

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**



**“Determinación de la actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de *Eryngium foetidum* (samat) frente a *Escherichia coli*”**

*Sulman Paola Palacios Chávez*

**Química Farmacéutica**

**Guatemala, agosto del 2021**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
ESCUELA DE QUÍMICA FARMACÉUTICA**

**“Determinación de la actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de *Eryngium foetidum* (samat) frente a *Escherichia coli*”**

**INFORME DE TESIS**

**Presentado por:**

***Sulman Paola Palacios Chávez***

**Estudiante de la carrera de**

**Química Farmacéutica**

**Guatemala, agosto del 2021**

## **JUNTA DIRECTIVA**

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto	Decano
Licenciada Miriam Roxana Marroquín Leiva	Secretaria
Doctor Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal Primero
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú	Vocal Segundo
Licenciado Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal Tercero
Bachiller Carmen Amalia Rodríguez Ortiz	Vocal Cuarto
Bachiller Paola Margarita Gaitán Valladares	Vocal Quinto

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios**, por amarme primero y por ser quien me ha sostenido.

**A mi Mamá**, por hacer de mi lo que soy, por sus aciertos y errores, pero por sobre todo por amarme en el silencio en donde nada se exhibe y solo hay espacio para el amor puro e incondicional, por animarme a gritos y en silencio, esto es por ti.

**A mis Hermanas**, a Ligia por amarme como una hija y enseñarme que, aunque la vida sea dura siempre hay espacio para el amor. A Jessica por ser un ejemplo para mi vida, por trazar el camino y poner la semilla. A Heidy por darme el ánimo y ser el motivo para seguir, y por dejarme ser su ejemplo. A Sindy porque a pesar de estar lejos nos dio al amor de nuestra familia.

**A mis sobrinas**, Andrea y Alejandra por hacer mi vida tan amorosa y divertida.

**A mis sobrinos**, Jonathan y Erick porque aun estando lejos me hacen sentir su amor.

**A mis amigos** por ser incondicionales, por apoyarme, por compartir conmigo la pasión de servir, por hacer de mí una mejor persona y profesional, y en especial a Carmen por ser parte de mi familia y adoptarme como una hermana.

**A mi asesora**, Nereida Marroquín por permitirme aprender de ella en cada etapa, como profesora y profesional. Y por mostrarme que no hay mejor enseñanza que el ejemplo.

**A mi revisora**, Lesbia Guerra por su pronta respuesta y su ayuda en este camino.

Un agradecimiento especial al LIPRONAT y al CIAT por el apoyo brindado en esta investigación. Por permitirme el uso de sus instalaciones y equipos y por brindarme la mejor atención.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por que a pesar de su divinidad tuvo cuidado de mí.

A mi familia, por ser la fuerza para cada logro y meta.

A los que ya no están, a mi sobrino Erick Esteban por hacerme cada día mejor profesional y por permitirme amarlo en tan poco tiempo, un beso al cielo bebé. A la Michi por acompañarme cada madrugada, a la Safi por estar en el inicio y casi al final de mi carrera.

A mi papá por tomar la mejor decisión, y por permitirme tomar mis propias decisiones.

## ÍNDICE

<b>1. RESUMEN</b> .....	1
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>3. ANTECEDENTES</b> .....	4
3.1. Generalidades de enfermedades infecciosas gastrointestinales .....	4
3.2. <i>E. coli</i> como causante de infecciones gastrointestinales .....	5
3.3. Microbiología y clínica de <i>E. coli</i> .....	5
3.4. Cepas indicadoras ATCC .....	7
3.5. Generalidades del <i>Eryngium foetidum</i> (Samat).....	8
3.6. Uso popular del <i>Eryngium foetidum</i> (Samat).....	9
3.7. Composición del <i>Eryngium foetidum</i> (Samat) .....	10
3.8. Investigaciones realizadas sobre <i>Eryngium foetidum</i> (Samat). .....	11
<b>4. JUSTIFICACIÓN</b> .....	15
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	17
<b>6. HIPÓTESIS</b> .....	18
<b>7. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	19
7.1. Universo de trabajo .....	19
7.2. Muestra.....	19
7.3. Criterios de inclusión.....	19
7.4. Criterios de exclusión .....	19
7.5. Recursos Humanos .....	19
7.6. Materiales .....	19
7.7. Metodología .....	21
<b>8. RESULTADOS</b> .....	25
<b>9. DISCUSIÓN</b> .....	28
<b>10. CONCLUSIONES</b> .....	35
<b>11. RECOMENDACIONES</b> .....	36
<b>12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	37
<b>13. ANEXOS</b> .....	42

## 1. RESUMEN

La investigación se basó en determinar la composición química y evaluar la actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de las hojas y el tallo de *Erygium foetidum* L. conocido más comúnmente como “Samat” o “Culantro de patio”; así como, determinar la concentración inhibitoria mínima de la especie vegetal frente a *Escherichia coli* ATCC 8739. Esto con la finalidad de identificar una respuesta antibiótica favorable y así brindar una alternativa terapéutica a las personas con escaso acceso a medicamentos; así como, para enfrentar la resistencia antibiótica actual.

El Samat del estudio fue obtenido en la Ciudad de Guatemala, en el mercado de La Reformita y en la aldea Boca del Monte. La identificación botánica del culantro silvestre se realizó en el Herbario de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia - BIGU- con el registro *Eryngium foetidum* L. (Apiaceae) BIGU 79004.

El aceite se obtuvo por el método de destilación por arrastre de vapor de agua con el equipo neoclevenger; se determinó la composición química del aceite mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas (GC/MS) encontrándose diferentes compuestos; entre los que destacan: 10-cloro-1-decanol con un 100 %, el 1,2,3,4-tetrametil-ciclohexano con 77.23 %, Bencenoetanamina-alfa, 2,6-trimetil con 60.61 %, 2-terc-butil-3,3-dimetil-3,4,5,6-tetrahidropiridina con 51.62%, dodecanal (lauraldehído) con 25.12% y el 2,4,6-trimetilbenzaldehido con 7.52%. Por el método de discos se determinó la ausencia de actividad antibacteriana frente a *E. coli* ATCC 8739.

## 2. INTRODUCCIÓN

La *Escherichia coli* (*E. coli*) es una bacteria gramnegativa, presente frecuentemente en el intestino distal; la mayoría de las cepas son inocuas, pero algunas son patógenas y pueden causar graves intoxicaciones alimentarias incluyendo diferentes síntomas que van desde colitis, colitis extrema, diarrea, cistitis o meningitis. Una de las variantes de *E. coli* es enteropatógena, y esta es una bacteria productora de la toxina Shiga que puede causar graves enfermedades a través de los alimentos. Se estima que hasta un 10% de los pacientes pueden desarrollar síndrome hemolítico urémico; el cual, es un desorden multisistémico caracterizado por presentar insuficiencia renal aguda, anemia hemolítica microangiopática y trombocitopenia. Constituye la principal causa de insuficiencia renal aguda, con una tasa de letalidad de 3%-5% (Rivero, Padola, Etcheverria, & Parma, 2004).

Los brotes de las enfermedades transmitidas por alimentos en Guatemala durante el año 2018 pertenecen en un 83 % a intoxicaciones alimentarias, y un 5 % a enfermedad diarreica. Para las intoxicaciones alimentarias se registra un total de 2,745 casos, 6% más que el año 2017, la tasa de incidencia fue de 16 casos por 100,000 habitantes, presentando un incremento del 9% de tasa de incidencia. Las 5 áreas de salud que se encontraron con riesgo de padecer intoxicaciones alimentarias en el año 2018 fueron: Retalhuleu, Petén sur occidental, Sacatepéquez, Santa Rosa y Zacapa. El Laboratorio Nacional de Salud recibió un total de 382 muestras de alimentos como parte del monitoreo que realiza el personal del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social a los establecimientos fijos y callejeros, de los cuales se lograron aislar del total de muestras procesadas *E. coli* como el patógeno más encontrado en los alimentos, seguido por *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*). Datos más actuales, reportan en el año 2019 un total de 827,398 casos de infecciones transmitidas por alimentos en toda Guatemala, en el cual los departamentos más afectados fueron San Marcos, Huehuetenango y Quiché.

(SIGSA, 2018; Nisan, Wolff, Hanski, & Rosenshine, 1998; Rivero, Padola, Etcheverria, & Parma, 2004).

Guatemala cuenta con una gran biodiversidad de especies vegetales con un potencial medicinal interesante; entre ellas se encuentra *Eryngium foetidum* o culantro, también conocido como

culantro extranjero, Samat, Cilantro cimarrón, Xamat, Samat, entre otros. Esta especie es conocida por su aroma y uso popular en la cocina guatemalteca; tuvo su origen en las zonas tropicales de las Américas, probablemente en el área comprendida entre Panamá, Veracruz (México) y el archipiélago del Caribe. Esta especie es abundante en distintas comunidades del municipio de Tukurú, Alta Verapaz, aunque el cultivo es común en diferentes regiones del país (Morales-Payán, Brunner, Flores, & Martínez, 2013).

*Eryngium foetidum* o Samat posee varios reportes de usos etnomedicinales que incluyen tratamiento para fiebre, hipertensión, estreñimiento, convulsiones, asma, dolor de estómago, parásitos, entre otros. La evaluación química de las hojas indicó la presencia de abundantes aceites esenciales, en donde la variabilidad en su composición depende claramente de la ubicación geográfica de la planta en crecimiento (Paul, Seaforth, & Tikasingh, 2011).

En la presente investigación se evaluó la presencia de aceites esenciales en la hoja y tallo del Samat guatemalteco (*Eryngium foetidum*) y se determinó la actividad antibacteriana in vitro frente a *E. coli* ATCC 8739, enfocado en un posible uso contra las infecciones gastrointestinales y validar su uso como antibiótico, con el fin de brindar una alternativa terapéutica a las personas con escaso acceso a medicamentos; así como, para enfrentar la resistencia antibiótica actual. Por lo que se procedió a evaluar la actividad antibacteriana del Samat mediante el método de difusión de discos, así mismo se evaluó la composición del aceite esencial de *E. foetidum* mediante una cromatografía de gases-masas. Se determinó que el aceite esencial presentó actividad nula contra la cepas de *E. coli* ATCC 8739; así como, ausencia del E 2 dodecenal o “Eryngial”, un compuesto importante al cual se le atribuyen la mayor parte de sus acciones farmacológicas.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. Generalidades de enfermedades infecciosas gastrointestinales

Las enfermedades gastrointestinales son uno de los principales problemas de salud pública. Los alimentos contaminados por bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas nocivas causan más de 200 enfermedades, desde diarreas hasta cáncer (OPS, 2018). Las enfermedades causadas por los alimentos contaminados constituyen un serio problema para la salud de la población y pueden poner en riesgo el desarrollo, comercio y turismo de nuestros países. Estas enfermedades se transmiten, ya sea por vía fecal-oral, o bien por el consumo de agua y alimentos contaminados. Afectan principalmente a la población infantil, y tanto su incidencia como su prevalencia dependen del nivel socioeconómico de los pacientes.

Las enfermedades gastrointestinales, la salmonelosis, y la infección por *Escherichia coli*, entre otras, enferman a más de 582 millones de personas en el mundo y matan a más de 350 mil cada año. Estas enfermedades se deben a la ingesta de alimentos insalubres como carne animal mal cocinada, frutas y hortalizas contaminadas con heces o pesticidas y mariscos crudos que contienen biotoxinas marinas. Los agentes patógenos involucrados son virus, parásitos y bacterias; cuya búsqueda e identificación en los laboratorios clínicos, se centra en patógenos clásicos como: *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia*, *Vibrio*, *Campylobacter* y *Yersinia*. (Hernández, Aguilera, Castro, 2011; OPS, 2018)

Entre las infecciones gastrointestinales, la diarrea de etiología infecciosa, tanto si es debida a una bacteria como a un virus, tiene una incidencia preponderante. Las heces del niño y del adulto contienen una flora muy heterogénea en la que los anaerobios constituyen la fracción predominante, ya sean grampositivos o gramnegativos: *Clostridium*, *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Eubacterium* y *Veillonella*. A veces, el equilibrio de la flora se altera por la administración de antibióticos y sobrecrecimiento o intrusión de algún microorganismo patógeno que da lugar a una disbacteriosis que puede ocasionar problemas digestivos. Los patógenos intestinales capaces de provocar un síndrome diarreico pueden ser bacterias, virus, hongos, protozoos y helmintos (Paredes & Roca, 2004).

Entre las bacterias de interés se encuentra *Escherichia coli*, un bacilo Gram negativo que forma parte de la microflora anaeróbica facultativa del tracto intestinal del hombre y de algunos animales. Existen cepas de *E. coli* capaces de producir un amplio espectro de enfermedades, entre ellas infección urinaria, septicemia, meningitis o enfermedad diarreica (Rivero, Padola, Etcheverría, & Parma, 2004).

### **3.2. *E. coli* como causante de infecciones gastrointestinales**

La mayoría de *E. coli* no patógena se encuentran de forma natural en nuestros intestinos y desempeñan un papel importante en ayudar a nuestro cuerpo a digerir los alimentos. Sin embargo, algunos tipos de *E. coli* pueden provocar diarrea y otras enfermedades cuando se ingieren. Las cepas de *E. coli*, denominadas enteropatógenas, son capaces de producir cuadros diarreicos por colonización del intestino delgado, pero no poseen poder invasivo ni producen toxinas. Esto provoca una disbacteriosis y su acción consiste en una destrucción de las microvellosidades y adherencia de las bacterias a la superficie luminal lesionada y son causa de enteritis epidémica en la población infantil. Otras cepas de *E. coli*, las enteroinvasivas, pueden penetrar en las células epiteliales del intestino, de forma semejante a como lo hace *Shigella*, que produce un cuadro clínico similar a la disentería bacilar. La capacidad de producción de toxinas por cepas de *E. coli*, las enterotoxigénicas, dan lugar a una diarrea de tipo colérico por activación de la adenilciclasa y secreción de fluidos con pérdida de agua y electrolitos. La típica diarrea del turista o viajero está causada principalmente por estas cepas, así como la diarrea del trópico y la enteritis del lactante (Paredes & Roca, 2004; Boston Public Health Commission, 2014).

### **3.3. Microbiología y clínica de *E. coli*.**

Enfermedad diarreica aguda (EDA) es el término adoptado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para referirse a un proceso inflamatorio gastrointestinal infeccioso o no infeccioso, asociado a una disminución en la consistencia y un aumento en la frecuencia (> 3 veces por día) de las deposiciones fecales. La diarrea puede ser líquida, semilíquida, y puede contener moco y sangre. Otras manifestaciones clínicas de la EDA son náuseas, vómitos, dolor abdominal, fiebre y deshidratación. Debido a que en algunos pacientes el vómito, la deshidratación, y la fiebre pueden ser las manifestaciones más predominantes,

un término apropiado para describir los órganos afectados y las manifestaciones clínicas de los pacientes afectados sería el de gastroenteritis aguda. (Gómez-Duarte, 2014)

Las cepas *E. coli* diarreogénicas fueron reconocidas en 1889. Sin embargo, la caracterización de sus mecanismos de patogenicidad y su posterior clasificación en las seis categorías que hoy conocemos no fue posible por muchos años debido a que los ensayos de microbiología convencional no permitían distinguir *E. coli* enteropatógenas de *E. coli* no patógenas. El primer patotipo de *E. coli* asociado a la enfermedad diarreaica agua -EDA- en lactantes se le denominó *E. coli* enteropatógena (EPEC) y fue descrita por primera vez en 1938. La detección de *E. coli* enteropatógenas es posible mediante ensayos de amplificación de genes de virulencia específicos para cada uno de los seis tipos de *E. coli* diarreogénicos. Este tipo de ensayo no está disponible en la mayoría de los países en vías de desarrollo, lo cual ha limitado su utilización en vigilancia epidemiológica para evaluar el impacto que las cepas de *E. coli* diarreogénicas puedan tener en la población pediátrica. (Gómez-Duarte, 2014)

Los agentes causantes de diarrea (ver tabla No. 1) se clasifican en: enterotoxigénico (ETEC), enteropatógeno (EPEC), enteroagregativo (EAggEC), enterohemorrágico (EHEC), enteroinvasivo (EIEC) y de adherencia difusa (DAEC). En los últimos años se han descrito otras cepas de *E. coli*, las llamadas enterohemorrágicas, que son productoras de *E. coli* hemorrágica, o diarrea sanguinolenta con ausencia de fiebre. Estas cepas pertenecen al serotipo O 157:H7. (Rivero, Padola, Etcheverria, & Parma, 2004)

PATOTIPOS	PATOGENICIDAD	CLÍNICA
<b>ETEC</b>	Aumento del Adenosín monofosfato cíclico (AMPc) y Guanosín monofosfato cíclico (GMPc) y apertura del regulador de conductancia transmembrana (CFTRA).	Diarrea secretora
<b>EPEC clásica “típica” y “atípica”</b>	Adherencia íntima y destrucción de microvellosidades	Diarrea líquida prolongada
<b>EAggEC</b>	Adherencia agregativa, citotoxicidad	Diarrea líquida
<b>EHEC</b>	Inhibición de síntesis proteica	Diarrea disintérica

	Microtrombosis intravascular	Síndrome hemolítico urémico
<b>EIEC</b>	Invasión y diseminación celular	Diarrea disintérica
<b>DAEC</b>	Adherencia difusa	Diarrea líquida
<i>E. coli</i> enterotoxigénica (ETEC), <i>E. coli</i> enteropatógena (EPEC) típica y atípica, <i>E. coli</i> productora de toxina Shiga (EHEC), <i>E. coli</i> enteroagregativa (EAaggEC), <i>E. coli</i> enteroinvasora (EIEC), y <i>E. coli</i> de adherencia difusa (DAEC).		

Fuente: Gómez-Duarte, 2014

### 3.4. Cepas indicadoras ATCC

Son un conjunto de especies de bacterias que comparten al menos una característica. Las cepas son usadas en los laboratorios de microbiología para controlar diferentes procedimientos. Las cepas ATCC microbiológicas son una de las más usadas.

Este grupo de material biológico de referencia certificado, son conocidos como American Type Culture Collection (ATCC). Esta colección de cepas ATCC comenzó en el año 1925 (Brito 2019; MDS 2019).

Estas cepas son conservadas y transportadas en varios medios, los más usados son:

- Gelatina.
- Leche descremada, ácido ascórbico, dextrosa y jabón activado.
- Carbón vegetal.

Para su uso como referencia, estas deben obtenerse directamente de una colección certificada, con una reseña internacional o nacional. Para las cepas de referencia, la siembra o repique debe tener un máximo de cuatro a partir de la cepa original (Brito 2019; MDS 2019).

En conclusión, las cepas ATCC tienen diferentes utilidades, entre las que se destacan:

- Evaluar la calidad de los medios de cultivo usados en los procedimientos en el laboratorio de microbiología.
- Asegurar la calidad de los resultados de ensayos de laboratorio microbiológico.
- Validar métodos microbiológicos usados dentro del laboratorio.

La cepa pura análoga de tipo ATCC 8739, es utilizada para pruebas de conservantes antimicrobianos y prueba de medios, así como para secuencias del genoma. (Brito 2019; MDS 2019)

### **3.5. Generalidades del *Eryngium foetidum* (Samat)**

Actualmente, la medicina tradicional es un recurso fundamental para la salud humana. Las plantas y árboles empleados son la base para el desarrollo de la medicina moderna, y en algunas zonas rurales e indígenas, son el único recurso del que disponen a falta de instituciones médicas y recursos monetarios para la adquisición de medicina moderna. Gracias al conocimiento que mantienen las comunidades, hoy en día es posible beneficiarnos a través del uso de plantas medicinales, y no solo para combatir enfermedades, pues algunas también son empleadas como parte de los alimentos y en cercas vivas (Escamilla, & Moreno, 2015).

*Eryngium foetidum* L. es una hierba bienal de olor pungente que crece mejor en condiciones húmedas o en pastos. Es conocido por varios nombres comunes en diferentes idiomas como: shado Beni (Trinidad), BeNee chadron (Dominica), fitweed (Guyana), coulante o culantro (Haití), recao (Puerto Rico) Langer koriander (Alemania); java Ketumbar (Malasia); farang chi pak (Tailandia); ONG gai (Vietnam); culantro, racao, (España); bhandhanya (India). Las raíces son carnosas, los tallos solitarios y frecuentemente ramificado. Se usa ampliamente como planta medicinal en la mayoría de las regiones tropicales. Es cada vez más importante como planta de especias cultivada en India, Vietnam, Australia y en otros lugares con procedimientos bien documentados para maximizar el rendimiento (Paul, Seaforth, & Tikasingh, 2011).

La hierba se introdujo alrededor de la década de 1880 en el sur de Asia oriental por los chinos, como un condimento sustituto para el cilantro (*Coriandum sativum* L.), sin duda debido a su olor acre similar. A veces es sustituido y adulterado en el comercio de especias por otras especies del género *Eryngium*, como tal "culantro" ha sido recomendado como el nombre común estandarizado para *E. foetidum*. Junto a su uso para fines culinarios, es un elemento importante en industrias de perfumería y cosmética. El aceite esencial es de

alto valor económico en los mercados de comercio internacional. A pesar del uso generalizado de esta hierba como alimento y como agente etnomedicinal, solo recientemente ha habido una proliferación de investigaciones fitoquímicas de la planta. La mayoría de estas investigaciones se centraron en los aceites esenciales, donde se han identificado cerca de cuarenta compuestos (Amin, Haddadian & Shah, 2012).

### **3.6. Uso popular del *Eryngium foetidum* (Samat)**

El Samat, posee una amplia gama de usos etnomedicinales que incluyen tratamiento para quemaduras, dolor de oídos, fiebre, hipertensión, estreñimiento, convulsiones, asma, dolor de estómago, parásitos, complicaciones de infertilidad, mordeduras de serpientes, diarrea y malaria. La evaluación química de las hojas indicó la presencia de flavonoides, taninos, saponinas y varios triterpenoides; pero no se informaron alcaloides (Paul, Seaforth, & Tikasingh, 2011).

Las comunidades étnicas en el distrito de Kodagu de Karnataka utilizan la decocción de la hoja contra los trastornos gastrointestinales y la pasta foliar como agente curativo de heridas (Lingaraju, Sudarshana, Mahendra, & Poornachandra, 2016).

En América Tropical y las Indias Occidentales, donde la planta es nativa, el uso predominante de la planta es para tratar fiebres, resfriados, gripe y como alimento. En Surinam, incluso se receta un tratamiento para los resfriados para los bebés, en donde se usa una decocción de las hojas para bañar al niño y se da una pequeña cantidad de la mezcla para beber. Para la fiebre, las hojas y las raíces se mezclan con aceite de coco (*Cocos nucifera*) y se frota al niño. Como alimento, las hojas de *E. foetidum* se agregan a curries, guisos y sopas como un agente aromatizante. Para tratar el dolor, se tritura y se coloca en el oído. Se utiliza para el tratamiento local de procesos artríticos. También se ha utilizado como una medicina popular para picadura de escorpión y dolores de estómago (Paul, Seaforth, & Tikasingh, 2011; Lingaraju, Sudarshana, Mahendra, & Poornachandra, 2016).

Antiguas tribus como las de México, El Caribe, las Ramamidwives de Nicaragua y los Apantani, nativos de India usaron varias preparaciones de la planta principalmente para dolores de estómago. Sin embargo, se observa que un posible efecto secundario resultante del consumo del material vegetal triturado es el estreñimiento. Seis comunidades registran que la planta es útil para problemas reproductivos femeninos como infertilidad, complicaciones de parto, dolores menstruales, dolores abdominales posparto, infecciones vaginales y como emenagogo. En Brasil, se usa una decocción de la planta entera para facilitar el parto, pero está contraindicada durante el embarazo porque se informa que provoca la contracción uterina. Costarricenses consideran la planta como un afrodisíaco. Otras dolencias notables para las que se ha utilizado esta planta incluyen hipertensión, reumatismo, asma, enfermedad ocular, envenenamiento, enfermedad venérea, diabetes, dolor, malaria y mordeduras de serpiente (Paul, Seaforth, & Tikasingh, 2011).

### **3.7. Composición del *Eryngium foetidum* (Samat)**

Las hojas frescas consisten en 86-88% de humedad, 3,3% de proteína, 0,6% de grasa, 6,5% de carbohidratos, 1,7% de cenizas, 0,06% de fósforo y 0,02% de hierro. Las hojas son una excelente fuente de vitamina A (10.460 UI / 100 g), B2 (60 mg%), B1 (0,8 mg%), y C (150-200 mg%) sobre una base de peso seco. Las hojas constan de 0,10 hasta 0,95% de aceite volátil, 27,7% de fibra cruda, 1,23% de calcio, y 25 ppm de boro. En los informes científicos hay una variación significativa con respecto al rendimiento obtenido y compuestos identificados de aceite esencial de las hojas de cilantro salvaje; que puede ser debido a diferencias en algunos factores como cultivar o variación específica de la población, el clima y las condiciones de crecimiento, la procedencia geográfica, la edad de las hierbas, o los diferentes métodos de procesamiento y análisis utilizados por los investigadores. El rendimiento informado de aceite esencial de *E. foetidum* es de 0,10 a 0,95% de peso en seco de las hojas y es rico en aldehídos alifáticos. La composición del aceite esencial de *E. foetidum* ha sido evaluado ampliamente de diferentes orígenes, incluyendo Fiji, Bangladesh, Perú, Venezuela, India, Taiwan, Vietnam, Cuba, Malasia y África Occidental. El aceite esencial de *E. foetidum* se ha informado que consiste principalmente de aldehídos, que van desde 45,8% a 86,7% (Amin, Haddadian & Shah, 2012).

Un componente significativo del aceite esencial de la planta es E-2-dodecenal ("eryngial"), con isómeros de trimetilbenzaldehído presentes en proporciones menores. La variabilidad en la composición del aceite esencial depende claramente de la ubicación geográfica de la planta en crecimiento. Los estudios farmacológicos de las partes aéreas de la planta han demostrado actividad antihelmíntica debido a acción eryngial, antiinflamatoria debida a las fracciones de fitosterol, actividad anticonvulsiva en los modelos respectivos, y actividad antibacteriana selectiva contra especies de *Salmonella* y el género de bacterias *Erwinia*. Una fracción del aceite esencial rico en eryngial es el tema de una solicitud de patente en los Estados Unidos por su eficacia contra tripanosomas, nemátodos, hongos y bacterias parasitarias en humanos y otros mamíferos. Estos hallazgos sugieren la necesidad de una mayor investigación de esta hierba y sus productos (Paul, Seaforth, & Tikasingh, 2011; Lingaraju, D., Sudarshana, M. Mahendra, C. & Poornachandra, K. 2016).

### **3.8. Investigaciones realizadas sobre *Eryngium foetidum* (Samat).**

A pesar del uso generalizado de *Eryngium foetidum* o Samat como alimento y como agente etnomedicinal, de forma reciente ha surgido una proliferación de investigaciones fitoquímicas sobre la planta. La mayoría de estas investigaciones se centraron en los aceites esenciales, cuya variabilidad en la composición dependía claramente de la ubicación geográfica de la planta en crecimiento, identificándose cerca de cuarenta compuestos (Paul et al, 2011).

El estudio de Forbes, Reese & Robinson (2002) demostró que los extractos refinados de plantas, ricos en el aceite esencial eryngial (E-2-dodecenal) del *E. foetidum* parecieron ser notablemente antihelmínticos durante el cribado in vitro utilizando *Strongyloides stercoralis* (larvas infecciosas) como el organismo de prueba.

Roumy y colaboradores (2007) realizaron una evaluación farmacológica para controlar las convulsiones, utilizando 3 ml de un extracto acuoso de *E. foetidum* preparado a una

concentración de 110 g / 250 ml lo que demostró actividad anticonvulsionante en ratas con convulsiones inducidas por picrotoxina.

Un extracto orgánico con hexano de las hojas de *E. foetidum*, rico en estigmasterol (95%), mostró actividad antiinflamatoria tópica en la inflamación crónica y aguda en modelos animales (García, Saenz, Gomez, Fernandez 1999).

El estudio realizado por Guevara y colaboradores (2000), evaluó los efectos bactericidas in vitro de varios extractos de plantas contra bacterias patógenas de plantas de mango (*Mangifera indica*), girasol (*Helianthus annuus*), papaya (*Carica papaya*) y plátano (*Musa sp.*). Los mayores efectos se encontraron con el cilantro (*E. foetidum*) contra el género *Erwinia* de Enterobacteriaceae. En otro estudio, de Kubo y otros (2004), el aceite E-2-dodecenal puro ("eryngial") mostró una actividad potente (concentración bactericida mínima, MBC de 6,25 µg / ml) (34 µM), frente a *Salmonella choleraesuis* en todas las etapas de crecimiento.

Yagi y colaboradores (2006), obtuvieron una patente japonesa por tener un agente protector de la piel en el que *E. foetidum* es una de las cuatro plantas utilizadas. La preparación se utiliza para quemaduras solares, pecas, manchas hepáticas y las instancias relacionadas en las que se requiere blanqueamiento cutáneo.

Jaramillo, Duarte & Martelo (2011) demostraron una actividad antioxidante alta, de un 89.39% del aceite esencial de las hojas de *E. foetidum* cultivado en Colombia. La actividad antioxidante fue determinada mediante el ensayo de decoloración del radical DPPH (2,2-difenil-1-picril hidracilo). Así mismo, indicaron que el aceite esencial de las hojas de *E. foetidum* presentó un alto porcentaje de aldehídos alifáticos (E-2-dodecenal, 5-dodeceno, tetradecanal, tetradecenal) y aromáticos (2,4,6-trimetilbenzaldehído, 3,4,5-trimetilfenol).

Xuan & Ván (1992) indicaron que el aceite esencial de las partes aéreas de *Eryngium foetidum* L. de origen vietnamita fue analizado mediante una combinación de cromatografía de gases y cromatografías de gases / espectrofotometría de masas. En donde

se identificaron diecinueve componentes, de los cuales se encontró que los principales eran (E) -2 dodecenal (45.5%) y ácido 2-dodecenoico (15.5%). Los otros constituyentes de este aceite también son principalmente aldehídos y ácidos.

Pino, Rosado y Fuentes (1997) analizaron que los compuestos volátiles destilados en agua de las hojas de *E. foetidum* L. de origen cubano fueron analizados mediante una combinación de cromatografía de gases y cromatografías de gases/espectrofotometría de masas. En donde se identificaron cuarenta y seis componentes, de los cuales los principales fueron 2,4,5-trimetilbenzaldehído (20.53%), ácido hexadecanoico (12.05%) y carotol (9.94%). De igual manera en Pino, Rosado y Fuentes (1997) analizaron la semilla de *Eryngium foetidum* L. de origen cubano por cromatografía de gases y una combinación de cromatografías de gases/espectrofotometría de masas. En donde se identificaron treinta y siete compuestos, de los cuales el carotol (19,31%), (E) -pineseseno (9,98%), (E) -anetol (7,43%) y a-pineno (7,6%) fueron los constituyentes principales.

Amin, Haddadian & Shah (2012) reportaron que el nivel más alto registrado de E-2-dodecenal en el aceite de *E. foetidum* era de Malasia (59,72%) y Vietnam del Sur (58-67%). También se han documentado en la literatura científica los niveles de E-2-dodecenal en diferentes ubicaciones, como: India (45,9%), Vietnam (45,5%), Bangladesh (37,4%), Los Andes de Venezuela (27,5%), Nepal occidental (58,1%), y en África occidental (15,9-37,5%). Este mismo es un compuesto de menor importancia en el aceite de plantas que crecen en Cuba y Taiwán.

Lingaraju y colaboradores (2016) diseñaron un estudio para examinar la actividad antibacteriana y antifúngica de las hojas de *E. foetidum*. La extracción en Soxhlet se realizó utilizando disolventes orgánicos como éter de petróleo, cloroformo, acetato de etilo y metanol. Cada extracto fue sometido a pruebas fitoquímicas preliminares. Los resultados del cribado fitoquímico revelaron la presencia de algunos principios activos como glucósidos, flavonoides, terpenoides, esteroides y taninos. La actividad antimicrobiana de los extractos aislados se realizó con dos bacterias Gram positivas: *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, dos bacterias Gram negativas, *Escherichia coli*,

*Pseudomonas aeruginosa* y un hongo *Candida albicans* mediante el método de difusión en agar. El resultado de la actividad antimicrobiana reveló que el extracto de acetato de etilo de *E. foetidum* mostró la actividad antimicrobiana más fuerte entre los cinco extractos contra las cuatro cepas bacterianas y *C. albicans*.

Saravia-Otten y colaboradores (2017) en un estudio hecho en Guatemala, demostraron que los extractos clorofilados de *Pimenta dioica* y *Eryngium foetidum* inhiben efectivamente el efecto proteolítico del veneno de *Bothrops asper*.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Debido a que Guatemala es uno de los países que posee gran abundancia de plantaciones nativas y endémicas en todas sus regiones, es de esperar que entre los usos populares de las distintas plantas, destacan las especies utilizadas contra enfermedades gastrointestinales. Es importante indagar sobre posibles opciones naturales al alcance de la población guatemalteca que puedan contribuir a disminuir la incidencia de enfermedades diarreicas, infecciones intestinales, colitis; así como, el síndrome hemolítico urémico, el cual es de las complicaciones más graves que se generan, en donde el agente causal es específicamente la *E. coli*

Esta bacteria, afecta a distintos grupos etarios, entre los cuales destacan los niños, quienes tienen un mayor riesgo de padecer dichas patologías y presentan una recuperación más complicada cuando no tienen acceso a servicios de salud de primera línea. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) la infección por *Escherichia coli*, entre otras, enferman a más de 582 millones de personas en el mundo y matan a más de 350 mil cada año. Los niños, las embarazadas, los inmunosuprimidos y los adultos mayores son los más vulnerables. Dichos datos se confirman en el reporte de situación epidemiológica de Enfermedades Transmitidas por Agua y Alimentos (ETAs) donde el grupo de edad afectado por enfermedad diarreica corresponde a niños de 1-4 años en un 58% sin diferencia de género (S.E, 2016).

Debido a la de resistencia que ha desarrollado *E. coli*, es importante determinar otros posibles agentes antibacterianos que actúen contra esta bacteria; por lo que, estudiar los recursos nativos del país podrían resultar en una alternativa para las comunidades con difícil acceso a la atención primaria en salud, siendo más afectadas las comunidades del área rural de los departamentos con mayor incidencia que según el SIGSA en el año 2018 fueron Retalhuleu, Petén sur occidental, Sacatepéquez, Santa Rosa y Zacapa. Por esta razón, es importante evaluar la actividad biológica que ayude a disminuir la causa de dichas patologías, por lo que destaca la actividad antibacteriana frente a la bacteria patógena *E. coli*.

La finalidad de la investigación fue comprobar que los aceites esenciales extraídos del Samat (*Eryngium foetidum*) poseen actividad antibacteriana *in vitro* contra una cepa ATCC 8739 de *E. coli*, determinando la concentración inhibitoria mínima para ejercer el efecto antibacteriano. Esto con la finalidad de brindar una alternativa terapéutica asequible para la población guatemalteca

contra enfermedades gastrointestinales causadas por *E. coli*, con especial enfoque en la población pediátrica. En este estudio, se realizó la extracción de aceites esenciales de la hoja y el tallo de la planta, con el método de arrastre de vapor con el equipo neoclevenger, a los cuales posteriormente se les evaluó la actividad antibacteriana mediante el método de discos frente a la cepa de *E. coli*. ATCC 8739. Posterior se evaluó la composición del aceite esencial mediante una cromatografía de gases-masas.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo General

Evaluar la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Eryngium foetidum* (Samat) contra *E. coli*, mediante el método de difusión en disco.

### 5.2. Objetivos Específicos

- 5.2.1. Determinar el rendimiento de extracción del aceite esencial de *E. foetidum*.
- 5.2.2. Evaluar el efecto antibacterial del aceite esencial de *E. foetidum*, frente a la cepa patógena de *E. coli* ATCC 8739.
- 5.2.3. Determinar la concentración inhibitoria mínima del aceite por el método de difusión en disco.
- 5.2.4. Establecer la composición química del aceite esencial de *E. foetidum* mediante cromatografía de gases.

## 6. HIPÓTESIS

El aceite esencial extraído de *Eryngium foetidum* (Samat) presenta actividad antibacteriana contra *E. coli*.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1. Universo de trabajo

Constituido por la especie *Eryngium foetidum* (Samat) colectada en mercados populares de Guatemala.

### 7.2. Muestra

Aceite esencial de *Eryngium foetidum* extraído de la planta

### 7.3. Criterios de inclusión

- Plantas verdes
- Plantas frescas
- Con hojas verdes
- Ubicadas en Guatemala.

### 7.4. Criterios de exclusión

- Plantas secas
- Plantas color marrón
- Sin hojas
- Flor

### 7.5. Recursos Humanos

- Autor: Br. Sulman Paola Palacios Chávez
- Asesor de Tesis: MSc. María Nereida Marroquín Tintí
- Revisor de Tesis: M.A. Lesbia Mengala Guerra Urizar
- Asesor de Estadística: Dr. Jorge Luis de León Arana

### 7.6. Materiales

#### 7.6.1. Reactivos

- Agar nutritivo tripticasa soya
- Agar nutritivo Müller-Hinton
- Cepa patógena de *Escherichia coli* ATCC 8739

- Solución salina estéril
- Agua destilada
- Pentanol
- Etanol al 95%

#### **7.6.2. Materiales**

- Tallos y hojas de Samat (*Eryngium foetidum*)
- Cajas de Petri
- Hielo
- Jeringa de 5mL
- Papel filtro
- Discos de difusión
- Escala de McFarland 0.5

#### **7.6.3. Cristalería**

- Balón de 500mL para equipo de extracción neoclevenger.
- Probeta de 250mL.
- Viales ámbar de 5mL
- Equipo para extracción de aceites esenciales neoclevenger
- Micropipetas

#### **7.6.4. Equipo**

- Balanza analítica marca Adventure, serie: G1231202040, voltaje: 8-14,5 V, frecuencia: 50/60 Hz.
- Plancha de calentamiento marca CORNING, modelo: PC-620, voltaje: 120 V, frecuencia: 60 Hz, potencia: 1113 W.
- Soportes y pinzas de acero inoxidable para asegurar el neoclevenger.
- Pipeta automática de 10  $\mu$ L.
- Espectrofotómetro UV visible.

## 7.7. Metodología

### 7.7.1. Recolección e identificación de la materia vegetal.

- La materia vegetal fue recolectada en el departamento de Guatemala, en el municipio de Villa Canales con una Latitud: 14.478660650520906 y Longitud: -90.50961166048644 (Google maps, s.f.).
- Para realizar la identificación de la materia vegetal, esta se llevó a la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- La Escuela cuenta con la Unidad de Investigación y Herbario BIGU, en donde se herborizó e identificó a *Eryngium foetidum*.
- El Samat o culantro silvestre fue registrado como *Eryngium foetidum* L. (Apiaceae), registro BIGU 79004.

### 7.7.2. Extracción de aceite esencial empleando la técnica de destilación por arrastre de vapor por método de Neoclevenger.

- Se lavó las secciones del neoclevenger con etanol y agua. (Lossi, 2012)
- Se pesó 50 gramos de Samat con el mismo tipo de corte y se colocó en un balón de 500 mililitros (mL).
- Se agregó al balón 500 mL de agua destilada para humedecer todo el material y se acopló el balón con el material vegetal al neoclevenger, manteniendo el agua de recirculación a una temperatura de 10 °C.
- Posterior a eso se calentó el balón empleando una plancha o manto hasta ebullición.
- Iniciada la ebullición, se midió el tiempo de destilación por dos horas.
- Posterior al tiempo de destilación, se suspendió el calentamiento hasta no obtener destilado.
- Se separó la fase oleosa de la fase acuosa empleando una jeringa y se vertió el aceite esencial en un frasco ámbar previamente tarado.
- Se pesó el frasco con el contenido de aceite esencial en la balanza analítica y se calculó el porcentaje de rendimiento.

- Se estableció el peso de aceite esencial por diferencia de pesos del vial vacío y el vial con aceite esencial.
- El rendimiento se determinó como la razón del peso del aceite respecto el peso del Samat medido al inicio del proceso. El cálculo del rendimiento de aceite esencial es:

Donde:

Wf: peso final del aceite esencial en el vial (g)

Wo: peso del vial vacío (g)

Wm: peso de la materia prima o Samat (g)

$$\text{Entonces } \frac{Wf - Wo}{Wm} = \% \text{ de rendimiento}$$

### **7.7.3. Procedimiento para determinar actividad antibacteriana**

#### **7.7.3.1. Preparación de los inóculos**

- El agar Müeller-Hinton se preparó de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- Se esterilizó en autoclave y enfrió en baño María a 50 °C. (Aguilar, sf)
- Se vertió en cajas de Petri a una profundidad de 4 mm y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Si no es utilizado de inmediato puede refrigerarse a una temperatura de 2-8°C por no más de siete días.
- Se colocó entre 4 y 5 ml de suero tripticasa soya estéril en un tubo de ensayo.
- Se tomó con un asa bacteriológica tres o cuatro colonias morfológicamente similares y se suspendieron en el tubo, se agitaron vigorosamente hasta alcanzar una turbidez la cual se determinó por absorción ultravioleta mediante un espectrofotómetro en donde la absorción a 625 nm fue de 0.08 a 0.1. (ver anexo 13.13).
- Se sumergió un hisopo de algodón, no tóxico, estéril, en un periodo no mayor a 15 minutos posteriores al ajuste de la turbidez, de manera de embeberlo completamente. Antes de retirarlo se escurrió sobre las paredes del tubo para retirar el exceso de líquido. (Aguilar, sf)

- Se sembró la placa de agar Müller-Hinton a manera de obtener un crecimiento confluyente, para lo cual se estrío con el hisopo en forma paralela y bien compacta abarcando toda la superficie. Luego se repitió el procedimiento rotando la placa 60° en dos oportunidades más.
- Se dejó secar 3 a 5 minutos antes de colocar los discos.
- Se colocaron los discos estériles de papel filtro Sartorius 292a impregnados con aceite esencial de Samat a diferentes volúmenes (2.5, 5, 7.5 y 10 µL). Estos se colocaron con una pinza estéril. Luego de estar sobre el agar se presionaron los discos levemente para que quedaran adheridos al mismo. Se colocaron a más de 15 mm del borde de la placa y se distribuyeron de manera que no hubo superposición de los halos de inhibición.
- Luego de colocados los discos, las placas se incubaron de 35°C a 37°C en grupos no mayores a cinco placas durante 24 h. Las placas se colocaron en forma invertida para que el agua condensada no cayera sobre el agar. (Leal, E. et al, 2013)

#### **7.7.4. Evaluación de Concentración Inhibitoria Mínima**

La determinación de la actividad inhibitoria in vitro del aceite esencial de *E. foetidum* L. se realizó por medio del método de difusión en disco, considerándose con actividad inhibitoria la formación de un halo de inhibición alrededor del disco impregnado con el aceite esencial del *E. foetidum* L. Se midió la zona de inhibición de cada disco contra una superficie oscura bajo luz reflejada.

- Se midió el diámetro de la zona incluyendo los 6 mm del disco, con una regla sobre el respaldo de la caja de Petri sin remover la tapa. (Lossi, 2012)
- Una lectura de 6 mm indica que no hay zona de inhibición.
- El disco que presente la lectura de inhibición más cercana a la zona que no presenta inhibición (en este caso 6 mm) corresponde a la concentración inhibitoria mínima. (Ordoñez, 2007; Ríos, & Recio, 1988)

### 7.7.5. Determinación de composición química del aceite esencial del *E. foetidum* por cromatografía de gases

Para conocer los componentes del aceite esencial del *E. foetidum* se llevó cabo el análisis cualitativo y cuantitativo mediante una cromatografía de gases, para ello se realizó la solicitud del análisis al Centro de Información y Asesoría Toxicológica (CIAT) de la Escuela de Química Farmacéutica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### 7.7.6. Análisis de Resultados

Para el análisis estadístico de resultados se llevó a cabo la prueba binomial utilizando la tabla que se muestra a continuación. En donde el nivel de confianza para cada análisis realizado debe ser mayor al 90%. La k representó el número de éxitos necesarios para obtener el nivel de confianza requerido; y N indicó el número de repeticiones a realizarse. Por lo que, para el ensayo se efectuaron 12 repeticiones que como mínimo requieren un número de 8 aciertos para entrar en el nivel de confianza.

		<b>K</b>											
<b>N</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	062	312	688	938	1.0								
5	031	188	500	812	969	1.0							
6	016	109	344	656	891	984	1.0						
7	008	062	227	500	773	938	992	1.0					
8	004	035	145	363	637	855	965	996	1.0				
9	002	020	090	254	500	746	910	980	998	1.0			
10	001	011	055	172	377	623	828	945	989	999	1.0		
11		006	133	110	274	500	726	887	967	994	999	1.0	
12		003	019	073	194	387	613	806	927	981	997	999	1.0

Fuente: Lawlees, & Heymann, 1999

## 8. RESULTADOS

El porcentaje de rendimiento del aceite esencial del Samat fue muy inferior a los reportados en diferentes ensayos en el resto del mundo. Se procedió a realizar la extracción del aceite esencial con materia vegetal seca en la primera y segunda extracción, y con materia vegetal fresca en las demás extracciones para obtener un mayor porcentaje de rendimiento.

### 8.1. Porcentaje de rendimiento del aceite esencial del *E. foetidum*.

NO. DE EXTRACCIÓN	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO (%)
1	0.0005
2	0.0084
3	0.2300
4	0.2600
5	0.0670
6	0.2400
7	0.0900
8	0.2700
9	0.2400
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.1560</b>

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT-, laboratorio 106, edificio T10, USAC.

Se establecieron diferentes volúmenes para ser analizados por medio del método de difusión en disco; con el objetivo de evaluar la actividad antibacteriana del aceite esencial del Samat. Se realizaron doce repeticiones de cada volumen y cuatro repeticiones del control positivo y control negativo por cada volumen probado (Ver anexos 13.3 al 13.6).

### 8.2. Determinación in vitro de actividad antibacteriana del aceite esencial de *E. foetidum*

Volumen (µL)	10.0	7.5	5.0	2.5
<i>E. coli</i> ATCC 8739	-	-	-	-
Control Positivo (Amoxicilina 10 µg)	+	+	+	+
Control Negativo (Disco en blanco)	-	-	-	-

+: Sensible -: Resistente

Fuente: Datos experimentales

Se identificaron diferentes compuestos mediante la cromatografía de gases, de los cuales se incluyeron veintiséis compuestos que presentaron mayor porcentaje en la muestra, así como los reportados en otros estudios del *E. foetidum*, los cuales se destacan con negrita.

### 8.3.Resultado de los veintiséis componentes más representativos en la cromatografía de gases del aceite esencial de *E. foetidum*.

No.	COMPONENTE	TIEMPO DE RETENCIÓN	RENDIMIENTO (%)
1	5,9-Metanobenzenociclooctano, 3-cloro-5,6,9,10-tetrahidro-5,7,8,9-tetrametil	10.657	16.19
2	Acido glutámico-Treonina-Arginina	10.757	27.17
3	Triciclo[3.3.1.1(3,7)]decano, 1-(2,4-dinitrofenil)	12.173	14.34
4	1-Pentafluoruro de fosforo	12.328	25.69
5	5-dehidro-13a-hidroxi-multiflorine	13.984	15.7
6	Nitrato de potasio	14.164	41.61
7	Butilhidroxitolueno	14.584	25.58
8	Fluoroformil-3,3,4,4-tetrafluoro-1,2-oxazetidina	15.029	99.92
9	Norfluoxetina	15.509	23.9
10	D-Ribosa 5-fostato	15.659	35.72
11	N-Acetil-D-norleucina	15.819	38.16
12	Cromo-bis[(1,2,3,4,5,6-ü)-(trifluorometil)-benceno]	16.069	25.73
13	Biciclo-(5.1.0)-octano, 8-metileno	19.991	16.79
14	<b>Benzaldehído, 2,4,6-trimetil</b>	<b>24.018</b>	<b>7.52</b>
15	2,4-Dimetilamfetamina	24.308	18.88
16	Bencenoetanamina, alfa., 2,6-trimetil	24.863	60.61
17	16-Heptadecenal	26.739	16.84
18	<b>Dodecanal (Lauraldehído)</b>	<b>27.139</b>	<b>25.96</b>
19	Monomiristina	29.120	21.67
20	4-Propioniloxipiperidina	29.760	15.68

<b>21</b>	2-(Dimetilamino)-6,7-dihidro-4H-[1,3]-tiazol-[3,2-a]- [1,3,5]-triazina -4-thione	29.805	21.74
<b>22</b>	Thieno-[2,3-b]-piridina, 5-etil-3-nitro	29.975	27.5
<b>23</b>	(3R,4S,2E)-2-Hexadec-15-enylidene)-3-hidroxi-4- metilbutanamida	30.120	15.69
<b>24</b>	2-terc-butil-3,3-dimetil-3,4,5,6-tetrahidropiridina	30.175	51.62
<b>25</b>	10-Cloro-1-decanol	30.820	100
<b>26</b>	1,2,3,4-tetrametil-ciclohexano	31.711	77.23

Componentes enlistados en orden de tiempo de retención, Volúmen = 0  $\mu$ L, División = 1:1, Gas portador = He, Retraso de Solvente = 0.50 min, Temperatura de transferencia = 230°C, Fuente de temperatura = 230°C, Escáner: 33 a 350 Da, Columna = 30.0m x 320 $\mu$ m

Fuente: Datos experimentales, CIAT

## 9. DISCUSIÓN

Actualmente el mundo atraviesa por una etapa de resistencia antibiótica que aumenta cada día. A pesar de la viralización de concientización del uso racional de antibióticos, este parece ser un tema que amerita muy poca relevancia para la población en general. En un país como Guatemala, el acceso a tratamientos antibióticos completos es un lujo que las personas con ingresos económicos limitados no pueden darse.

Es necesario investigar nuevos compuestos que puedan revelar una actividad antibacteriana en potencia; sin embargo, son estudios ameritados a la academia, por lo que se convierten en estudios muy lentos, pero aun así son significativos para el desarrollo de nuevos compuestos que, en primera instancia, contribuyan a la salud de la población guatemalteca.

En la presente investigación se utilizó el aceite esencial del Samat (*Eryngium foetidum*) para evaluar su potencial actividad antibiótica frente a *E. coli* ATCC 9739, pensando en un posible uso contra las infecciones gastrointestinales para validar su uso como antibiótico, con el fin de brindar una alternativa terapéutica a las personas con escaso acceso a medicamentos; así como, para enfrentar la resistencia antibiótica actual.

Los usos etnomedicinales del Samat incluyen tratamiento para fiebre, hipertensión, estreñimiento, convulsiones, asma, dolor de estómago, parásitos, entre otros (Paul, Seaforth, & Tikasingh, 2011).

La evaluación química de las hojas de Samat cultivado en otros países indicó la presencia de abundantes aceites esenciales. Sin embargo, la variabilidad en la composición del aceite esencial depende claramente de la ubicación geográfica de la planta en crecimiento, así como el porcentaje de rendimiento (Amin, Haddadian & Shah, 2012). En el estudio de Amin y colaboradores (2012) se determinó que el porcentaje de rendimiento del aceite esencial de *E. foetidum* fue de 0,1 a 0,95% del peso seco de las hojas de diferentes orígenes, en los que se incluye Fiji, Bangladesh, Perú, Venezuela, India, Taiwán, Vietnam, Cuba, Malasia y África Occidental; Jaramillo, Duarte y Martelo en 2011, indicaron que el rendimiento del aceite esencial obtenido de las hojas frescas de *E. foetidum* colombiano fue de 0,2 %; en la tesis de postgrado de Rodríguez, J, en 2014 se determinó que el porcentaje de rendimiento fue de 0.01% de las hojas frescas del *Eryngium foetidum* en un estudio realizado en Perú; en la tesis de pregrado de Rivera, L. en 2017 en un

estudio comparativo del aceite esencial de sacha culantro *Eryngium foetidum* L., de diferentes lugares de la región amazonas se reportó un porcentaje de rendimiento de las partes aéreas de 0.04%; en un estudio realizado en Santo Tomás El príncipe, un país africano, se publicó un porcentaje de rendimiento del aceite esencial de las partes aéreas secadas al aire, de dos muestras de *E. foetidum*, los cuales fueron del 0.17% y del 0.18%.

Esto confirma lo concluido por Amin y colaboradores en 2012, en donde indica que la variabilidad del porcentaje de rendimiento se debe a factores como la variación específica de cultivo o población, condiciones climáticas y de crecimiento, origen geográfico, edad de las hierbas o los diferentes métodos de procesamiento y análisis utilizados en el proceso.

En este estudio en particular, se determinó un porcentaje de rendimiento en promedio de 0.156%, ver Tabla No. 1. Tomando en consideración los datos anteriormente reportados, el mayor porcentaje de rendimiento obtenido fue el del estudio colombiano con un 0.2 %, y, el menor porcentaje de rendimiento fue 0.01% en el estudio realizado en Perú; el porcentaje de rendimiento de este estudio se encontró dentro de ese rango reportado. Cabe mencionar que el clima de los países de estos tres estudios es un clima intertropical. Sin embargo, la farmacéutica Xetley, S.A, en su página web principal muestra las especificaciones climáticas para estabildades contemplando temperatura y humedad de cada región de las Américas, en donde se determinó que la zona climática para Guatemala es la zona IVa correspondiente a un clima cálido húmedo con una temperatura generalmente mayor a 22 °C y una presión atmosférica mayor de 15 a 20 hPa. Ahora bien, para el Ecuador y Colombia la zona climática es IVb, la cual corresponde a un clima caliente y muy húmedo con una temperatura mayor a 22 °C pero una presión atmosférica mayor a 27 hPa. Esto nos indica que la variación climática no es significativa para la extracción de aceite esencial del Samat ya que tanto Perú con el menor porcentaje de rendimiento, como Colombia con el mayor porcentaje se encuentran en la misma categoría de zona caliente y muy húmeda. Por lo tanto, se demuestra que el tipo de cultivo, la recolección de la muestra y el método de extracción de aceites es lo que determina el porcentaje de rendimiento de la droga vegetal analizada. Para este estudio la droga vegetal fue recolectada en el departamento de Guatemala, en el municipio de Villa Canales con una Latitud: 14.478660650520906 y Longitud: -90.50961166048644 (Google Maps, s.f.; Xetley, 2019).

El rendimiento experimental de materia seca en este estudio mostró ser muy inferior a lo reportado en otros países con diferentes zonas climáticas, esto originó un reto mayor para la obtención del volumen necesario para la realización de la prueba de difusión en discos. Por lo que, únicamente 2 de las 9 extracciones se realizaron con materia vegetal seca, el resto se realizó con materia vegetal fresca, observándose una mejoría significativa; entrando en rangos aún inferiores, pero más significativos como en otros países.

En el anexo No. 1, se muestra el equipo neoclevenger utilizado para la extracción del aceite. La hidrodestilación debe realizarse con materia vegetal con un porcentaje de humedad menor al 10%, en su mayoría es suficiente para realizar una extracción eficaz; sin embargo, en este caso en particular, la materia seca presentó un porcentaje de rendimiento del 0.0008%, por lo que procedió a realizarse con materia vegetal fresca. La materia vegetal del estudio se recolectó alrededor de dos horas antes de la extracción, para mejorar el porcentaje de rendimiento; lo cual, comparado con la extracción de materia seca mostró una mejoría significativa, pero aun así fue muy escasa la extracción, sin embargo, suficiente para completar los análisis del estudio. El porcentaje de rendimiento del aceite esencial de Samat en este estudio, es comparable con los datos obtenidos en estudios realizados en otras zonas y regiones.

Respecto a la evaluación del potencial antibiótico; en este estudio se llevó a cabo una metodología con 12 repeticiones por cada volumen utilizado. En la tabla 8.2 se observan los resultados obtenidos; en donde se evaluaron cuatro volúmenes: 10, 7.5, 5 y 2.5  $\mu\text{L}$ ; estos frente a un control negativo que incluyó únicamente el disco en blanco, y un control positivo con Amoxicilina de 10  $\mu\text{g}$  (Ver anexo 2).

El control positivo (Amoxicilina de 10  $\mu\text{g}$ ) obtuvo sensibilidad en cada repetición realizada. El control negativo mostró inactividad antibacteriana frente a la cepa de *E. coli* ATCC 8739, lo cual evidencia mayor certeza en los resultados obtenidos en este estudio.

Lingaraju y colaboradores en el 2016 realizaron un estudio en la India para evaluar la actividad antibacteriana y antifúngica de diferentes extractos de Samat. Ellos determinaron que los extractos obtenidos con Soxhlet utilizando solventes orgánicos como éter de petróleo, acetato de etilo y metanol mostraron actividad antibacteriana frente a *E. coli* con un halo de inhibición de

14, 17 y 15 mm respectivamente contra los 25 mm de inhibición del control positivo, para el cual utilizaron gentamicina. En comparación, en la tabla 8.2 se muestran los resultados obtenidos en cada medición de este estudio. Los discos impregnados con diferentes volúmenes evidenciaron inactividad antibacteriana del aceite esencial de *Eryngium foetidum* frente a la cepa de *E. coli* ATCC 8739. Esto debido a que todos los discos impregnados con los diferentes volúmenes del aceite presentaron un halo de inhibición nulo, exactamente igual a lo reportado con el control negativo (el cual consistió en papel filtro únicamente). Se concluye que el Samat de este estudio no cuenta con actividad antibacteriana frente a *E. coli* ATCC 8739. Dentro de las posibles variables que pudieron afectar los resultados obtenidos, se encuentran que a diferencia de la materia vegetal de la India recolectada en una zona fresca y húmeda y el aceite esencial extraído con solventes orgánicos; el Samat de este estudio se recolectó en una zona cálida húmeda y el aceite esencial se extrajo mediante el método de arrastre de vapor. Esto nos indica que el método de extracción y el clima de recolección son factores influyentes en la potencial actividad antibacteriana del Samat. Ver Anexos del 13.3 al 13.6.

La determinación de la composición química del aceite esencial mediante el método de cromatografía de gases-masas, se realizó en el Centro de Información y Asesoría Toxicológica - CIAT-. Se evidenció que al evaluar la composición química del aceite esencial de este estudio, mediante cromatografía de gases-masas, este no presentó el trans-2-dodecenal o "Eryngial"; esta molécula cuenta con numerosos estudios en otros países. Adicional a ello, el porcentaje de rendimiento del aceite esencial obtenido en estudios antes mencionados, es mayor al obtenido en este estudio. Cabe mencionar que incluso existe una patente en proceso por dicha molécula en Estados Unidos.

Según Amin y colaboradores en 2012, reportaron que el nivel más alto registrado de E-2-dodecenal en el aceite de *E. foetidum* "Eryngial" (ver anexo 13.7), era de Malasia (59,72%) y Vietnam del Sur (58-67%). También se han documentado en la literatura científica los niveles de E-2-dodecenal en diferentes ubicaciones, como lo es; India (45,9%), Vietnam (45,5%), Bangladesh (37,4%), Los Andes de Venezuela (27,5%), Nepal occidental (58,1%), y en África occidental (15,9-37,5%). Este mismo es un compuesto de menor importancia en el aceite de especies que crecen en Cuba y Taiwán.

Esta información nos orienta a inferir que de acuerdo con los resultados de la actual investigación, la actividad antibacteriana del Samat proviene del Eryngial; por lo que, la ausencia de esta molécula da como respuesta una actividad antibacteriana nula.

Hacen falta más estudios del Samat guatemalteco para comprobar y validar la importancia del Eryngial, o bien evaluar sus posibles actividades farmacológicas. Así mismo, en Forbes y colaboradores en 2013, se determinó que el Eryngial presentó actividad antihelmíntica, esto nos orienta a considerar que el Samat de Guatemala no cuenta con esta actividad debido a la ausencia del Eryngial que presentó este estudio.

En la tabla No. 3 se describen los compuestos más relevantes del estudio de gases-masas del aceite esencial de *E. foetidum* guatemalteco. La cromatografía completa se encuentra en el anexo 13.8.

Es importante mencionar que en diversos estudios como en Jaramillo y colaboradores en 2011 se determinó que la composición química mediante CG-SM (cromatografía de gases y espectrometría de masas) presentó un alto porcentaje de aldehídos alifáticos (E-2-dodecenal, 5-dodeceno, tetradecanal, tetradecenal) y aromáticos (2,4,6-trimetilbenzaldehído, 3,4,5-trimetilfenol) en donde su compuesto mayoritario fue el E-2-dodecenal “Eryngial” con un 43.96 %.

En otro estudio, del autor Banout y colaboradores en 2010 publicado en Perú se identificó mediante cromatografía de gases al 2-dodecenal como componente principal del aceite esencial de culantro con un promedio de 61.8 a 62.2%, seguido de n-dodecanal con 10.9 a 15.5%, E-2-tetradecanal con 6.7 a 7.6% y 1-tetradecano con 3.6 a 5.7%.

Martins y colaboradores en 2003 presentaron un artículo del estudio realizado en Santo Tomás y Príncipe en donde se indicó que de todos los componentes encontrados por cromatografía de gases en el aceite esencial, el 2,3,6-trimetilbenzaldehído presentó un porcentaje de 23,7%; siendo el compuesto principal en la muestra 1, y (E) -2-dodecenal con 37,5% fue el componente principal de la muestra 2.

En 2008, Nguyen y colaboradores publicaron un estudio de Vietnam en donde se determinó mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas los compuestos más importantes, los cuales fueron el duraldehído con 5,78%, lauraldehído con 11,53% y 2-dodecenal con 57,79%.

En un estudio de tesis en Perú para obtención del título de Maestría en alimentos realizado por José Rodríguez, se determinó mediante cromatografía de gases que la presencia de p-cimeno, 1-undeceno, undecano, decanal, 1-decanol, 2,6,10-trimetiltetradecano, undecanal, 2,4,6-trimetilfenol, 2,4,5-trimetilbezaldehído, ácido cáprico, dodecanal, trans-2-undecen-1-ol, 2-dodecenal, ácido 2,4,6-trimetilbenzoico, nonadecano, ácido láurico, tetradecanal, ácido linoleico, ácido mirístico, 1-nonadeceno, ácido palmítico y ácido oleico; en donde el 2-dodecenal estuvo presente; sin embargo, no como componente principal como se ha detallado en otros estudios.

En la región de Amazonas se llevó a cabo un estudio de tesis de Lewis Rivera en el 2017 y se determinó como componente mayoritario el 13-Octadecenal, (Z) con 55,95% y el alpha-Pineno con un 23,41%. En este estudio no se encontró el 2-dodecenal en ninguna muestra recolectada.

En la mayoría de los estudios mencionados se denotó al E-2-dodecenal como componente principal. Sin embargo, en este estudio estuvo ausente como componente del aceite esencial. Por lo que, esta investigación aporta evidencia que la posible actividad antibacteriana del aceite esencial de *E. foetidum* se deba al trans-2-dodecenal (Eryngial).

Por otro lado, el Samat de este estudio presentó diferentes alcoholes, aldehídos aromáticos y alifáticos, entre los que se destacan el 10-Cloro-1-decanol con un 100 %, el 1,2,3,4-tetrametilciclohexano con 77.23 %, Bencenoetanamina, alfa,2,6-trimetil con 60.61 % y 2-terc-butil-3,3-dimetil-3,4,5,6-tetrahidropiridina con 51.62%.

De igual manera se identificó con un 25.12% el Dodecanal (Lauraldehído) y el 2,4,6-trimetilbenzaldehído con 7.52%. Estos compuestos son mencionados como compuestos principales en diferentes estudios regionales ya referidos; sin embargo, no presentaron actividad antibacteriana frente a la cepa ATCC 8739 de *E. coli*.

Para el análisis estadístico de los resultados, se llevó a cabo la prueba binomial (ver metodología). En donde el nivel de confianza para cada análisis realizado debía ser mayor al 90%. La k representa el número de éxitos necesarios para obtener el nivel de confianza requerido; y N indica el número de repeticiones realizadas. Por lo que, en el ensayo se efectuaron 12 repeticiones que como mínimo requieren un número de 8 aciertos para entrar en el nivel de confianza requerido, por lo que este estudio no presentó el análisis estadístico requerido debido a que el número de aciertos corresponde a 0, lo que implica una totalidad estadística de confianza nula.

La hipótesis de la presente investigación es nula debido a que se determinó que el aceite esencial de *Eryngium foetidum* Samat no presentó actividad antibacteriana frente a la cepa ATCC 8739 de *Escherichia coli*. Por lo que, se sugiere continuar con estudios de especies vegetales aromáticas para evaluar su posible efecto antibacteriano y contribuir a la academia en tan importantes aplicaciones de beneficio para la población en general.

## 10. CONCLUSIONES

- 10.1. El aceite esencial de *Eryngium foetidum* evaluado frente a *Escherichia coli* ATCC 8739, mediante el método de difusión en discos, bajo las condiciones ensayadas no presentó actividad antibacteriana, pero no se descarta que bajo otras condiciones pueda tener dicha actividad biológica.
- 10.2. La hipótesis planteada para este estudio es nula.
- 10.3. El mayor porcentaje de rendimiento del aceite esencial se obtuvo con materia vegetal fresca.
- 10.4. La concentración inhibitoria mínima estuvo ausente en éste estudio.
- 10.5. El porcentaje de rendimiento obtenido del aceite esencial de la materia vegetal seca de *E. foetidum* fue de 0.000534 y 0.008430 % y el promedio del porcentaje de rendimiento obtenido del aceite esencial de la materia vegetal fresca de *E. foetidum* fue de 0.154000 %.
- 10.6. El análisis realizado por cromatografía de gases y espectrometría de masas reveló en el aceite esencial obtenido de *E. foetidum* de Guatemala, la ausencia del compuesto E-2-dodecanal, el cual es el componente al que se le atribuyen las diferentes actividades farmacológicas del Samat.
- 10.7. Los compuestos químicos con mayor porcentaje detectados mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas en el aceite esencial de *E. foetidum* fueron el 10-Cloro-1-decanol con un 100 %, el 1,2,3,4-tetrametil-ciclohexano con 77.23 %, Bencenoetanamina, alfa,2,6-trimetil con 60.61 % y 2-terc-butyl-3,3-dimetil-3,4,5,6-tetrahidropiridina con 51.62%.
- 10.8. Los compuestos de mayor relevancia detectados en estudios previos, realizados en otros países mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas y que estuvieron presentes en el aceite esencial de *E. foetidum* de Guatemala, fueron el dodecanal (lauraldehído) con un 25.12% y el 2,4,6-trimetilbenzaldehído 7.52%.

## 11. RECOMENDACIONES

- 11.1. Evaluar la actividad antihelmíntica, antioxidante, antipalúdica y antiinflamatoria del aceite esencial de *Eryngium foetidum* de Guatemala debido a que estas actividades farmacológicas han sido reportadas con éxito en otros estudios.
  
- 11.2. Evaluar la actividad antibacteriana del extracto del Samat con una metodología que incluya solventes orgánicos como éter de petróleo, cloroformo, acetato de etilo y metanol debido que se han reportado resultados positivos de actividad antibacteriana en un estudio Hindú publicado en el 2016.
  
- 11.3. Evaluar la actividad antibacteriana del extracto de *E. foetidum* con cepas bacterianas diferentes a *E. coli* como lo son *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* ya que se ha reportado actividad antibacteriana frente a estas cepas en otro estudio publicado en India en el 2016.

## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, (SF) “Método de difusión en agar según Kirby-Bauer” recuperado de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lcf/aguilar\\_g\\_ae/apendiceB.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lcf/aguilar_g_ae/apendiceB.pdf)
- Amin, M., Haddadian, A., & Shah, M. (2012). *Eryngium foetidum* l. *Coriandrum sativum* and *persicaria odorata* l.: a review. *Journal of Asian Scientific Research* 2(8) 410:426
- Banout J., Havlik J., Kulik M. Kloucek, P., Lojka, B. & valterova, I. (2010). Effect of Solar Drying on the Composition of Essential oil of Sacha Culantro (*Eryngium Foetidum* L.) Grown in The Peruvian Amazon. *Journal of Food Process Engineering* 33 (1) 83:103
- Boston Public Health Commission (2014) Infectious Disease Bureau: *E. coli* (*Escherichia coli*). Boston Public Health Commission
- Brito, Y. (2019). *Evaluación de la resistencia microbiana de Escherichia coli y Escherichia coli O157:H7 en carne de res faenada en Quito-Ecuador*. Tesis Licenciatura. Universidad Central de Ecuador, Ecuador.
- Cerpa, M. (2007). Hidrodestilación de aceites esenciales: modelado y caracterización. Tesis de doctorado. Universidad de Valladolid. Valladolid
- Dickinson and Company (2005). Patrón de turbidez BBL preparado Macfarland Turbidity Estándar 0.5. Maryland. Benex
- Escamilla, B. & Moreno, P. (2015). Plantas Medicinales de la Matamba y el Piñol del municipio de Jamap, Veracruz. Veracruz. INECOL
- Forbes WM, Reese PB, Robinson RD (2002). Medicaments for the treatments of *Strongyloides stercoralis* infections. *The University of the West Indies and Scientific Research Council*. Jamaica (Assignee), Jamaica Patent #3325 of September 23.
- Forbes, WM., Gallimore, W., Mansingh, A., reese, B. & robinson, R. (2013). Eryngial (trans-2-dodecenal), a bioactive compound from *Eryngium foetidum*: its identification, chemical isolation, characterization and comparison with ivermectin in vitro. *Parasitology*; 141(1), 269:278.

- García MD, Saenz MT, Gomez MA, Fernandez MA. (1999). Topical antiinflammatory activity of phytosterols isolated from *Eryngium foetidum* on chronic and acute animal models. *Phytother Res*; 13: 78–80.
- Gómez-Duarte, O. (2014). Enfermedad diarreica aguda por *Escherichia coli* enteropatógenas en Colombia. *Revista Chilena Infectol*; 31 (5) 577:586
- Google Maps (sf). Boca del Monte, Villa Canales. Recuperado 15 de mayo de 2021. Recuperado de <https://www.google.com.gt/maps/place/14%C2%B028'43.2%22N+90%C2%B030'34.6%22W/@14.4786659,90.5118004,17z/data=!3m1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d14.4786607!4d-90.5096117>.
- Guevara Y, Maselli A, Sánchez M del C. (2000). Effect of plant extracts for the control on plant pathogenic bacteria. *Manejo Integrado Plagas*; 56(1) 38:44.
- Hernández, C., Aguilera, G. & Castro, G. (2011). Gastrointestinal diseases, situation in México. *Enf inf microbiol* 31 (4) 137-151.
- Jaramillo B., Duarte E, & Martelo I. (2011). Volatile chemical composition of the essential oil from colombian *Eryngium foetidum* L. and determination of its antioxidant activity. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 16(2)140-150
- Kubo I, Fujita K, Kubo A, Nihei K, Ogura T. (2004) Antibacterial activity of Coriander volatile compounds against *Salmonella choleraesuis*. *J Agric Food Chemv*; 52: 3329–3332.
- Lawless, H. & Heymann, H. (1999). *Sensory Evaluation of food: principles and practices*. Nueva York. SPRINGER SCIENCE+BUSINESS MEDIA.
- Leal, E. et al (2013) “Ríos, J. L., & Recio, M. C. (1988). Screening methods for natural products with antimicrobial activity; a review of the literature” *Ciencia de Alimentos* 7 (1), 97-103
- Lingaraju, D., Sudarshana, M., Mahendra, C. & Poornachandra, K. (2016). Phytochemical screening and antimicrobial activity of leaf extracts of *Eryngium foetidum* L. (Apiaceae). *Indo American Journal of Pharmaceutical Research*. 6(2), 4339:4334.
- Lossi, E. (2012). *Obtención De Aceite Esencial Del Flavelo Del Fruto Del Naranja Dulce (Citrus Sinensis L.) Tipo Blanca, Variedad Valencia, Empleando El Método De Destilación Por Arrastre De Vapor A Nivel Laboratorio, En Función De Diferentes Tipos De Corte Y Contenido De Humedad*. Tesis Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

- Martins A., Salgueiro, L., Proença, A., Vil, R., Cañigüeral S., Tomi, F. & Casanova, J. (2003). Essential Oil Composition of *Eryngium foetidum* from S. Tomé e Príncipe. *Journal of Essential Oil Research* 15(2), 93:95.
- MDM (2019). *Cepas ATCC microbiologics*. MDM científica. Recuperado de <https://mdmcientifica.com/para-que-sirven-las-cepas-atcc-microbiologics/>
- Morales-Payán J. Brunner, B., Flores, L. & Martínez S. (2013). *Eryngium foetidum* L. (Apiaceae). *Proyecto de Agricultura Orgánica* 1:11
- Nguyen, T., Tran, H. & Le, T. (2008). The Essential Oil Composition of *Eryngium foetidum* L. in South Vietnam Extracted by Hydrodistillation under Conventional Heating and Microwave Irradiation. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 11(2). 154:161
- Nisan, I., Wolff, C., Hanski, E. & Rosenshine, I. (1998) "Interaction of Enteropathogenic *Escherichia coli* with Host Epithelial Cells". *Folia microbiológica*. 43 (3). 247:252
- OPS (2018). Los alimentos insalubres causan más de 200 enfermedades. Guatemala.: Recuperado de [https://www.paho.org/gut/index.php?option=com\\_content&view=article&id=762:los-alimentos-insalubres-causan-mas-de-200-enfermedades&Itemid=441](https://www.paho.org/gut/index.php?option=com_content&view=article&id=762:los-alimentos-insalubres-causan-mas-de-200-enfermedades&Itemid=441)
- Ordoñez, E. (2007). Determinación de la actividad inhibidora *in vitro* de nueve plantas guatemaltecas sobre *campylobacter jejuni*, utilizando el método de difusión en disco. Tesis de pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Paredes, F. & Roca, J. (2004). Infecciones gastrointestinales. *OFFARM*. 27(5) 100:106
- Paul J., Seaforth C., & Tikasingh, T. (2011) "Eryngium foetidum L.: A review" *ELSEVIER: Fitoterapia* 82 (2) 302:308
- Pino J., Rosado A., & Fuentes, V. (1997). Chemical Composition of the Seed Oil of *Eryngium foetidum* L. from Cuba. *J. & sent. Oil Res.*, 9 (1) 123:124
- Pino J., Rosado A., & Fuentes, V. (1997). Composition of the Leaf Oil of *Eryngium foetidum* L. from Cuba. *Journal Bent. Oil Res*. 9(1) 467-468
- PubChem (2018). 2-Dodecenal. Recuperado de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2-Dodecenal>
- Ríos, J. L., & Recio, M. C. (1988). Screening methods for natural products with antimicrobial activity; a review of the literature. *Journal of Ethnopharmacology*, 23(3), 127-148.

- Rivero, M., Padola, N., Etcheverria, A. & Parma, A. (2004). *Escherichia coli* enterohemorrágica y síndrome urémico hemolítico en argentina. *MEDICINA*. 64 (1) 352-356
- Rivera, L. (2017). *Estudio comparativo del aceite esencial de sachá culantro *Eryngium foetidum* L., de diferentes lugares de la región Amazonas*. (Tesis Licenciatura) Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas.
- Rodríguez, J. (2014). *Estructura química y actividad antioxidante in vitro del aceite esencial de *Eryngium foetidum* L. "siuca culantro"* (Tesis Licenciatura) Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Roumy V, Garcia-Pizango G, Gutierrez-Choquevilca AL, Ruiz L, Jullian V, Winterton P, et al. (2007) Amazonian plants from Peru used by Quechua and Mestizo to treat malaria with evaluation of their activity. *J Ethnopharmacol*; 112:482–9.
- Sanabria-Galindo, A., Mendoza, A., y Moreno, A. (1998). Actividad antimicrobiana in vitro de angiospermas colombianas. *Revista colombiana de ciencias químicas farmacéuticas*, 27 (1), 47.
- Saravia-Otten, A., Hernández, R., Marroquín, N., García, G., Mérida, M., Cruz, S., Orozco, N., Cáceres, A. & Gutiérrez, J. (2017). Inhibición de los efectos coagulante, fosfolipasa A2 y proteolítico del veneno de *Bothrops asper* por plantas usadas tradicionalmente en Centroamérica. *Ciencia, Tecnología y Salud* 4 (2) 203:216
- SENA- Servicio Nacional de Aprendizaje (2004). Introducción a la Industria de los Aceites Esenciales extraídos de Plantas Medicinales y Aromáticas. Recuperado de [https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion\\_industria\\_aceites\\_esenciales\\_plantas\\_medicinales\\_aromaticas/pdf/ACEITES%20ESENCIALES%20EXTRAIDOS%20DE%20PLANTAS%20MEDICINALES%20Y%20AROMATICAS.pdf](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/pdf/ACEITES%20ESENCIALES%20EXTRAIDOS%20DE%20PLANTAS%20MEDICINALES%20Y%20AROMATICAS.pdf)
- S. E.-MSPAS- (2016) "Situación epidemiológica de Enfermedades Transmitidas por Agua y Alimentos (ETAs), Guatemala. Recuperado de <http://epidemiologia.mspas.gob.gt/files/Publicaciones%202016/Salas%20Situacionales/ETAs%201-26%20S.E..pdf>
- SIGSA (2018). "Análisis anual de la situación epidemiológica de Enfermedades transmitidas por agua y alimentos en Guatemala, 2018" Recuperado de [Análisis Anual 2018 ETAS.pdf \(mspas.gob.gt\)](#).

- Taroco, R., Seija, V. & Vignoli, R. (2008). Métodos de estudio de la sensibilidad antibiótica. Recuperado de <http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/BacteCEFA36.pdf>
- Xuán, N., Ngoc, V. & Ván, N. (1992) Composition of the Essential Oil of *Eyngium foetidum* L. from Vietnam. *Journal Essent. Oil Res.*4(1) ,423:424
- Xetley, S.A. (2019). Requisitos de estabilidad en las Américas. Recuperado de <https://xetley.com/requisitos-estabilidad/>
- Yagi E, Ota N, Fujiwara R, Umishio K (2006.). Skin-whitening agent. SHISEIDO Co Ltd (Assignee), *Japanese Patent JP2006265141 of October 05*

### 13. ANEXOS

#### 13.1. Extracción de aceites esenciales de la hoja y el tallo de Samat con Neoclevenger en Laboratorio de Investigación de Productos Naturales -LIPRONAT-



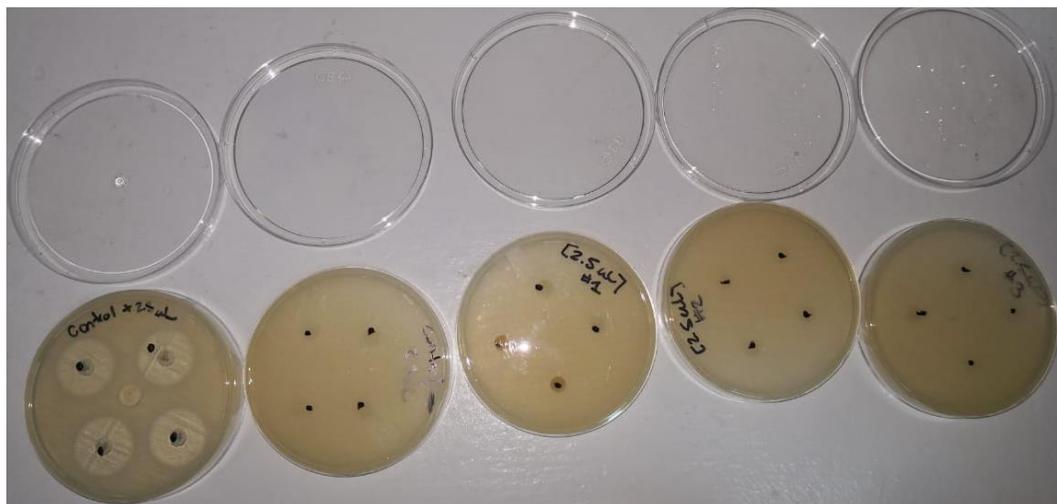
Fuente: Datos experimentales

#### 13.2. Discos de amoxicilina de 10 $\mu$ g



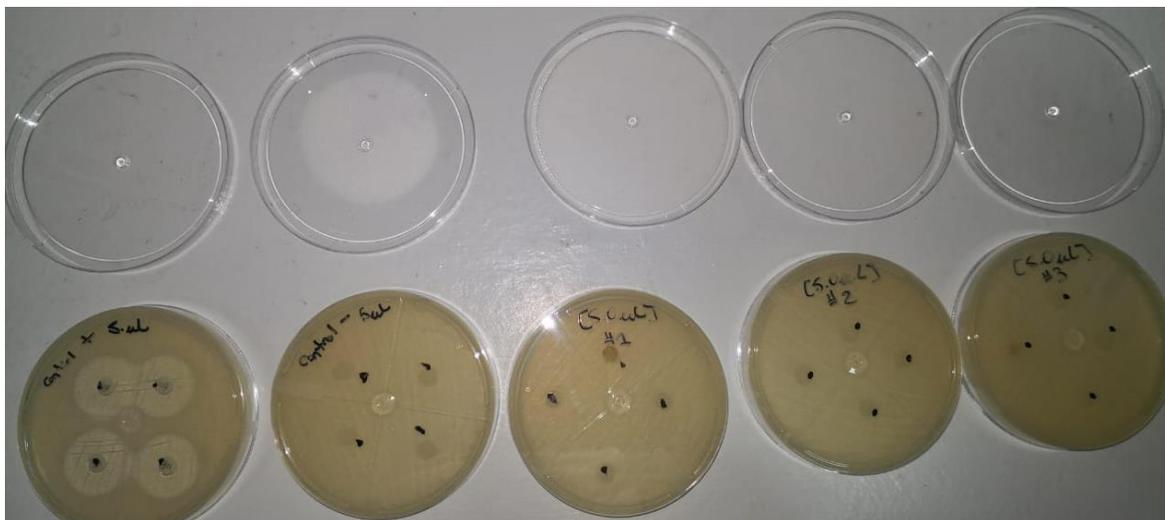
Fuente: Datos experimentales

**13.3. Prueba de actividad antibiótica con 2.5  $\mu$ L de aceite esencial de Samat (*E. foetidum*) por el método de difusión en disco.**



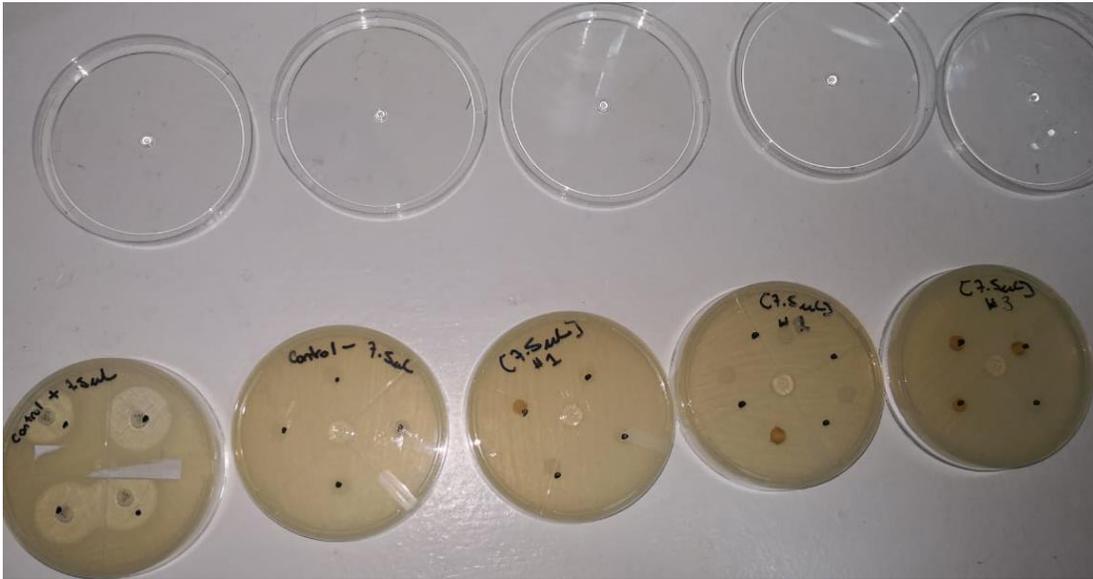
Fuente: Datos experimentales

**13.4. Prueba de actividad antibiótica con 5.0  $\mu$ L de aceite esencial de Samat (*E. foetidum*) por el método de difusión en disco.**



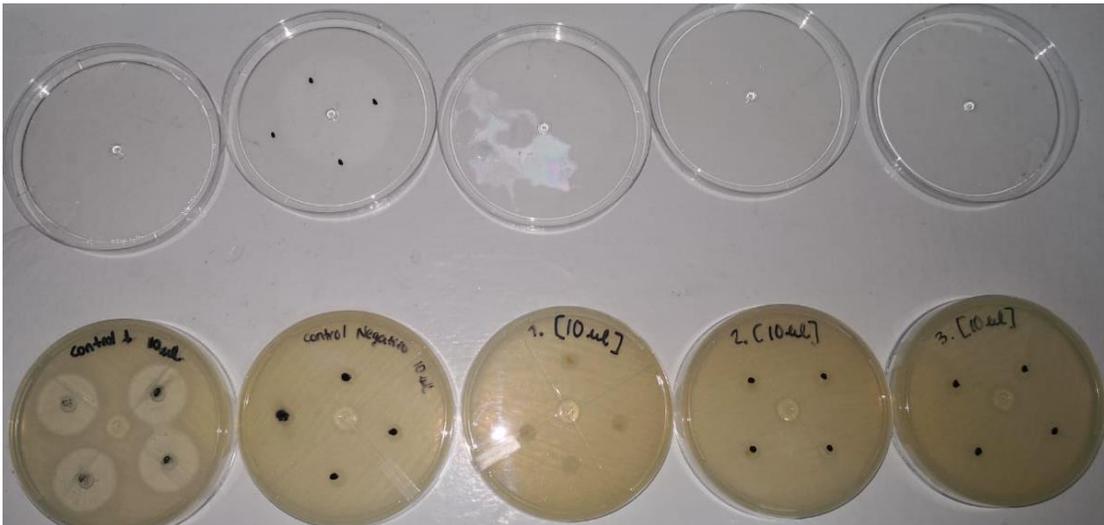
Fuente: Datos experimentales

**13.5. Prueba de actividad antibiótica con 7.5  $\mu$ L de aceite esencial de Samat (*E. foetidum*) por el método de difusión en disco.**



Fuente: Datos experimentales

**13.6. Prueba de actividad antibiótica con 10.0  $\mu$ L de aceite esencial de Samat (*E. foetidum*) por el método de difusión en disco.**



Fuente: Datos experimentales

### 13.7. Estructura molecular del E-2-dodecenal “Eryngial”



Fuente: PubChem, 2018

### 13.8. Composición química del aceite esencial de Samat (*Eryngium foetidum*) identificado en el Centro de Información y Asesoría Toxicológica

Pk #	RT	Hit	Compound Name	Match	R.Match	Prob.	CAS	Library
1	0.753	1	12-Aminocampthoecin	46	896	0.0	58546-28-4	mainlib
		2	3,3-Bis(m-methoxyphenyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylic acid	50	878	0.0	67437-17-6	mainlib
		3	2,2-Dimethyl-4-hydroxy-5,7-dimethoxy-chroman	54	854	0.0	71338-70-0	mainlib
2	0.804	1	Pyrolidine	119	960	0.0	123-75-1	nist_msms
		2	1-Propanol, 2,2-dimethyl-	165	956	0.0	75-84-3	replib
		3	Dodecanoic acid	141	909	0.0	143-07-7	nist_msms
3	1.674	1	1,4-Naphthalenedione, 3-hydroxy-6-methyl-2-(1-methylethyl)-5-(4-methyl-3-oxopentyl)-	84	772	0.0	119139-56-9	mainlib
		2	Cyclopent[a]inden-8(1H)-one, 2,3,3a,8a-tetrahydro-3a-hydroxy-1,1-dimethyl-	61	770	0.0	64129-27-7	mainlib
		3	Methyl 2-ethyl-4-ketohexylphthalate	53	770	0.0		mainlib
4	3.645	1	Ile-Trp	42	821	0.0		nist_msms
		2	1-Silacyclohexa-2,5-diene	38	821	0.0	81200-77-3	mainlib
		3	Methyl 6-hydroxy-2,4-dimethyl-3-(phenylselanyl)benzoate	91	794	0.0		mainlib
5	4.580	1	Δ-Pinene	937	990	0.0	80-56-8	replib
		2	(1R)-2,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene	935	988	0.0	7785-70-8	mainlib
		3	(1S)-2,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene	930	983	0.0	7785-26-4	mainlib
6	7.331	1	1H-1,2,4-Triazole, 3-ethyl-5-(5-nitro-2-furyl)-	48	899	0.0	5019-57-8	mainlib
		2	Elhanone, 1-(1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-3-phenyl-1,4,5,8-diepoxy-naphthalen-2-yl)-, (1a,4a,4aa,5a,8a,8aa)-	55	871	0.0	71127-09-8	mainlib
		3	Nalorphine	202	862	0.0	62-67-9	nist_msms
7	8.341	1	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	709	978	0.0	535-77-3	replib
		2	o-Cymene	701	975	0.0	527-84-4	mainlib
		3	1,3,8-p-Menthatriene	640	975	0.0	18368-95-1	replib
8	8.507	1	7-Methyl-3-methylene-7-octen-1-ol, propanoate (ester)	173	862	0.0	73214-63-8	mainlib
		2	(Z)-8-Hydroxy-4,7-dimethyl-oct-6-enoic acid lactone	150	838	0.0	106542-12-5	mainlib
		3	(Z)-3,7-Dimethyl-2,7-octadien-1-ol, propanoate(ester)	201	830	0.0	73214-62-7	mainlib
9	8.747	1	3-(1-Chloroethyl)-3-methyl-1,2,4-trioxolane	41	693	0.0	105949-85-7	mainlib
		2	cis-Vaccenic acid	67	692	0.0	506-17-2	nist_msms
		3	5H-Benzo[g]-1,3-benzodioxolo[6,5,4-de]quinoline-5,6(7H)-dione, 7-methyl-	66	688	0.0	55610-01-0	mainlib
10	8.967	1	Lys-Trp	39	845	0.0		nist_msms
		2	2-Isopropylmalic acid	29	842	0.0	3237-44-3	nist_msms
		3	19-Hydroxy-13-epimanoyl oxide	43	827	0.0	77096-88-9	mainlib
11	9.102	1	Iron, tricarbonyl[(4,5,6,7-0)-3a,3b,7a,7b-tetrahydro-2,2-dimethylbenzo[3,4]cyclobuta[1,2-d]-1,3-dioxole]-, stereoisomer	49	700	0.0	63444-27-9	mainlib
		2	2(3H)-Benzofuranone, 3,3-dimethyl-	65	684	0.0	13524-76-0	mainlib
		3	Tricyclo[6.2.0.0(3,6)]dec-1(8)-en-2,7-dione	45	680	0.0	87258-04-6	mainlib
12	9.197	1	9-Hydroxyrisperidone	17	839	0.0	144598-75-4	nist_msms
		2	Pyrimido[5,4-a]phenazin-5-ol, 1-methyl-3-phenyl-	39	827	0.0	61416-96-4	mainlib
		3	Hexanimidamide, 2-chloro-N-(1,2-dichloro-1-hexenyl)-	96	820	0.0	41027-16-1	mainlib
13	9.317	1	5,6-Diphenyl-3-methylpyrazolo[1,5-a]pyridine-4,7-dione	40	924	0.0	103240-17-1	mainlib
		2	Arecoline	47	810	0.0	63-75-2	nist_msms
		3	Arecoline	49	795	0.0	63-75-2	nist_msms
14	9.437	1	Estrone, dimethylethylsilyl-	37	810	0.0		nist_msms
		2	N-Acetyl-D-lactosamine	42	806	0.0	32181-59-2	nist_msms
		3	Propanimidamide, 2-chloro-N-(1,2-dichloro-1-propenyl)-	61	781	0.0	40645-80-5	mainlib

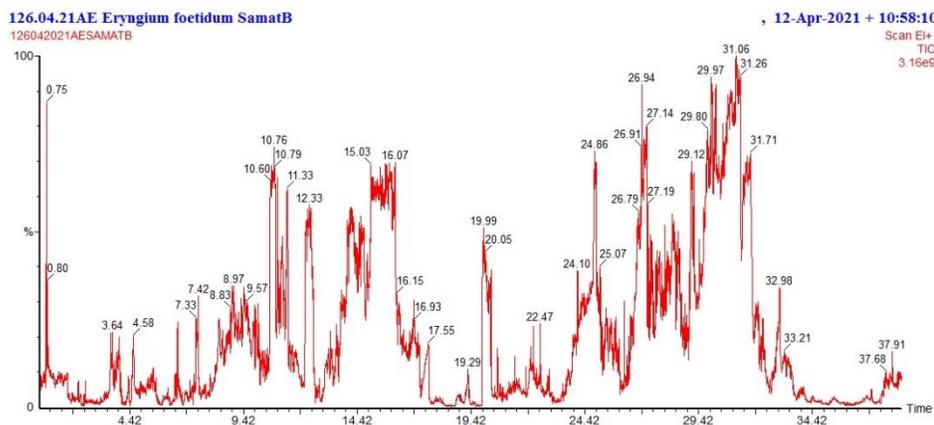
15	9.572	1	2-Cyclopentenone, 2-(4-chloroanilino)-4-piperidino-	74	677	0.0	112370-73-7	mainlib
		2	Ethyl 2-methyl-1,3-oxazolidine-2-acetate	58	663	0.0		mainlib
		3	4H-imidazole-2-acetic acid, 5-(dimethylamino)-à,à-dithiyl-4,4-dimethyl-, ethyl ester	79	623	0.0	89315-94-2	mainlib
16	9.627	1	Ethanone, 1-[6-hydroxy-2-(1-methylethenyl)-7-benzofuranyl]-	57	802	0.0	55682-75-2	mainlib
		2	3-Allyl-2-methyl-4(3H)-quinazolinethione	47	789	0.0	105251-13-6	mainlib
		3	4,6-Di-O-acetyl-1,5-anhydro-2,3-di-O-methyl-D-galactitol	106	788	0.0		mainlib
17	9.892	1	Cyclopenta[c]pyran-1,3-dione, 4,4a,5,6-tetrahydro-4,7-dimethyl-	157	962	0.0	66407-26-9	mainlib
		2	3,5-Nonadien-7-yn-2-ol, (E,E)-	159	926	0.0	43142-43-4	mainlib
		3	2-Cyclopenten-1-one, 2,3,5-trimethyl-4-methylene-	139	921	0.0	29785-85-3	mainlib
18	9.952	1	Methanone, bis(3-methoxyphenyl)-, hydrazone	49	878	0.0	67437-15-4	mainlib
		2	5à-Androstane-3à,17à-diol	64	872	0.0	1852-53-5	nist_msms
		3	Bisphenol A diglycidyl ether	21	870	0.0	1675-54-3	nist_msms
19	10.657	1	5,9-Methanobenzocyclooctene, 3-chloro-5,6,9,10-tetrahydro-5,7,8,9-tetramethyl-	155	939	0.0	58241-05-7	mainlib
		2	DL-7-Oxohasubanalactam	56	866	0.0	34087-44-0	mainlib
		3	Ethanone, 1-(1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-3-phenyl-1,4,5,8-diepoxy-naphthalen-2-yl)-, (1à,4à,4aà,5à,8à,8aà)-	54	856	0.0	71127-09-8	mainlib
20	10.757	1	Glu-Thr-Arg	37	925	0.0		nist_msms
		2	Arg-Trp-Arg	47	854	0.0		nist_msms
		3	Benzoic acid, 2,3-dichloro-, methyl ester	53	814	0.0	2905-54-6	mainlib
21	10.907	1	Methyl trimethylsilyl carbonate	29	953	0.0	100509-18-0	mainlib
		2	cis-2,5-Dihydroxy-2,5-dimethyl-3-(dimethylphenylsilyl)hex-3-ene	65	949	0.0	77612-11-4	mainlib
		3	(E,E)-(5-Phenylsulfonylgeranyl)geraniol	53	929	0.0	67428-43-7	mainlib
22	11.113	1	Phosphonic acid, [1-(1,1-dimethylethyl)-4,4-dimethyl-1,2-pentadienyl]-	109	911	0.0	42087-76-3	mainlib
		2	Ethyl 1-(2-propynyl)-2-oxocyclopentanecarboxylate	77	908	0.0	77320-46-8	mainlib
		3	1,5-Hexadien-3-ol	37	894	0.0	924-41-4	nist_msms
23	11.333	1	N1-Acetylspermine	22	954	0.0	25593-72-0	nist_msms
		2	N1-Acetylspermine	23	930	0.0	25593-72-0	nist_msms
		3	3-[[1-Methyl-4-[[1-methyl-4-[[1-methyl-1H-pyrrole-2-carbonyl]-amino]-1H-pyrrole-2-carbonyl]-amino]-1H-imidazole-2-carbonyl]-amino]-propionic acid ethyl ester	15	907	0.0	45764-1-38-2	nist_msms
24	12.173	1	Tricyclo[3.3.1.1(3,7)]decane, 1-(2,4-dinitrophenyl)-	53	923	0.0	71466-57-4	mainlib
		2	2H-Cyclohepta[b]furan-3-carboxylic acid, octahydro-2,8-dioxo-, ethyl ester, (3à,3aà,8aà)-	82	920	0.0	107115-50-4	mainlib
		3	Spiro[3.4]octan-1-one, 5-methyl-, cis-	60	898	0.0	65147-55-9	mainlib
25	12.326	1	Phosphorus pentafluoride	27	849	0.0	7647-19-0	replib
		2	Bicyclo[3.3.0]octane-1-carboxylic acid, 2-mercapto-4-methyl-8-oxo-, methyl ester, (1RS,2RS,4RS,5SR)-	100	830	0.0	125212-04-6	mainlib
		3	Phosphoramidic acid, bis(4-methylphenyl) ester	44	827	0.0	56830-89-8	mainlib
26	12.373	1	2-Methyl-1,4-butanediol	25	917	0.0	2938-98-9	nist_msms
		2	1-(2-Pyridyl)imidazole	63	880	0.0	25700-14-5	mainlib
		3	2,3-Pyridinedicarboxylic acid	30	832	0.0	89-00-9	nist_msms
27	12.428	1	Methadone-D3	24	860	0.0	60263-63-0	nist_msms
		2	Thieno[2,3-b]pyridine, 3-bromo-2-nitro-	65	821	0.0	53399-40-9	mainlib
		3	1,4-Dihydro-3-(4-methoxyphenyl)-1,7-dimethyl-6H-[1,2,4]triazolo[4,3-b][1,2,4,5]triazin-6-one	71	800	0.0	116471-39-7	mainlib
28	13.714	1	4-(p-Ethoxyphenylphosphinoyl)-N-methylbutanamide	80	937	0.0	93939-07-2	mainlib
		2	1-Phenyl-3-methylpenta-1,2,4-triene	37	929	0.0	93247-38-2	mainlib
		3	p-Benzoquinone, 2-methoxy-5-(methylthio)-	87	917	0.0	19349-06-5	mainlib
29	13.804	1	2-Naphthalenol, 1-(phenylazo)-	42	847	0.0	842-07-9	nist_msms
		2	2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyne-4,7-diol	48	828	0.0	126-86-3	nist_msms
		3	(E)-4'-Methoxy-2-methoxymethoxy-stilbene	55	816	0.0	115032-46-7	mainlib
30	13.984	1	5-DEHYDRO-13à-HYDROXY-MULTIFLORINE	70	829	0.0		mainlib
		2	Xylometazoline acetate	103	815	0.0		mainlib
		3	4-Amino-5-(4-chlorophenyl)-4,5-dihydro-3H-1,2,4-triazol-3-one #	100	815	0.0	70249-90-0	mainlib
31	14.164	1	Potassium nitrate	20	915	0.0	7757-79-1	nist_msms
		2	Oxazolam	27	896	0.0	24143-17-7	nist_msms
		3	Antraquinone, 1-(m-nitrophenyl)-	45	874	0.0	20770-24-5	mainlib
32	14.334	1	p-Toluenesulfonamide	40	833	0.0		mainlib
		2	Ile-Asn	44	815	0.0		nist_msms
		3	4-Ethylthio-6,7-dimethoxy-2-methylquinazoline	58	767	0.0	86749-93-1	mainlib
33	14.434	1	2-Methoxycinnamic acid	42	885	0.0	6099-03-2	nist_msms
		2	N-(2-(4-Methoxyphenyl)ethyl)-pyrrolidin-2,5-dione	47	859	0.0	181827-98-5	mainlib
		3	3H-Indazol-3-one, 1,2-dihydro-	47	839	0.0	7364-25-2	replib
34	14.504	1	Remifentanyl	27	870	0.0	132875-61-7	nist_msms
		2	Ferrocenamine, N-benzyl-N-ethyl-	47	854	0.0	12148-88-8	mainlib
		3	2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione, 2-(phenylthio)-	88	786	0.0	18232-03-6	mainlib
35	14.584	1	Butylated hydroxytoluene	59	915	0.0	128-37-0	nist_msms
		2	Butylated hydroxytoluene	40	902	0.0	128-37-0	nist_msms
		3	Butylated hydroxytoluene	53	893	0.0	128-37-0	nist_msms
36	14.854	1	D-Saccharic acid	35	919	0.0	87-73-0	nist_msms
		2	D-Saccharic acid	23	876	0.0	87-73-0	nist_msms
		3	à,4-Diacetoxy-3-methoxy-1-ethylbenzene	22	841	0.0	35960-49-7	mainlib

37	15.029	1	2-Fluorofomyl-3,3,4,4-tetrafluoro-1,2-oxazetidine	27	951	0.0		mainlib
		2	Acetamide, N,N-bis(1-methylpropyl)-	43	881	0.0	57233-37-1	mainlib
61	25.333	1	Asn-Ala-Arg	86	842	0.0		nist_msms
		2	Val-Tyr-Arg	44	826	0.0		nist_msms
		3	Tyr-Ala-Arg	55	822	0.0		nist_msms
62	25.563	1	2-Methylsulfinyl-5-(4-pyridyl)-1,3,4-thiadiazole	69	900	0.0	39577-53-2	mainlib
		2	Benzenepentanoic acid, 4-methoxy- $\delta$ , $\delta$ -dioxo-, methyl ester	50	892	0.0	36568-14-6	mainlib
		3	4-(Hydroxymethyl)-1-phenyl-2-azetidinone	44	876	0.0	65837-49-2	mainlib
63	25.768	1	Tyr-Val-Arg	69	863	0.0		nist_msms
		2	Tyr-Pro-Lys	43	824	0.0		nist_msms
		3	1,6:2,3-Dianhydro-4-O-acetyl- $\delta$ -d-allopyranose	61	801	0.0		mainlib
64	26.739	1	16-Heptadecenal	257	977	0.0		mainlib
		2	Dodecanal	343	968	0.0	112-54-9	mainlib
		3	14-Heptadecenal	248	966	0.0		mainlib
65	26.794	1	Dodecanal	264	935	0.0	112-54-9	mainlib
		2	Bicyclo[4.1.0]heptane, 7-pentyl-	157	932	0.0	41977-45-1	mainlib
		3	Pentadecanal-	250	928	0.0	2765-11-9	replib
66	26.914	1	2,6,10-Cyclotetradecatrien-1-one, 3,7,11-trimethyl-14-(1-methylethyl)-	140	962	0.0	77508-82-8	mainlib
		2	Cyclohexanemethyl propanoate	96	945	0.0	2890-67-7	mainlib
		3	14-Heptadecenal	161	943	0.0		mainlib
67	26.944	1	Bicyclo[4.1.0]heptane, 7-butyl-	127	896	0.0	18645-10-8	mainlib
		2	Pentadecanal-	140	883	0.0	2765-11-9	replib
		3	3-Ethyl-3-pentanol	46	883	0.0	597-49-9	nist_msms
68	27.139	1	Dodecanal	426	973	0.0	112-54-9	mainlib
		2	Tetradecanal	428	965	0.0	124-25-4	replib
		3	Cyclohexanemethyl propanoate	200	963	0.0	2890-67-7	mainlib
69	27.384	1	Formoterol	36	904	0.0	73573-87-2	nist_msms
		2	Lenthionine	62	750	0.0	292-46-6	replib
		3	4-(4-Nitrophenyl)-3,4(1H)-dihydro-2,3-benzothiazine 2,2-dioxide	74	742	0.0	110654-63-2	mainlib
70	27.674	1	Debrisoquin	23	935	0.0	1131-64-2	nist_msms
		2	Sulfadiazine	38	839	0.0	68-35-9	nist_msms
		3	Sulfadiazine	38	818	0.0	68-35-9	nist_msms
71	28.259	1	1H-1,2,4-Triazole, 3-ethyl-5-(5-nitro-2-furanyl)-	80	892	0.0	5019-57-8	mainlib
48	17.090	1	Ammonium sulfate	22	782	0.0	7783-20-2	nist_msms
		2	Mebhydrolin	24	749	0.0	524-81-2	nist_msms
		3	Labetalol	27	742	0.0	36894-69-6	nist_msms
49	17.545	1	Decanal	978	985	0.0	112-31-2	replib
		2	Decanal	962	974	0.0	112-31-2	replib
		3	Decanal	964	971	0.0	112-31-2	replib
50	19.991	1	Bicyclo[5.1.0]octane, 8-methylene-	65	960	0.0	54211-15-3	mainlib
		2	1,3-Methano-1H-indene, octahydro-2-(phenylthio)-, (1 $\alpha$ ,2 $\alpha$ ,3 $\alpha$ ,3 $\alpha$ ,7 $\alpha$ )-	49	952	0.0	70938-93-1	mainlib
		3	1H-1,3a-Ethanopentalen-4-ol, hexahydro-, trans-	97	943	0.0	117306-48-6	mainlib
51	20.046	1	Chloramphenicol	52	878	0.0	56-75-7	nist_msms
		2	5,6,8,3',4'-Pentahydroxy-7-methoxyflavone	49	836	0.0	103633-25-6	mainlib
		3	Monomyristin	46	832	0.0	589-68-4	nist_msms
52	20.191	1	Acetic acid, trifluoro-, (9,10-dihydro-9,10-dioxo-2-anthracenyl)methyl ester	73	758	0.0	107960-79-2	mainlib
		2	2H-Tetrazole, 2-methyl-5-(trifluoromethyl)-	93	748	0.0	768-27-4	mainlib
		3	cis-1-Acetamido-4-(N-phenethylbenzamido)cyclohexane	43	736	0.0	70924-95-7	mainlib
53	20.276	1	2-Pentenoic acid, 4-methyl-, ethyl ester, (E)-	62	845	0.0	15790-86-0	replib
		2	Trp-Asn	45	771	0.0		nist_msms
		3	N-Carbethoxy-2,2-difluoro-3,3-bis(trifluoromethyl)aziridine	65	769	0.0	59223-02-8	mainlib
54	22.042	1	2-Heptadecenal	200	942	0.0		mainlib
		2	E,Z-2,15-Octadecadien-1-ol acetate	278	934	0.0		mainlib
		3	Undecanal	293	929	0.0	112-44-7	mainlib
55	23.893	1	2,4-Dimethylamphetamine	207	960	0.0	75659-61-9	mainlib
		2	Benzeneethanamine, $\delta$ , $\delta$ ,2,6-trimethyl-, (R)-	212	958	0.0	57204-69-0	mainlib
		3	Benzeneethanamine, $\delta$ , $\delta$ ,3,4-trimethyl-	206	956	0.0	102-31-8	mainlib
56	24.018	1	Benzaldehyde, 2,4,6-trimethyl-	665	915	0.0	487-68-3	mainlib
		2	Benzaldehyde, 2,4,5-trimethyl-	657	908	0.0	5779-72-6	mainlib
		3	Benzaldehyde, 2,4,5-trimethyl-	636	882	0.0	5779-72-6	replib
57	24.098	1	Cyclohexene, 1,5,5-trimethyl-6-(2-propenylidene)-	72	954	0.0	56248-17-0	mainlib
		2	Benzene, (2-methoxy-2-propenyl)-	125	932	0.0	26473-60-9	mainlib
		2	Cyclobutaneacetoneitrile, 1-methyl-2-(1-methylethylidene)-	54	935	0.0	55760-14-0	mainlib
		3	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1,5,9-trimethyl-1,5,9-decatrienyl)-	137	923	0.0	56248-11-4	mainlib
80	29.500	1	2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyne-4,7-diol	167	909	0.0	126-86-3	nist_msms
		2	epiphotocitral A	173	906	0.0		mainlib
		3	1(2H)-Naphthalenone, 6-(1,1-dimethylethyl)octahydro-2,8a-dimethyl-4-Propionyloxypiperidine	171	872	0.0	54869-06-6	mainlib
81	29.645	1	4-Propionyloxypiperidine	93	948	0.0		mainlib
		2	Bicyclo[4.1.0]heptane, 7-pentyl-	114	938	0.0	41977-45-1	mainlib
		3	1-Butyl-1H-1,2,4-triazole	109	937	0.0	6086-22-2	replib
		3	N-(2-Chlorophenyl)-benzene-sulphenamide	47	812	0.0	103375-54-8	mainlib

82	29.760	1	4-Propionyloxypiperidine	80	949	0.0		mainlib
		2	2-Decenal, (E)-	209	905	0.0	3913-81-3	mainlib
		3	1-Butyl-1H-1,2,4-triazole	98	900	0.0	6086-22-2	replib
83	29.805	1	2-(Dimethylamino)-6,7-dihydro-4H-[1,3]thiazolo[3,2-a][1,3,5]triazine-4-thione	83	833	0.0		mainlib
		2	Arg-Asp-Arg	80	826	0.0		nist_msms
		3	Arg-Asp-Arg	93	797	0.0		nist_msms
84	29.930	1	3-Methyl-2-(2-oxopropyl)furan	82	911	0.0	87773-62-4	mainlib
		2	2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyne-4,7-diol	62	905	0.0	126-86-3	nist_msms
		3	4,5,9-Trihydroxy-dodeca-1,11-diene	99	891	0.0	121231-46-7	mainlib
85	29.975	1	Thieno[2,3-b]pyridine, 5-ethyl-3-nitro-	41	930	0.0	51043-51-7	mainlib
		2	Cyclopent[a]inden-8(1H)-one, 2,3,3a,8a-tetrahydro-3a-hydroxy-1,1-dimethyl-	55	915	0.0	64129-27-7	mainlib
		3	1,4-Naphthalenediol, 6-ethenyl-5,6,7,8-tetrahydro-7-[1-(hydroxymethyl)ethenyl]-6-methyl-(3R,4S,2E)-2-Hexadec-15-enylidene)-3-hydroxy-4-methylbutanolide	72	909	0.0	77880-95-6	mainlib
86	30.120	1	3-Methyl-2-(2-oxopropyl)furan	96	920	0.0	87773-62-4	mainlib
		2	2(3H)-Furanone, 3-(15-hexadecynylidene)dihydro-4-hydroxy-5-methyl-, [4S-(3Z,4A,5A)]-	92	912	0.0	71325-95-6	mainlib
87	30.175	1	2-tert-Butyl-3,4,5,6-tetrahydropyridine	87	898	0.0	90949-17-0	mainlib
		2	1,2-Cyclohexanediol, trans-	66	872	0.0	1460-57-7	replib
		3	2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyne-4,7-diol	60	859	0.0	126-86-3	nist_msms
88	30.475	1	10-Chloro-1-decanol	118	967	0.0	51309-10-5	nist_msms
		2	(1S,15S)-Bicyclo[13.1.0]hexadecan-2-one	207	963	0.0	102572-89-4	mainlib
		3	2-Heptadecenal	242	954	0.0		mainlib
89	30.520	1	Glycine, N-(2-methyl-1-oxo-2-butenyl)-, methyl ester, (E)-	65	824	0.0	55649-53-1	replib
		2	4-Propionyloxypiperidine	64	819	0.0		mainlib
		3	2-Butyl-61-pyrroline	66	803	0.0	64319-86-4	mainlib
90	30.820	1	10-Chloro-1-decanol	140	970	0.0	51309-10-5	nist_msms
		2	(1S,15S)-Bicyclo[13.1.0]hexadecan-2-one	230	968	0.0	102572-89-4	mainlib
		3	10-Chloro-1-decanol	139	968	0.0	51309-10-5	nist_msms
91	31.060	1	10-Chloro-1-decanol	72	969	0.0	51309-10-5	nist_msms
		2	1-Hexyl-1-nitrocyclohexane	118	966	0.0	118252-09-8	mainlib
		3	1-Hexyl-2-nitrocyclohexane	117	961	0.0	118252-04-3	mainlib
92	31.391	1	10-Chloro-1-decanol	183	955	0.0	51309-10-5	nist_msms
		2	2-Heptadecenal	363	937	0.0		mainlib
		3	Dodecanal	421	934	0.0	112-54-9	mainlib
93	31.711	1	1R,2c,3t,4t-Tetramethyl-cyclohexane	567	820	0.0		mainlib
		2	Heptane, 4-methylene-	446	820	0.0	15918-08-8	mainlib
		3	Oxacyclohexadecan-2-one, 16-methyl-	482	813	0.0	4459-57-8	mainlib
94	31.916	1	Propanoic acid, pentafluoro-, 2-[1-(2,2,3,3,3-pentafluoro-1-oxopropyl)-1H-indol-3-yl]ethyl ester	45	895	0.0	56761-69-4	replib
		2	Spiro[cyclopentane-1,3'-[3H]indole], 2'-methyl-	69	877	0.0	23077-27-2	mainlib
		3	1-Phenyl-hexa-1,2-diene	37	877	0.0		mainlib
95	31.946	1	D-Glucuronic acid, permethyl-, methyl ester	40	763	0.0		nist_msms
		2	3-Amino-4-butyryl-5-phenyl-2,4-cyclopentadiene-1,1,2-tricarbonitrile	104	746	0.0		mainlib
		3	1,2,9-Trimethoxy-nonane	38	709	0.0	62635-59-0	mainlib
96	32.026	1	(-)-Quinic acid	97	909	0.0	77-95-2	nist_msms
		2	5-Hepten-3-one, 5-ethyl-2-methyl-	166	866	0.0	49833-97-8	mainlib
		3	2,3-Dihydro-2-methyl-5-ethylfuran	77	837	0.0		mainlib
97	32.246	1	6,8-Dodecadien-1-ol (6Z,8E)	61	821	0.0		mainlib
		2	Cyclohexanol, 4-ethenyl-4-methyl-3-(1-methylethenyl)-, (1A,3A,4A)-	36	732	0.0	56298-46-5	mainlib
		3	Bicyclo[2.2.0]hex-2-ene, 1,4,5,5,6,6-hexafluoro-2,3-dimethoxy-	77	708	0.0	77495-74-0	mainlib
98	32.976	1	5-(4-Ethoxy-2,4-dioxo-butylidene)oxacyclopentan-2-one	81	911	0.0	85195-93-3	mainlib
		2	Benzenepropanoic acid, alpha-(methylthio)-, (alphaS)	14	909	0.0	330589-09-8	nist_msms
		3	1-Azabicyclo[2.2.2]octane, 4-methyl-	51	900	0.0	45651-41-0	replib
99	33.206	1	1-Undecanol	563	966	0.0	112-42-5	mainlib
		2	Cyclotridecane	573	959	0.0	295-02-3	mainlib
		3	Cyclodecane	554	959	0.0	293-96-9	replib
100	33.361	1	Dimethyl sulfoxide	34	873	0.0	67-68-5	nist_msms
		2	Dimethyl sulfoxide	33	848	0.0	67-68-5	nist_msms
		3	Ethene, chloro-	30	838	0.0	75-01-4	replib

Fuente: Datos experimentales, CIAT

### 13.9. Cromatograma del aceite esencial de *E. foetidum* realizado por el -CIAT-



Espectro total de iones del aceite esencial de SAMAT

Fuente: Datos experimentales, CIAT

### 13.10. Composición química del aceite esencial de Samat (*Eryngium foetidum*) identificado en Colombia obtenido por hidrodestilación.

No. Pico	Compuesto	IK	Área relativa (%)
1	p-cimeno	1 026	1,16 ± 0,17
2	Undecano	1 100	0,25 ± 0,19
3	Nonanal	1 102	0,56 ± 0,09
4	p-cimen-8-ol	1 188	0,58 ± 0,06
5	Decanal	1 200	1,24 ± 0,23
6	Decenal	1 259	0,65 ± 0,19
7	Undecanal	1 303	1,40 ± 0,88
8	1,2-Óxido de dodeceno	1 315	0,50 ± 0,02
9	2,4,6- trimetil benzaldehído (duraldehído)	1 320	2,24 ± 0,37
10	3,4,5-trimetil fenol	1 331	3,08 ± 0,12
11	Undecanol	1 364	0,50 ± 0,09
12	Dodecanal (lauraldehído)	1 412	1,23 ± 0,14
13	2-Dodecen-1-al	1 466	43,96 ± 0,06
14	5-Dodeceno	1 568	30,15 ± 0,48
15	Tridecenal	1 573	1,89 ± 0,13
16	Tetradecanal	1 602	5,28 ± 0,14
17	NI	1 678	0,67 ± 0,68
18	Tetradecenal	1 690	5,41 ± 0,22

Fuente: Jaramillo, Duarte, & Martelo 2011.

**13.11. Hoja de determinación botánica de Samat por el Herbario BIGU**

 **USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

 **Escuela de Biología**  
Facultad de Ciencias  
Químicas y Farmacia  
USAC

 **Centenaria**  
FACULTAD DE CIENCIAS  
QUÍMICAS Y FARMACIA

7 de agosto del 2018

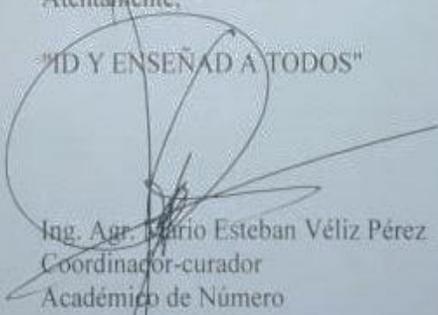
A QUIEN CORRESPONDA:

Por este medio se hace constar que **Sulman Paola Palacios Chávez**, carné 201214628 y CUI no. 2328607690101, estudiante de la Escuela de Química Farmacéutica de esta casa de estudios, solicitó la determinación botánica y depositó en este herbario, especímenes de "Culantro silvestre" que fueron registradas así:

***Eryngium foetidum* L. (Apiaceae) Registro BIGU 79004**

A solicitud del interesado, se les extiende la presente constancia en el mismo lugar y fecha arriba indicados.

Atentamente,  
"DID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Ing. Agr. Mario Esteban Véliz Pérez  
Coordinador-curador  
Académico de Número



### 13.12. Certificado de análisis de la cepa de *Escherichia coli* ATCC 8739

**Microbiologics**  
 Certificate of Analysis: Lyophilized Microorganism Identification and Performance Upon Release

<b>Specifications</b> Microorganism Name: <i>Escherichia coli</i> Catalog Number: 0483 Lot Number: 483-897 Reference Number: ATCC® 8739™ Purity: Pure Passage from Reference: 3	<b>Expiration Date:</b> 2021/1/01 <b>Release Information:</b> Quality Control Technologist: Tracy A Blesker Release Date: 2019/2/13
<b>Performance</b> Medium: SBAP Method: Gram Stain (1) Other Features/Challenges: Results (1) Oxidase (Oxovac) negative Beta-glucuronidase (E. coli Broth w/MUG): positive	
Macroscopic Features: Medium to large, gray, mucoid, convex. Microscopic Features: Gram negative straight rod. ID System: MALDI-TOF (1) See attached ID System results document.	
*Inclusion: The last digit(s) of the lot number appearing on the product label and packing slip are merely a packaging event number. The lot number displayed on this certificate is the actual lot lot number. Note: For release under the current lot number, unopened lots, for unique enhancement of the card, combined with the short incubation period, may provide results that differ from published results obtained by other methods. Refer to the enclosed product insert for instructions, labeled use and hazard/biohazard information. Individual products are traceable to a recognized culture collection.	
Accredited by: ATCC (Approved Reference Source) The ATCC (Approved Reference Source), the ATCC (Approved Reference Source) and the ATCC (Approved Reference Source) are trademarks of ATCC (Approved Reference Source), Inc. It is certified by the state of Maryland and is a product of the United States of America. These tests are accredited to ISO/IEC 17025:2005.	

Amanda Koppes  
 Quality Control Manager  
 AUTHORIZED SIGNATURE

**Bruker Daltonik MALDI Biotyper Classification Results**

Range	Interpretation	Symbols	Color
2.00 - 3.00	High-confidence identification	(+++)	green
1.70 - 1.99	Low-confidence identification	(+)	yellow
0.00 - 1.69	No Organism Identification Possible	(-)	red

**Meaning of Consistency Categories (A - C)**

Category	Interpretation
(A)	High consistency: The best match is a high-confidence identification. The second-best match is (1) a high-confidence identification in which the species is identical to the best match, (2) a low-confidence identification in which the species or genus is identical to the best match, or (3) a non-identification.
(B)	Low consistency: The requirements for high consistency are not met. The best match is a high- or low-confidence identification. The second-best match is (1) a high- or low-confidence identification in which the genus is identical to the best match or (2) a non-identification.
(C)	No consistency: The requirements for high or low consistency are not met.

Sample Name: *Escherichia coli*  
 Sample Description: 0483  
 Sample ID: 483-897  
 Sample Creation Date/Time: 2019-02-11T13:02:45.474 TAB  
 Applied MSP Library(ies): BDAL, Mycobacteria Library (bead method), Filamentous Fungi Library, Listeria

Sample Name	Sample ID	Organism (best match)	Score Value
GB (+++)(A)	483-897	<i>Escherichia coli</i>	2.49

Comments:  
 closely related to *Shigella / Escherichia fergusonii* and not definitely distinguishable at the moment

Fuente: Datos experimentales

### 13.13. Instructivo para patrón de turbidez McFarland No. 0.5

**BD** Patrón de turbidez BBL preparado  
 McFarland Turbidity Standard No. 0.5  
 Consulte el glosario de símbolos al final del prospecto.

**CE**  
 880842.1.A.A  
 2005/02  
 Español

**USO PREVISTO**  
 Los patrones de McFarland se utilizan como patrones de turbidez en la preparación de suspensiones de microorganismos. El patrón 0,5 de McFarland tiene una aplicación especial en la preparación de inóculos bacterianos para la realización de pruebas de sensibilidad antimicrobianas.

**RESUMEN Y EXPLICACION**  
 Uno de los primeros usos de la turbidez para el cálculo de poblaciones bacterianas fue en la preparación de vacunas. En 1907 McFarland desarrolló una serie de soluciones de sulfato de bario para calcular aproximadamente el número de bacterias en soluciones de turbidez equivalentes, según lo determinado por los recuentos en placa.<sup>1</sup>

La realización de pruebas de sensibilidad requiere el uso de inóculos estándar. El patrón 0,5 de McFarland se utiliza para la preparación de inóculos en dilución de agar estandarizado, procedimientos de macro y microdilución de caldo, de difusión en disco y pruebas de sensibilidad para organismos anaerobios.<sup>2</sup>

**PRINCIPIOS DEL PROCEDIMIENTO**  
 Las normas de turbidez se preparan mezclando productos químicos que generan precipitación para formar una solución de turbidez reproducible. Los patrones de McFarland se preparan añadiendo ácido sulfúrico a una solución acuosa de cloruro de bario que produce la formación de un precipitado de sulfato de bario suspendido.  
 El patrón 0,5 de McFarland corresponde aproximadamente a una suspensión homogénea de *Escherichia coli* de 1,5 x 10<sup>8</sup> células por mL.<sup>3</sup>

**REACTIVOS**  
**McFarland Turbidity Standard No. 0.5**  
 Fórmula aproximada por 100 mL de agua purificada  
 Ácido sulfúrico, 0,18 M ..... 99,5 mL  
 Cloruro de bario, 0,048 M ..... 0,5 mL

**Advertencias y precauciones:**  
 Para uso diagnóstico *in vitro*.  
 Los tubos con tapas ajustadas deben abrirse con cuidado para evitar lesiones por la rotura del vidrio. Emplear una técnica aseptica y seguir las precauciones habituales contra riesgos microbiológicos durante todo el proceso. Después de su utilización, los tubos preparados, los recipientes de muestras y otros materiales contaminados deben esterilizarse en autoclave antes de ser desechados.  
**Instrucciones para el almacenamiento:** En el momento de la entrega, guardar los tubos en un lugar oscuro a una temperatura de 2 - 25 °C. Evitar la congelación y el sobrecalentamiento. Permitir que alcancen la temperatura ambiente antes de utilizarlos.  
**Deterioro del producto:** No utilizar los tubos si muestran evidencia de contaminación microbiana, decoloración, deshidratación o cualquier otro signo de deterioro.

**PROCEDIMIENTO**  
**Material suministrado:** McFarland Turbidity Standard No. 0.5  
**Materiales necesarios pero no suministrados:** Medios de cultivo auxiliar, reactivos, organismos para el control de calidad y el equipo de laboratorio que se requiere para llevar a cabo este procedimiento.  
**Procedimiento del análisis:** Agitar vigorosamente el patrón de turbidez en un vórtex mecánico momentos antes de su utilización.  
 Con una luz adecuada, comparar la turbidez de una suspensión bacteriana con la turbidez del patrón, sosteniendo los tubos contra un fondo blanco con líneas negras horizontales de contraste.  
 También se puede utilizar el patrón de turbidez para normalizar los medidores de turbidez electrométricos.

**Control de calidad del usuario:**  
 1. Examinar si los tubos presentan signos de deterioro (como se describe en "Deterioro del producto").  
 2. Después de agitar vigorosamente en un vórtex mecánico, comprobar la densidad del patrón de turbidez determinando la absorción mediante un espectrofotómetro con un haz luminoso de 1 cm y la cubeta correspondiente. La absorción a 625 nm debe ser de 0,08 a 0,10.  
 El control de calidad debe llevarse a cabo conforme a la normativa local y/o nacional, a los requisitos de los organismos de acreditación y a los procedimientos estándar de control de calidad del laboratorio. Se recomienda consultar las instrucciones de NCCLS y normativas de CLIA correspondientes para obtener información acerca de las prácticas adecuadas de control de calidad.

**RESULTADOS**  
 El uso del patrón 0,5 de McFarland permitirá la preparación de inóculos normalizados para uso en los procedimientos de prueba de sensibilidad antimicrobianas.<sup>4</sup>

**LIMITACIONES DEL PROCEDIMIENTO**  
 La exposición del patrón a la luz durante el almacenamiento puede afectar a las mediciones de turbidez.

**CARACTERÍSTICAS DE RENDIMIENTO**  
 Antes de su lanzamiento al mercado, todos los lotes de McFarland Turbidity Standard No. 0.5 se analizaron para verificar que los resultados de absorción se encuentran dentro del intervalo aceptable.

**RESPONSABILIDAD**  
 N° de cat. Descripción  
 257298 BBL McFarland Turbidity Standard No. 0.5, pag. de 10 tubos de tamaño K

**REFERENCIAS**  
 1. Lorian, V. (ed.). 1986. Antibiotics in laboratory medicine, 2nd ed. Williams & Wilkins, Baltimore.  
 2. McFarland, J. 1907. The nephelometer: an instrument for estimating the numbers of bacteria in suspensions used for calculating the opacities and for vaccines. J. Am. Med. Assoc. 49:1176-1178.  
 3. Forbes, B.A., D.F. Sahn, and A.S. Weisfeld. 1998. Bailey & Scott's diagnostic microbiology, 10th ed. Mosby, Inc., St. Louis.  
 4. National Committee for Clinical Laboratory Standards. 2003. Approved standard: M7-A6. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically, 6th ed. National Committee for Clinical Laboratory Standards, Wayne, Pa.  
 5. National Committee for Clinical Laboratory Standards. 2003. Approved standard: M2-A8. Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests, 8th ed. National Committee for Clinical Laboratory Standards, Wayne, Pa.  
 6. National Committee for Clinical Laboratory Standards. 2001. Approved standard: M11-A5. Methods for antimicrobial susceptibility testing of anaerobic bacteria, 5th ed. National Committee for Clinical Laboratory Standards, Wayne, Pa.

BD, BD Logo and BBL are trademarks of Becton, Dickinson and Company.  
 © 2005 BD

Fuente: Dickinson and Company 2005.

**13.14. Extracción de aceites esenciales por hidrodestilación**

Es llamado comúnmente: destilación por arrastre de vapor, extracción por arrastre, hidrodestilación, hidrodifusión o hidroextracción. Consiste en poner a hervir agua, bien sea por fuego directo, camisa de vapor o camisa de aceite, en la cual se ha sumergido previamente el material vegetal, preferiblemente en polvo, con el objeto de que el vapor de agua ejerza su acción en el mayor número posible de partículas vegetales. Conforme el vapor entra en contacto con el lecho, la materia prima se calienta y va liberando el aceite esencial contenido y éste, a su vez, debido a su alta volatilidad se va evaporando. Al ser soluble en el vapor circundante, es “arrastrado”, corriente arriba hacia el tope del hidrodestilador. La mezcla, vapor saturado y aceite esencial, fluye hacia un condensador, mediante un “cuello de cisne” o prolongación curvada del conducto de salida del hidrodestilador. En el condensador, la mezcla es condensada y enfriada, hasta la temperatura ambiental. A la salida del condensador, se obtiene una emulsión líquida inestable. La cual, es separada en un decantador dinámico o florentino. Este equipo está lleno de agua fría al inicio de la operación y el aceite esencial se va acumulando, debido a su casi inmiscibilidad en el agua y a la diferencia de densidad y viscosidad con el agua. El material vegetal aromático siempre debe encontrarse en contacto con el agua, para así evitar el sobrecalentamiento y la carbonización del mismo. Debe mantenerse en constante agitación para evitar que se aglomere o sedimente al adherirse a las paredes del recipiente, lo cual puede provocar también su degradación térmica (Cerpa, 2007; SENA, 2004).

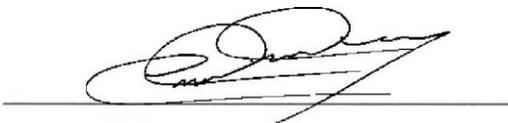
**13.15. Técnica de difusión de discos**

Este es un método cualitativo, que se caracteriza por ser fácilmente estandarizable y que está indicado para microorganismos no exigentes de crecimiento rápido. Partiendo de una muestra clínica siempre se debe realizar un cultivo puro para poder comenzar el estudio de la sensibilidad antibiótica. Para esto se utiliza la técnica de aislamiento en placas que contengan un medio adecuado para la cepa en estudio (al cual además se le deben otorgar las condiciones atmosféricas específicas de esa cepa). El antibiograma por disco difusión basado en el trabajo

de Bauer, Kirby y colaboradores, es uno de los métodos que el NCCLS (Comité Nacional de Normas de Laboratorios Clínicos) recomienda para la determinación de la sensibilidad bacteriana a los antibióticos. El método de difusión de discos consiste en depositar en la superficie de una placa de agar Müeller-Hinton previamente inoculada con el microorganismo, discos de papel de filtro impregnados con los diferentes antibióticos. Tan pronto el disco impregnado en antibiótico se pone en contacto con la superficie húmeda del agar, el filtro absorbe agua y el antibiótico difunde por el agar, formándose un gradiente de concentración. Transcurridas 18 a 24 horas de incubación, los discos pueden o no aparecer rodeados por una zona de inhibición de crecimiento bacteriano (Taroco, Seija, & Vignoli, 2008; Sanabria-Galindo, Mendoza, y Moreno, 1998)



Sulman Paola Palacios Chávez  
Tesisista



MSc. Maria Nereida Marroquín Tintí  
Asesora



M.A. Lesbia Mengala Guerra Urizar  
Revisora



M.A. Lucrecia Martínez de Haase  
Directora De Escuela De Química Farmacéutica



M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto  
Decano Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia