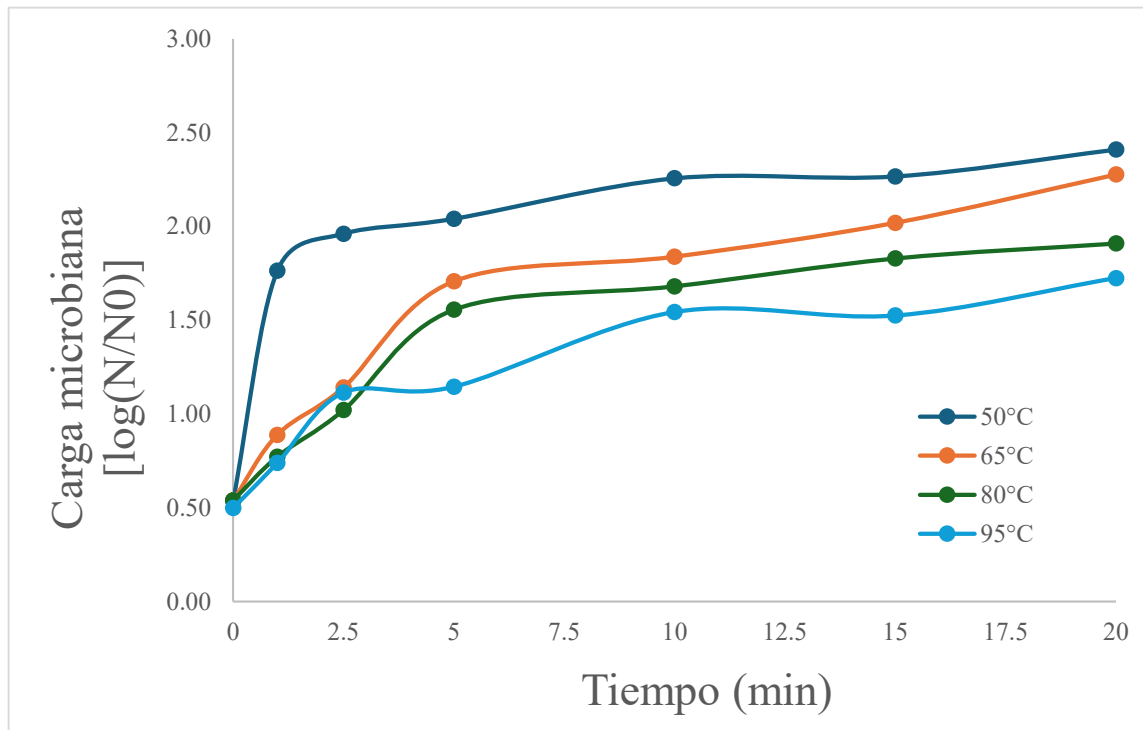


Figura 5. Efecto de la temperatura sin agitación (estático) de preparación de la infusión sobre la carga microbiana.

En la Figura 6 se tiene la comparación de la carga microbiana entre la infusión de manzanilla agitada y estática preparadas a 50 °C.

En esta Figura 6 se puede observar que ambas infusiones tuvieron gran diferencia significativa al inicio del periodo de reposo. La agitada presentó niveles más bajos en cuanto a la población y posteriormente tuvo un aumento rápido, mientras que en la estática la liberación fue rápida y progresiva. A partir de 10 minutos ambas condiciones mostraron poblaciones similares, ya que en las curvas de crecimiento tienden a estabilizarse y dar valores cercanos al final del reposo, incluso en la

infusión estática la población superó ligeramente a la agitada, el desarrollo es constante y no hay gran diferencia entre infusiones.

El comportamiento observado puede explicarse por la acción de la agitación, la cual favoreció el desprendimiento de microorganismos presentes en la materia vegetal. En plantas como la manzanilla, pueden contener una microbiota compuesta por bacterias y hongos, presentes en hojas o partículas secas debido a las cuestiones ambientales o de almacenamiento. Al prepararse en infusiones, pueden liberarse en el medio. La agitación es uno de los factores que facilita la interacción y acelera la transferencia de microorganismos a la infusión. Sin embargo, la temperatura utilizada es un factor que puede influir directamente con la carga microbiana liberada. La aplicación de temperaturas relativamente bajas, inferiores a las recomendadas para la preparación estándar de infusiones, no garantiza que sea posible inactivar correctamente microorganismos presentes, permitiendo que un porcentaje de la población pueda sobrevivir al proceso térmico (Roy et al., 2019).

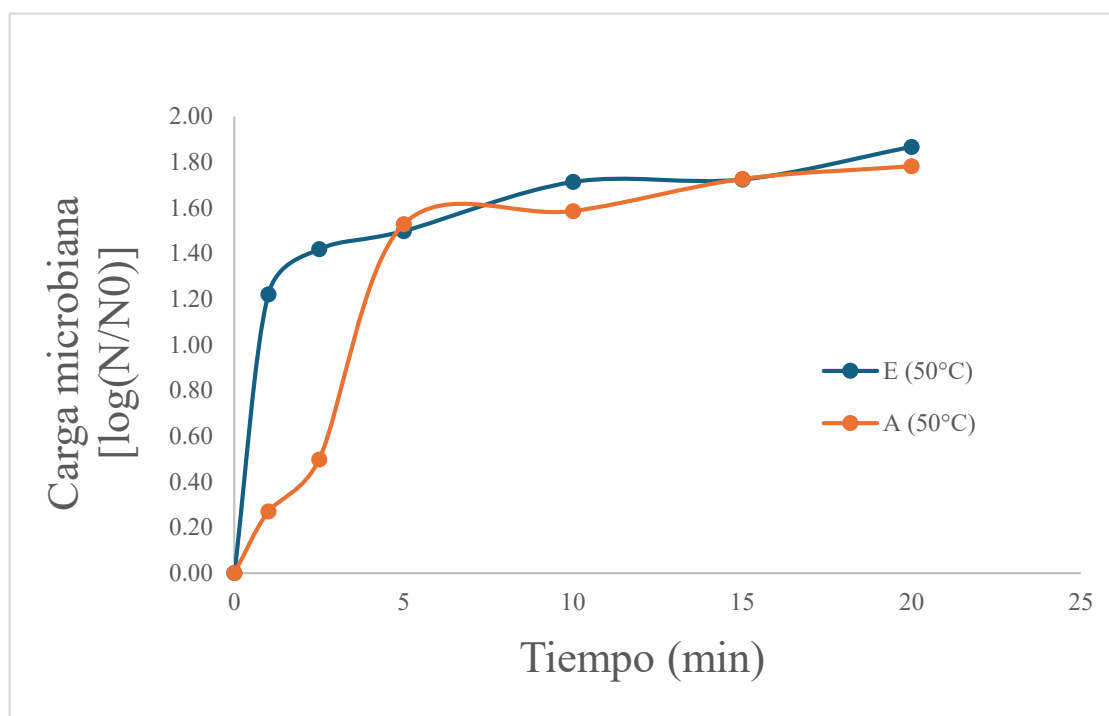


Figura 6. Comparativa del efecto de la agitación sobre la carga microbiana en infusión a 50 °C.

La Figura 7 muestra la comparación entre la carga microbiana de infusiones de manzanilla preparadas a 95 °C.

Ambas infusiones presentaron diferencias en la liberación microbiana. La infusión estática liberó mayor cantidad de microorganismos, alcanzando aproximadamente 1.2 log al final del tiempo de reposo, mientras que la infusión agitada muestra una liberación limitada, ya que alcanzó cerca de 0.7 log.

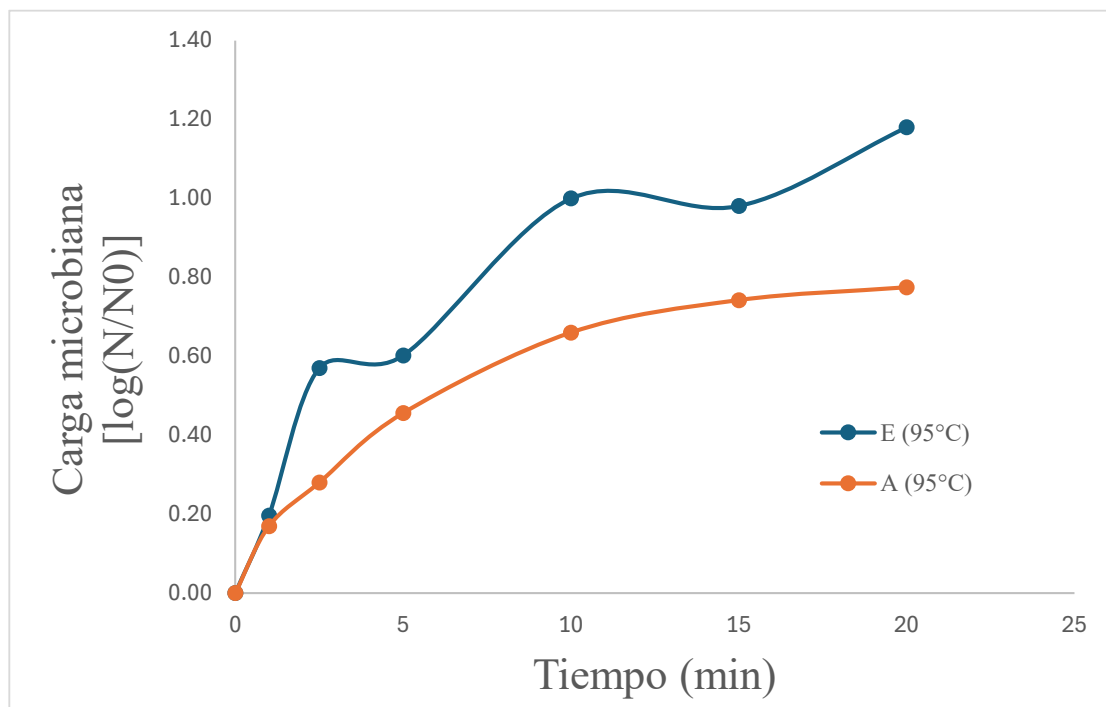


Figura 7. Comparativa del efecto de la agitación sobre la carga microbiana en infusión a 95 °C.

En general, los resultados obtenidos coinciden con lo que se reporta en estudios de procesamiento térmico de alimentos por Jiménez et al. (2023), en el que refleja la influencia de la agitación y temperatura en la inactivación térmica de microorganismos. La agitación favorece un movimiento constante que no solo facilita el contacto entre la manzanilla y el agua, sino que también distribuye de manera uniforme el calor de las distintas temperaturas que se probaron,

aumentando significativamente la exposición de los microorganismos al estrés térmico, aumentando la sensibilidad y por ende sean más fáciles de inactivar. En sistemas agitados frente a estáticos, la eficacia de la reducción de carga microbiana depende de la temperatura y el tiempo. Espinosa et al. (2020) enfatizan en que la cinética de inactivación de microorganismos depende de la composición de los alimentos y la distribución de calor en el medio. En las infusiones de manzanilla, la materia vegetal puede limitar que el medio alcance la misma temperatura. Sin la agitación, el calor no se distribuye correctamente y es más probable que requiera de mayor tiempo para alcanzar el objetivo de tener efectos directos en la carga microbiana.

8.3 Evaluación del contenido de compuestos fenólicos, flavonoides totales y capacidad antioxidante en función del reposo y la temperatura elevada

En la Figura 8 se muestra el contenido de compuestos fenólicos totales en infusiones de manzanilla preparadas a 80 y 95 °C, bajo condiciones estáticas y agitadas.

Se observa que en ambas temperaturas la liberación ocurre principalmente durante los primeros minutos del periodo, alcanzando la máxima concentración en los 10 minutos, después los valores de concentración se mantienen estables. A 80 °C, la agitación favoreció una mayor liberación inicial de compuestos fenólicos, aunque la concentración para ambas condiciones tiende a estabilizarse y tener diferencias mínimas entre sí. Por otra parte, las infusiones preparadas a 95 °C mostraron una mayor cantidad de compuestos liberados que las preparadas a 80 °C, siendo con agitación más efectiva para la extracción, mientras que para la estática la liberación mostró un comportamiento más variable.

El hecho de que a 95 °C ocurra la mayor liberación de compuestos fenólicos coincide con lo descrito por Psarrou et al. (2020), en su estudio sobre cinética de extracción de compuestos en residuos vegetales, señalan que el aumento de temperatura acelera la cinética de extracción de compuestos, ya que incrementa la

solubilidad de metabolitos y su movilidad dentro del sistema. Asimismo, la agitación mejora la difusión y el contacto entre el agua y la materia vegetal, favoreciendo que la extracción sea más rápida y efectiva. La combinación de ambos factores es crucial para optimizar la liberación de compuestos fenólicos, en el cual puedan alcanzar un equilibrio donde el tiempo de extracción sea corto, la concentración se encuentre estable y se evite la degradación.

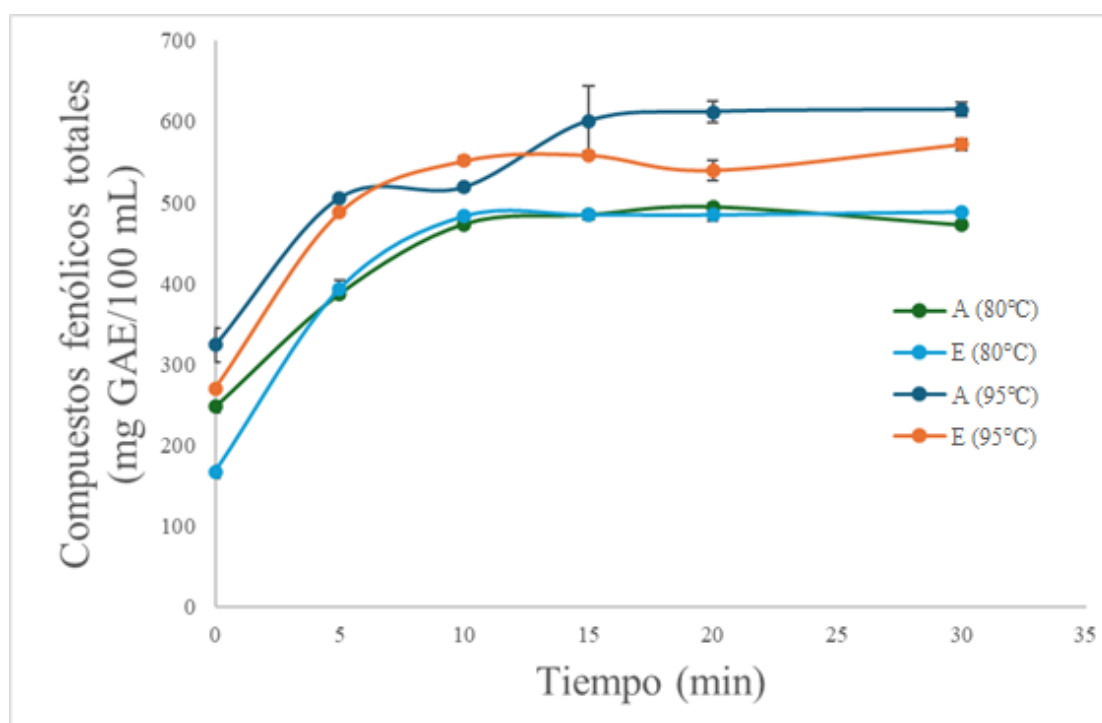


Figura 8. Efecto de la temperatura en la concentración de compuestos fenólicos de infusiones de manzanilla.

En la Figura 9 se presenta la variación en el contenido de flavonoides totales en infusiones de manzanilla en función a la temperatura de preparación, 80 y 95 °C, y las condiciones de reposo.

El comportamiento de los flavonoides fue similar al observado en compuestos fenólicos. Se muestra liberación rápida durante los primeros 10 minutos. A 80 °C la

concentración de flavonoides fue menor para ambas condiciones en comparación con las infusiones a 95 °C. Después de 10 minutos, la concentración presentó variaciones, ya que en la infusión agitada la concentración aumento ligeramente hasta los 20 minutos, mientras que en la estática se mantuvo estable por un tiempo y posteriormente presento una disminución. Sin embargo, a 95 °C en ambas mostraron un incremento sostenido hasta los 25 minutos, alcanzando la concentración máxima antes de comenzar a disminuir.

Zeković et al. (2014) identificaron que temperaturas moderadamente altas pueden generar un mayor rendimiento de extracción de flavonoides en manzanilla, sin que comprometan su estabilidad. No obstante, demuestran que temperaturas excesivas o tiempos prolongados pueden provocar la degradación de flavonoides termosensibles por exposición continua al calor, luz y oxígeno. Comparando con estos resultados, emplear una temperatura de 95 °C representa un proceso más eficiente para la extracción, aunque después de 20 minutos los compuestos comienzan a degradarse. En cambio, a 80 °C ofrece una mayor estabilidad a lo largo del tiempo, manteniendo la concentración constante. En este caso, comprueba que las temperaturas altas pueden favorecer la liberación sin afectar significativamente la calidad de la infusión, solo si se controla el tiempo de exposición de la materia vegetal y el agua.

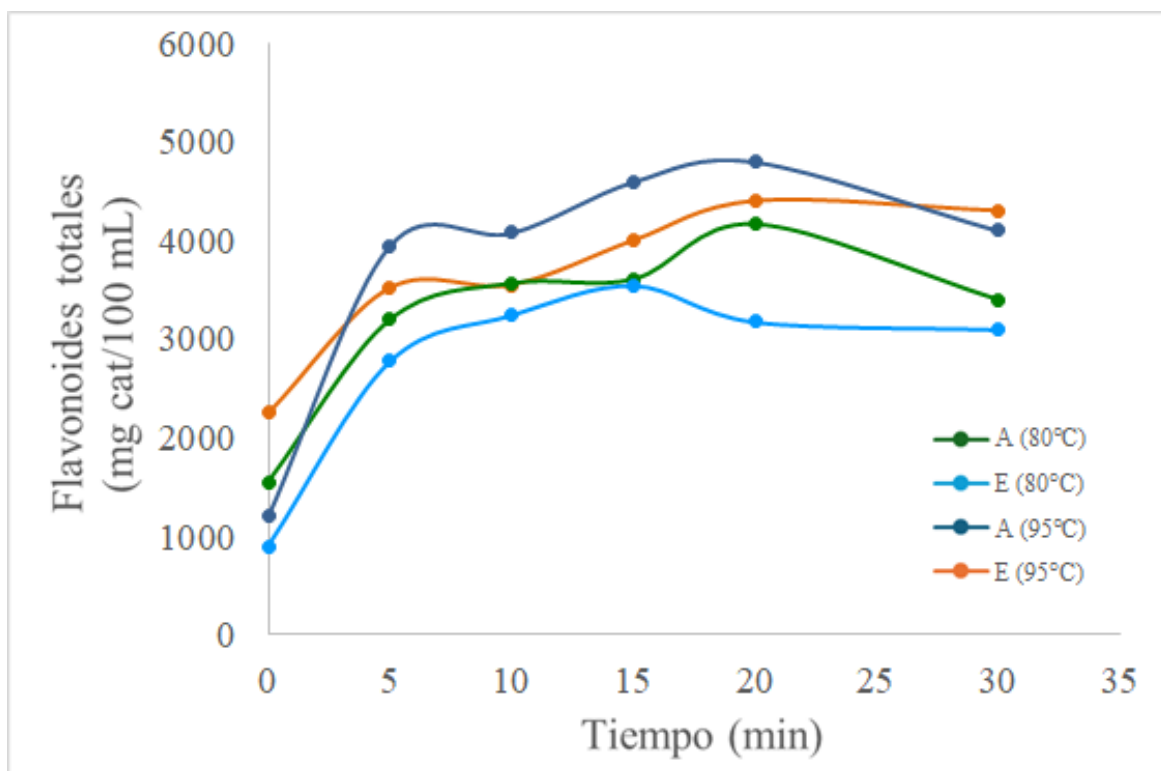


Figura 9. Efecto de la temperatura en el contenido de flavonoides totales en infusiones de manzanilla.

En la Figura 10 se muestra la capacidad antioxidante de infusiones de manzanilla a 80 y 95 °C bajo condiciones estáticas y de agitación.

En todos los casos se observa un incremento inicial en la concentración durante los primeros 5-10 minutos, siendo la infusión agitada a 95 °C la que alcanzó la mayor actividad. En las infusiones agitadas, los valores incrementan hasta los 10 minutos y posteriormente se mantienen estables con ligeras reducciones, mientras que las infusiones estáticas presentaron una leve disminución después de los 5 minutos, y un incremento tardío que se mantiene hasta los 20 minutos.

La Figura 10 sigue la tendencia que tienen los compuestos fenólicos y flavonoides, donde la mayor actividad se obtuvo a 95 °C con agitación. Fotakis et al. (2016) mencionan que la estabilidad térmica de los antioxidantes es limitada, debido a que el exceso de calor puede inducir a reacciones de oxidación o degradación

estructural, lo que reduce su capacidad de neutralizar radicales libres. El hecho de que la capacidad antioxidante deje de aumentar después de 10-15 minutos indica que alcanzó el equilibrio entre la estabilidad y la disponibilidad de antioxidantes activos; con el tiempo, los compuestos antioxidantes pueden degradarse por efecto térmico, por lo que el tiempo de extracción es uno de los factores críticos para maximizar la actividad y no únicamente relacionarse con la concentración.

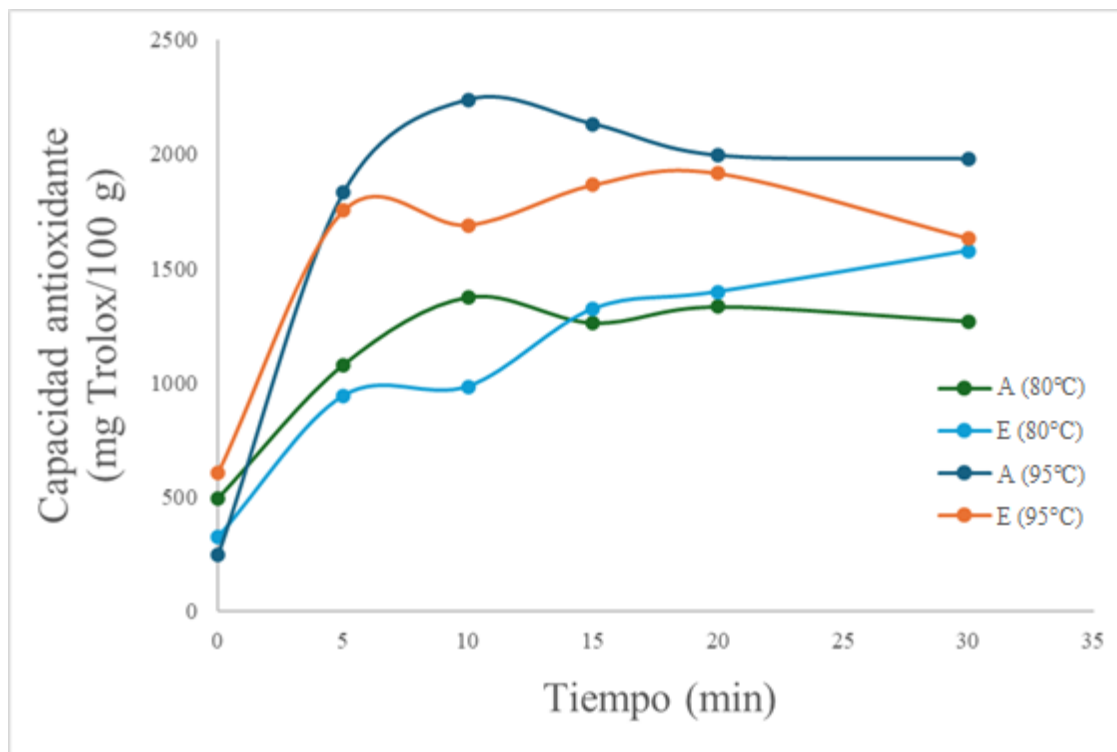


Figura 10. Capacidad antioxidante de infusiones de manzanilla preparadas a 80 y 95 °C.

En los estudios de Zecovik et al. (2014) y Sotiropoulou et al. (2020), temperaturas entre 80 y 95 °C resultan ser óptimas, ya que permiten un balance entre la liberación y estabilidad de compuestos fenólicos y flavonoides. Aunque incrementar la temperatura, si bien puede mejorar la difusión y solubilidad, también aumenta el riesgo de degradación de compuestos termosensibles. Además, Zhou et al. (2018), señala que la agitación favorece la interacción entre el agua y el material vegetal, incrementando la disponibilidad de compuestos bioactivos, aunque la exposición

prolongada al calor pueda reducir la funcionalidad. Por otra parte, Cvetanovic et al. (2019), al emplear agua subcrítica para extracción de compuestos de manzanilla, demostraron que la temperatura óptima varía según la naturaleza química de cada compuesto. Aunque las condiciones difieren a la de las infusiones, confirma que los flavonoides glucosidos presentan mayor estabilidad a temperaturas moderadas aproximadas a 85 °C, en flavonas libres alcanzan el máximo a temperaturas entre 110-115 °C, y los compuestos fenólicos entre 85 y 210 °C. Este comportamiento respalda la tendencia en los resultados obtenidos del aumento controlado de temperatura, tal como el caso de 95 °C, que puede favorecer la liberación de compuestos sin comprometer la estabilidad ni el rendimiento de las infusiones de manzanilla.

9. CONCLUSIONES

- La agitación fue un factor crucial para el enfriamiento de infusiones, evidenciando que el intercambio térmico depende del movimiento interno y el tiempo de reposo.
- El emplear temperaturas más altas redujeron significativamente en la carga microbiana, siendo a 95 °C con mayor efectividad que limitaba la liberación de bacterias mesofílicas aerobias.
- La agitación no mostró un efecto directo en la carga microbiana, pero facilitó la distribución térmica, acelerando el proceso de la inactivación de bacterias en menor tiempo.
- A 95 °C, las infusiones con agitación mostraron la mayor liberación de compuestos fenólicos, flavonoides y se obtuvo la capacidad antioxidante más alta.
- El tiempo de reposo efectivo es de 10 minutos, donde la extracción de compuestos bioactivos es eficiente y no llega a la degradación térmica.
- La temperatura y tiempo de reposo óptimos para preparar una infusión son a 95 °C por 10 minutos, que permiten un equilibrio adecuado en la extracción de compuestos bioactivos, garantiza la seguridad microbiológica y ofrecen efectividad para el consumidor.

10. RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas sensoriales enfocadas en la percepción de los consumidores respecto al aroma, sabor y aspecto general en infusiones para definir condiciones aceptables sin afectar las propiedades funcionales.
- Realizar estudios comparativos entre manzanilla y otras especies de plantas medicinales que se consumen en forma de infusión, para establecer un patrón común del comportamiento térmico y la liberación de compuestos bioactivos.
- Incluir el análisis microbiológico de otros microorganismos indicadores como hongos y levaduras, para obtener una caracterización completa y garantizar la inocuidad alimentaria.
- Comparar el comportamiento de manzanilla fresca y seca, así como el efecto del tamaño de partícula molida para determinar el impacto en la liberación de los metabolitos y la calidad de la infusión.
- Identificar los principales compuestos bioactivos en infusiones de manzanilla y estudiar su estabilidad térmica, determinando las temperaturas que mantienen su funcionalidad.
- Evaluar diferentes métodos de preparación, adición de agua caliente, ebullición directa o calentamiento en microondas sobre la liberación de compuestos bioactivos.

11. REFERENCIAS

- ❖ Al-Bachir, M. (2017). "Control of natural microorganisms in chamomile (*Chamomilla recutita* L.) by gamma ray and electron beam irradiation". *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment*, 16(1), 17-23.
- ❖ Aliaga, P. E. L., Acevedo, J. J. A. (2018). "Factores para el procesamiento de la manzanilla común en la industria peruana de infusiones". *Ingeniería industrial*, (36), 213-239.
- ❖ Altyn, I., Twarużek, M. (2020). "Mycotoxin contamination concerns of herbs and medicinal plants". *Toxins*, 12(3), 182.
- ❖ Appropedia Foundation. (2015). "Chamomile".
- ❖ Ates, M. B., Skipnes, D., Rode, T. M., Lekang, O. I. (2014). "Comparison of bacterial inactivation with novel agitating retort and static retort after mild heat treatments". *Food Control*, 43, 150-154.
- ❖ Bianco, M. I., Lúquez, C., de Jong, L. I., Fernández, R. A. (2008). "Presence of *Clostridium botulinum* spores in *Matricaria chamomilla* (chamomile) and its relationship with infant botulism". *International journal of food microbiology*, 121(3), 357–360.
- ❖ Boy, M. F. R. (2023). "Compuestos bioactivos en extractos de plantas aromáticas y medicinales de la dehesa extremeña". Tesis doctoral. Universidad de Extremadura. Dehesa Repositorio Institucional.
- ❖ Cameroni, M. G. (2010). "Ficha técnica: Manzanilla (*Matricaria recutita*). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (Argentina).
- ❖ Carnat, A., Carnat, A. P., Fraisse, D., Ricoux, L., Lamaison, J. L. (2004). "The aromatic and polyphenolic composition of Roman camomile tea". *Fitoterapia*, 75(1), 32-38.

- ❖ Chauhan, E. S., Aishwarya, J. (2018). "Nutraceutical analysis of matricaria recutita (chamomile) dried leaves and flower powder and comparison between them". *International Journal of Phytomedicine*, 10(2), 111–114.
- ❖ Cioanca, O., Mircea, C., Poiata, A., Stanescu, U., Hancianu, M. (2011). "Contributions to the study of the pharmaceutical quality of some chamomile comercial simples". *Farmacía*, 59(6), 784-793.
- ❖ Coronado, H. M., Vega, L. S., Gutiérrez, T. R., Vázquez, F. M., Radilla, V. C. (2015). "Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana". *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212.
- ❖ Cvetanović, A., Švarc-Gajić, J., Zeković, Z., Jerković, J., Zengin, G., Gašić, U., Tešić, Ž., Mašković, P., Soares, C., Fatima Barroso, M., Delerue-Matos, C., Đurović, S. (2019). "The influence of the extraction temperature on polyphenolic profiles and bioactivity of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) subcritical water extracts". *Food chemistry*, 271, 328-337.
- ❖ Dai, Y.-L., Li, Y., Wang, Q., Niu, F.-J., Li, K.-W., Wang, Y.-Y., Wang, J., Zhou, C.-Z., Gao, L.-N., (2023). "Chamomile: a review of its traditional uses, chemical constituents, pharmacological activities and quality control studies". *Molecules*, 28(1), 133.
- ❖ Diez, R., López, C., Rodríguez, J. M., De La Puente, R., Romero, B., Vázquez, E. M., Diez, M. J. Fernández, N. Sahagun, A. M. (2025). "Occurrence and risk assessment of organochlorine pesticide residues in tea and herbal products in Spain". *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1575428.
- ❖ Drača, N., Aladić, K., Banožić, M., Šubarić, D., Jokić, S., Nemet, I. (2024). "Chamomile waste: A comprehensive insight on phytochemical and safety profile, extraction techniques and potential application". *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 103468.
- ❖ El Mihyaoui, A., Esteves da Silva, J. C. G., Charfi, S., Candela Castillo, M. E., Lamarti, A., Arnao, M. B. (2022). "Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): A review

of ethnomedicinal use, phytochemistry and pharmacological uses”. *Life* , 12 (4), 479.

- ❖ Espinosa, M. F., Sancho, A. N., Mendoza, L. M., Mota, C. R., Verbyla, M. E. (2020). “Systematic review and meta-analysis of time-temperature pathogen inactivation”. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 230, 113595
- ❖ Flores, A. J., Aguilar, Z. P., Michel, R. M., Sepúlveda, T. L., Torres, L. C., Aguilar, C. N., Chávez, G. M. L. (2025). “Exploring the therapeutic potential of medicinal plants in the context of gastrointestinal health: a review”. *Plants*, 14(5), 642.
- ❖ Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). “Medicinal plants”. AGROVOC. [Página web].
- ❖ Fotakis, C., Tsigrimani, D., Tsiaka, T., Lantzouraki, D. Z., Strati, I. F., Makris, C., Tagkouli, D., Proestos, C., Sinanoglou, V. J., Zoumpoulakis, P. (2016). “Metabolic and antioxidant profiles of herbal infusions and decoctions”. *Food chemistry*, 211, 963–971.
- ❖ García, V. M. I., Jaramillo, A. J. E., Guajardo, G. J. A., Sánchez, C. A., Rodríguez, G. K. L. (2022). “Perfil Fitoquímico y capacidad antioxidante de tés de flores de plantas medicinales”. *Jóvenes en la ciencia*, 16.
- ❖ Gómez, U. M., Reyes, R. S., Paredes, C. L. (2015). “La manzanilla y sus propiedades medicinales”. *Revista de Investigación e Información en Salud*, 10(23), 54-58.
- ❖ Guimarães, R., Barros, L., Dueñas, M., Calhelha, R. C., Carvalho, A. M., Santos, B. C., Queiroz, M. J. Ferreira, I. C. (2013). “Nutrients, phytochemicals and bioactivity of wild Roman chamomile: A comparison between the herb and its preparations”. *Food Chemistry*, 136(2), 718-725.
- ❖ Guzmán, M. S. H., Díaz, H. R. S., González, C. M. M. (2017). “Plantas medicinales: La realidad de una tradición ancestral”. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Guanajuato, México.

- ❖ Hernández, C. P., Ávila, S. R., Guerrero, B. J. A., Navarro, C. A. R., Corona, J. E., Ochoa, V. C. E. (2016). "Optimization of antioxidant compounds extraction from fruit by-products: apple pomace, orange and banana peel". *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(1), 103-115.
- ❖ Hernández, M. B. (2017). "Evaluación del contenido de cadmio en infusiones de manzanilla preparadas a partir de tisanas comercializadas en Costa Rica". Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica. Repositorio SIBDI.
- ❖ Huda, H. S., Majid, N. B. A., Chen, Y., Adnan, M., Ashraf, S. A., Roszko, M., Bryła, M., Kieliszek, M., Sasidharan, S. (2024). "Exploring the ancient roots and modern global brews of tea and herbal beverages: A comprehensive review of origins, types, health benefits, market dynamics, and future trends". *Food science & nutrition*, 12(10), 6938-6955.
- ❖ Hussain, M. K., Khatoon, S., Khan, M. F., Akhtar, M. S., Ahamad, S., Saquib, M. (2024). "Coumarins as versatile therapeutic phytomolecules: A systematic review". *Phytomedicine : international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 134, 155972.
- ❖ Juárez, R. C. R., Aguilar, C. J.A., Juárez, R. M. E., Bugarín, M. R., Juárez, L. C. C. E., (2013). "Hierbas aromáticas y medicinales en México: Tradición e Innovación". *Revista Bio Ciencias*, 2(3), 119-129.
- ❖ Jiménez, P. S., Bangar, S. P., Suffern, M., Whiteside, W. S. (2023). "Understanding retort processing: A review". *Food science & nutrition*, 12(3), 1545–1563. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3912>
- ❖ Kazemi, A., Shojaei-Zarghani, S., Eskandarzadeh, P., Hashempur, M. H. (2024). "Effects of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) on sleep: A systematic review and meta-analysis of clinical trials". *Complementary Therapies in Medicine*, 84, 103071.
- ❖ Kováč, J., Slobodníková, L., Trajčíková, E., Rendeková, K., Mučaji, P., Sychrová, A. Bittner Fialová, S. (2023). "Therapeutic potential of flavonoids and tannins in management of oral infectious diseases: A reveiw". *Molecules*, 28 (1), 158.

- ❖ Kosalec, I., Cvek, J., Tomić, S. (2009). "Contaminants of medicinal herbs and herbal products". *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 60(4), 485–501.
- ❖ Kowalska, G. (2021). "The safety assessment of toxic metals in commonly used herbs, spices, tea, and coffee in Poland". *International journal of environmental research and public health*, 18(11), 5779.
- ❖ Martínez, M. D., Valdéz, E. G., Basurto, P. F., Andrés, H. A. R., Rodríguez, R. T., Figueroa, C. A. (2016). "Plantas medicinales de los mercados de Izúcar de Matamoros y Acatlán de Osorio, Puebla". *Polibotánica*, (41), 153-178.
- ❖ McKay, D. L., Blumberg, J. B. (2006). "A review of the bioactivity and potential health benefits of chamomile tea (*Matricaria recutita* L.)". *Phytotherapy research: PTR*, 20(7), 519–530.
- ❖ Meza, P.L., Dicovalsky, R. L. M. (2020). "Uso potencial de la manzanilla matricaria chamomilla l. y experiencias en Nicaragua". *El Higo: Revista Ciencia Y Tecnología*, 10(1), 1-8.
- ❖ Milla, E. K. J. (2008). "El sutil camino de una planta aromática: del medio rural al anaquel del centro comercial". *Etnobiología*, 6(1), 29-41.
- ❖ Mira, L., Fernández, M. T., Santos, M., Rocha, R., Florêncio, M. H., Jennings, K. R. (2002). "Interactions of flavonoids with iron and copper ions: a mechanism for their antioxidant activity". *Free radical research*, 36(11), 1199–1208.
- ❖ Morillas, C. A. Y., Miranda, H. M. J., Moreno, A, E. M., Ganoza, Y. M. L. (2022). "Chamaemelum nobile: una revisión de usos tradicionales, fitoquímica y farmacología". *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 7(3).
- ❖ Muñoz, V. E. E., Rivas, D. K., Loarca, P. M. G. F., Mendoza, D. S., Reynoso, C. R., Ramos, G. M. (2012). "Comparación del contenido fenólico, capacidad antioxidante y actividad antiinflamatoria de infusiones herbales comerciales". *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(3), 481-495.

- ❖ Nagalakshmi R., Gokulraj M., Sri Vignesh M., Halaswamy, D. B., Hariprasad, M. S., Indushree, G. L. (2024). "A review on extensive assessment of the oral formulations enriched with chamomile for optimal oral care". *IJPS Journal*, (2),8.
- ❖ Nasser, H. M., Noory, F. A. (2024). "In vivo evaluation of antioxidant activity of chamomile extract against procyclidine-induced oxidative stress: potential application in cancer prevention". *Asian Pacific journal of cancer prevention : APJCP*, 25(8), 2919–2928.
- ❖ National Institute of Child Health and Human Development. (2021). "Chamomile". Drugs And Lactation Database (LactMed®). NCBI Bookshelf.
- ❖ Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- ❖ Ordoñez, E., López, A., Reátegui, D. (2020). "Infusiones de plantas medicinales: Actividad antioxidante y fenoles totales". *Agroindustrial Science*, 10(3), 259-266.
- ❖ Özden, H., Özden, S. (2018). "Levels of heavy metals and ochratoxin a in medicinal plants commercialized in turkey". *Turkish journal of pharmaceutical sciences*, 15(3), 376–381.
- ❖ Parveen, A., Perveen, S., Naz, F., Ahmad, M., Khalid, M. (2023). "Chamomile". *Fundamentals of medicinal and aromatic crops*. Springer, Cham: 1009-1040.
- ❖ Petronilho, S., Maraschin, M., Coimbra, M. A., Rocha, S. M. (2012). "In vitro and in vivo studies of natural products: A challenge for their valuation. The case study of chamomile (*Matricaria recutita* L.)". *Industrial crops and products*, 40, 1-12.
- ❖ Petruřová, P. V., Repčák, M., Vilková, M., Imrich, J. (2013). "Coumarins of *Matricaria chamomilla* L.: aglycones and glycosides". *Food chemistry*, 141(1), 54–59.
- ❖ Psarrou, I., Oreopoulou, A., Tsimogiannis, D., Oreopoulou, V. (2020). "Extraction kinetics of phenolic antioxidants from the hydro distillation residues of rosemary and effect of pretreatment and extraction parameters". *Molecules*, 25(19), 4520.

- ❖ Poswal, F. S., Russell, G., Mackonochie, M., MacLennan, E., Adukwu, E. C., Rolfe, V. (2019). "Herbal teas and their health benefits: a scoping review". *Plant foods for human nutrition*, 74(3), 266-276.
- ❖ Roy, S., Roy, L., Das, N. (2019). "Microbes in my 'Cup of Tea'". *Journal of the Botanical Society of Bengal*, 73(2), 95–102.
- ❖ Sah, A., Naseef, P. P., Kuruniyan, M. S., Jain, G. K., Zakir, F., Aggarwal, G. (2022). "A comprehensive study of therapeutic applications of chamomile". *Pharmaceuticals*, 15(10), 1284.
- ❖ Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos (SEDARH). Sistema Estatal de Información Agropecuaria. (2023). "Manzanilla". [Página web].
- ❖ Singh, A. P., Yen, P. P. L., Ramaswamy, H. S., Singh, A. (2018). Recent advances in agitation thermal processing. *Current Opinion in Food Science*, 23, 90-96.
- ❖ Singh, O., Khanam, Z., Misra, N., Srivastava, M. K. (2011). "Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview". *Pharmacognosy reviews*, 5(9), 82-95.
- ❖ Sotiropoulou, N. S., Megremi, S. F., Tarantilis, P. (2020). "Evaluation of antioxidant activity, toxicity, and phenolic profile of aqueous extracts of chamomile (*matricaria chamomilla* l.) and sage (*salvia officinalis* l.) prepared at different temperatures". *Applied Sciences*, 10(7), 2270.
- ❖ Srivastava, J. K., Shankar, E., Gupta, S. (2010). "Chamomile: A herbal medicine of the past with a bright future". *Molecular Medicine Reports*, 3, 895-901.
- ❖ Suleman, M., Gas, P. (2024). "Analytical, experimental and computational analysis of heat released from a hot mug of tea coupled with convection, conduction, and radiation thermal energy modes". *Int. J. Heat Technol*, 42, 359-372.
- ❖ Tomou, E. M., Peppas, E., Trichopoulou, A. (2023). "Consumption of herbal infusions/decoctions and tea in Greece: a planeterranean perspective on the results of Hydria survey". *Journal of translational medicine*, 21(1), 899.

- ❖ Valduga, A. T., Gonçalves, I. L., Magri, E., Finzer, J. R. D. (2019). "Chemistry, pharmacology and new trends in traditional functional and medicinal beverages". *Food Research International*, 120, 478-503.
- ❖ Velázquez, V. G., Pérez, A. B., Ortega, M. L. D., Nelly, J. Z. (2019). "Conocimiento etnobotánico sobre el uso de plantas medicinales en la Sierra Negra de Puebla, México". *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y aromáticas*, 18(3), 265-276.
- ❖ Wang, X., Zhang, L. (2024). "Chamomile tea: An in-depth analysis of its bioactive compounds, therapeutic applications, and historical usage". *Medicinal Plant Research*, 14.
- ❖ Zeković, Z., Cvetanović, A., Pavlič, B., Švarc, J. G., Radojković, M. (2014). "Optimization of the polyphenolics extraction from chamomile ligulate flowers using response surface methodology". *International Journal of Plant Research*, 4(2), 43-50.
- ❖ Zhou, Y., Han, L. R., He, H. W., Sang, B., Yu, D. L., Feng, J. T., Zhang, X. (2018). "Effects of agitation, aeration and temperature on production of a novel glycoprotein gp-1 by streptomyces kanasensis zx01 and scale-up based on volumetric oxygen transfer coefficient". *Molecules*, 23(1), 125.
- ❖ Zschau, M. E. R. (2018). "Control microbiológico en variedades de hierbas para infusión (Menta, Manzanilla, Boldo y Cedrón) de diferente origen y tratamiento desinfectante aplicado". Tesis de licenciatura, Universidad de Chile. Repositorio Académico de la Universidad de Chile.