



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA**

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: Evaluación de la capacidad inhibidora del aceite de tomillo (*Thymus vulgaris*) en la conservación de la carne de pollo (*Gallus gallus domesticus*)

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención de Título de Ingeniera en Alimentos, otorgados por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Liliana Estefania Chugchilán Caiza

Tutor: Mg. Alexandra Virginia Lascano Sumbana

Ambato - Ecuador

Julio - 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

Mg. Alexandra Virginia Lascano Sumbana

CERTIFICA

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final de Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología

Ambato, 20 de junio de 2025



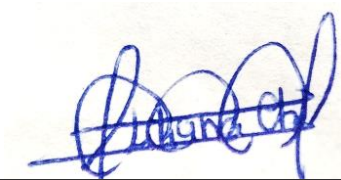
Mg. Alexandra Virginia Lascano Sumbana

1803338175

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Liliana Estefania Chugchilán Caiza, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Liliana Estefania Chugchilán Caiza

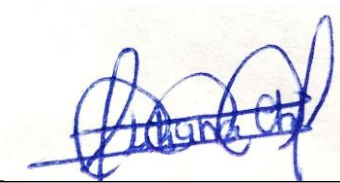
0550183628

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Liliana Estefania Chugchilán Caiza

0550183628

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Presidente del Tribunal



Dra. Nelly Esther Flores Tapia

1716253305



Mg. Danae Fernández Rivero

1757181209

Ambato, 07 de julio del 2025

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación es dedicado en primer lugar a Dios y mi Niño de Isinche, por ser mi luz, mi fuerza y mi guía durante estos años de vida. A mis padres, Judith y José, por su infinito amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, el pilar fundamental de mi vida mi más profundo agradecimiento. A mis padres, quienes con su esfuerzo incansable, motivación constante y apoyo incondicional han hecho posible cada uno de mis logros. Su amor y dedicación han sido la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante en los momentos más difíciles.

A mis hermanas Eliana y Dayana, por su paciencia infinita y estar siempre presentes con palabras de aliento cuando más las necesitaba. Su compañía y apoyo han sido invaluable en este camino.

A mis tíos Patricia y Víctor, quienes han sido como mis segundos padres, brindándome su apoyo incondicional en cada situación y motivándome a no rendirme jamás.

A mi abuelita Salome porque en cada paso que he dado, he llevado conmigo sus palabras de aliento y el amor incondicional.

A mi tutora, Ing. Alexandra Lascano, gracias por brindarme la oportunidad de ser parte de su grupo de tesis, por su tiempo y colaboración.

De manera especial, agradezco a la Mg. Mónica Silva, por su paciencia excepcional, orientación y la confianza que depositó en este proyecto desde el primer día. Su guía fue fundamental para alcanzar este logro. Gracias por compartir su conocimiento, por sus sabios consejos y por alentarme constantemente a superar mis propios límites y descubrir mi verdadero potencial.

A mis queridos “Facuamigos” Carolina C., Estefy C., Stiven Ch., Josué A., Andres A., Robert A., quienes estuvieron conmigo en cada etapa de este proceso, brindándome apoyo incondicional, por las risas compartidas y por su compañía en los momentos buenos y malos.

Gracias a todos, sin ustedes este camino no habría sido el mismo, mi eterna gratitud por formar parte de esta historia y contribuir con esta meta.

Liliana Chugchilán

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.1.1 Inocuidad Alimentaria	1
1.1.2 Enfermedades transmitidas por alimentos (ETAS)	1
1.1.3 Carne de pollo	2
1.1.4 Composición nutricional	3
1.1.5 Presencia de contaminación en la carne de pollo	3
1.1.6 Microorganismos patógenos que alteran a la carne de pollo	3
1.1.7 Descomposición Microbiana.....	4
1.1.8 Métodos de conservación tradicionales	4
1.1.9 Aceites esenciales	4
1.1.10 Ventajas del uso de aceites derivados en cárnicos	6

1.1.12	Mecanismos de acción antimicrobiana	7
1.1.13	Tiempo vida útil aplicando aceites esenciales y del tomillo	7
1.1.14	Aerobios mesófilos	7
1.2	Objetivos	9
1.2.1	Objetivo General	9
1.2.2	Objetivos Específicos	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA		10
2.1	Materia prima	10
2.2	Métodos	11
2.2.1	Desarrollar el proceso de desinfección de la carne de pollo aplicando aceite esencial de tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> L.) a diferentes concentraciones.	11
2.2.2	Establecer un análisis microbiológico (Aerobios mesófilos) en los tratamientos de carne de pollo a una temperatura de 4°C.....	12
2.2.3	Calcular el porcentaje de la capacidad inhibidora del aceite esencial del tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> L.) en la carne de pollo (<i>Gallus gallus domesticus</i>).	12
2.2.4	Determinar el tiempo de vida útil del mejor tratamiento de la carne de pollo mediante crecimiento microbiológico a 4°C.	13
3.1	Análisis y discusión de resultados	14
3.1.1	Desarrollar el proceso de desinfección de la carne de pollo aplicando aceite esencial de tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> L.) a diferentes concentraciones.	14
3.1.2	Establecer un análisis microbiológico (Aerobios mesófilos) en los tratamientos de carne de pollo a una temperatura de 4°C.....	15
3.1.3	Calcular el porcentaje de la capacidad inhibidora del aceite esencial del tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> L.) en la carne de pollo (<i>Gallus gallus domesticus</i>).	18
3.1.5	Tiempo de vida útil del mejor tratamiento de la carne de pollo mediante crecimiento microbiológico a 4°C.	19

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
4.1 Conclusiones	24
4.2 Recomendaciones	25
BIBLIOGRAFÍA	26
ANEXOS.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional del pollo.	3
Tabla 2. Registro de reactivos, equipos y materiales utilizados durante la elaboración del proyecto.	10
Tabla 3. Efecto germicida del aceite de tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>) en carne de pollo (<i>Gallus gallus domesticus</i>) a diferentes concentraciones en función del tiempo.	15
Tabla 4. Eficiencia germicida (%) del aceite esencial de tomillo (<i>Thymus vulgaris</i> L.) a diferentes concentraciones en la carne de pollo por cada dilución.....	19
Tabla 5. Efecto de conservación del mejor tratamiento de la carne de pollo mediante crecimiento microbiológico a 4°C.	18
Tabla 6. Análisis fisicoquímico y microbiológico de la carne de pollo normal y con adición AET del mejor tratamiento.	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pechuga de pollo	2
Figura 2. Aceite de tomillo.....	6
Figura 3. Efecto germicida del aceite de tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>) a diferentes concentraciones en función del tiempo para una dilución 10^0	16
Figuras 4. Efecto germicida del aceite de tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>) a diferentes concentraciones en función del tiempo para una dilución 10^{-1}	17
Figura 5. Efecto germicida del aceite de tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>) a diferentes concentraciones en función del tiempo para una dilución 10^{-2}	17
Figura 6. Efecto de conservación de la carne de pollo del mejor tratamiento a diferentes días.	21

RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación es para aprovechar el potencial del aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) como un agente inhibidor del deterioro en la carne de pollo (*Gallus gallus domesticus*). La seguridad alimentaria es un tema cada vez más importante, independientemente de los avances en la salud pública y en la conservación de productos alimentarios. La carne de pollo es un alimento nutritivo, pero su alto contenido de agua y nutrientes lo hace más fácil para que se contamine con facilidad y la oxidación, limita su vida útil. La metodología empleada consistió en aplicar aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) como un agente inhibidor en las diferentes soluciones, se aplicó el método de inmersión la carne de pollo almacenada en refrigeración a cuatro grados centígrados, en los diferentes tratamientos con concentraciones y tiempos diferentes de aceite esencial de tomillo lo que permitió mantener por más tiempo las características de pollo además bajo su carga microbiana en el caso de los Aerobios mesófilos y *Escherichia coli*. Se concluyó que el aceite esencial de tomillo con la concentración de 0,06 por ciento durante cinco minutos por inmersión, es una buena alternativa viable y segura para extender la vida útil de la carne de pollo, va reduciendo la carga microbiana mientras mantiene sus propiedades organolépticas del producto, contribuyendo así al desarrollo de alimentos más seguros y naturales para la salud del consumidor.

Palabras clave: Inhibidor, sintéticos, seguridad alimentaria, esenciales, inmersión

ABSTRACT

This research aims to harness the potential of thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil as a spoilage inhibitor in chicken (*Gallus gallus domesticus*) meat. Food safety is an increasingly important issue, despite advances in public health and food preservation. Chicken meat is nutritious, but its high water and nutrient content makes it prone to contamination, and oxidation limits its shelf life. The methodology used consisted of applying thyme essential oil (*Thymus vulgaris*) as an inhibitory agent in different solutions. The immersion method was applied to chicken meat stored in refrigeration at four degrees Celsius, in different treatments with different concentrations and times of thyme essential oil, which allowed maintaining the characteristics of chicken for longer, also under its microbial load in the case of mesophilic Aerobes and *Escherichia coli*. It was concluded that thyme essential oil, at a concentration of 0.06 percent for five minutes per immersion, is a good, viable, and safe alternative for extending the shelf life of chicken meat. It reduces the microbial load while maintaining the organoleptic properties of the product, thus contributing to the development of safer and more natural foods for consumer health.

Keywords: Inhibitor, synthetic, food safety, essential, immersion.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Inocuidad Alimentaria

La inocuidad se define como, la seguridad de que los alimentos no perjudiquen al consumidor al momento de ingerir o se preparen dependiendo el propósito en que se va a utilizar. Las 3 categorías primordiales de riesgos para la seguridad alimentaria son los peligros, físicos, químicos y biológicos. Los peligros físicos son las cosas extrañas, por ejemplo, vidrio, astillas, metal u otras cosas que pueden adherirse con facilidad a los alimentos mediante el proceso de producción, embalaje o manipulación, también los peligros químicos mencionan a toxinas naturales o contaminantes químicos que pueden estar presentes en los alimentos. En el caso de los peligros biológicos, están los microorganismos como son mohos, virus, levaduras y parásitos estos son capaces de reproducirse en los alimentos y son causantes de enfermedades. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se publica cada anualmente y se incrementan más de 600 casos de toxiinfecciones alimentarias en el mundo (uno de cada ser humano sufrirá una) además se estima que provocan 420.000 muertes en la población, pero generalmente se da en la población infantil. En la Unión Europea (UE), se publica anualmente y en 2022 sobre zoonosis siendo la más reciente. La campilobacteriosis fue la que más causo enfermedades a las personas, con más de 137.000 casos, luego está la salmonelosis con más de 66.000. Las infecciones por *Escherichia coli* STEC y la yersiniosis fueron después. Se ha registrado un incremento del 600% en las víctimas de la infección por virus en el oeste del Río Nilo en comparación con el año previo **(Paula María Periago Bayonas; Pablo Salvador Fernández Escámez, 2023)**.

1.1.2 Enfermedades transmitidas por alimentos (ETAS)

Las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAS) son un síndrome que surge de la ingesta de alimentos. Al momento de consumir alimentos o agua contaminados con bacterias, virus o compuestos químicos. Los compuestos químicos son los causantes de trastornos gastrointestinales y otros síntomas como es el vómito, náuseas, diarrea, aumento de temperatura corporal y dolor abdominal y cuando se presenta situaciones

extremas pueden hasta provocar la muerte. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) las ETAS surgen a partir de la polución ambiental que incluye la contaminación del medio ambiente. La polución del agua, en la tierra o el aire en diferentes etapas de la cadena de contaminación se presenta en distintos puntos de la cadena de abastecimiento de recursos, producción, traslado e ingesta de alimentos (**Dirección Nacional Vigilancia Epidemiológica, 2020**).

1.1.3 Carne de pollo

La carne de pollo se refiere al tejido muscular de las aves de la especie *Gallus gallus domesticus*, criadas para el consumo humano. Esta tiene proteína de alta calidad, baja en grasas saturadas, rica en vitaminas y minerales.

Color: dependerá de la parte o edad del pollo, por ejemplo, la pechuga es de color blanco, es debido a la baja concentración de mioglobina. Mientras, que la carne de color oscura, son los muslos ya que poseen mayor contenido de mioglobina. Aunque dependerá de la alimentación, procesamiento y almacenamiento del ave (**Delgado et al., 2020**).



Figuras 1. Pechuga de pollo

(Delgado et al., 2020).

Capacidad de retención de agua: es importante esta propiedad para su jugosidad y textura de la carne, además el pH, temperatura y el procesamiento que van a influir en la capacidad de retención de agua CRA (**Delgado et al., 2020**).

pH: debe estar entre 5.5 y 6.5, el pH del post-mortem disminuye debido a la acumulación de ácido láctico, esto afectara a la capacidad de retención de agua (CRA) y la textura de

la carne. Aunque el pH inadecuado dará como resultado la carne pálida, suave y exudativa (PSE) u oscura, firme y seca (DFD) (Delgado et al., 2020).

1.1.4 Composición nutricional

Tabla 1. Composición nutricional del pollo.

Nutrientes	Contenido
Proteínas	25-30 gr
Grasas	Pechuga menos grasa
Vitaminas	Vitamina A, Vitamina B (niacina, B6, B12)
Calorías	150-200 kcal
Minerales	Fosforo, selenio, zinc, hierro

Nota: Información adaptada de (Delgado et al., 2020).

1.1.5 Presencia de contaminación en la carne de pollo

Como la carne de pollo es un producto muy propenso a la contaminación, se debe manipular con precaución en sus diferentes etapas. La contaminación comienza inmediatamente tras la sangría, como consecuencia de acciones físicas, químicas y microbianas. Es importante que el proceso de faenamiento sea de inmediato como prevención para que la carne no se contamine. Es imprescindible reducir su deterioro para extender el período en el que la carne conserva un nivel de calidad aceptable. Si no se implementa el control de calidad, el deterioro y el daño a la carne se dañará más pronto. Los pollos cuando se encuentran vivos ya poseen 1500 bacterias por centímetro cuadrado. Esto se encuentra en la piel, patas, plumas y heces. La contaminación de la piel se da durante el lavado, desplumado y evisceración, sin embargo, todo depende de la zona donde fue extraído el pollo. En las aves se puede encontrar *Enterobacter*, *Alcaligenes*, *Escherichia*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Paracolonobactrum*, *Staphylococcus*, *Corynebacterium* y *Salmonella* (Budiarto et al., 2024).

1.1.6 Microorganismos patógenos que alteran a la carne de pollo

Los microorganismos patógenos transmitidos por alimentos son los causantes de las enfermedades en los consumidores. Cuando un animal se encuentra infectado pueden propagarse epidémicamente con rapidez. Sin embargo, el crecimiento de

microorganismos en los alimentos puede alterar las propiedades organolépticas de la carne (Budiarto et al., 2024).

1.1.7 Descomposición Microbiana

En la actualidad, las carnes se consideran portador de enfermedades humanas transmitidas por los alimentos. La presencia de patógenos como aerobios mesófilos que están presentes en la carne cruda, donde se transmiten las enfermedades entéricas. Por la deficiencia en el proceso de cocción no es suficiente, ya que puede presentar contaminación cruzada entre carnes frescas y alimentos listos para el consumo. Para garantizar la calidad del alimento no hay que manipular la carne en espacios contaminados. En las zonas internas de los tejidos de los animales saludables durante el faenamiento, no existe una buena manipulación de los equipos producirá una contaminación cruzada (Yimenu et al., 2019).

1.1.8 Métodos de conservación tradicionales

Refrigeración: Es uno de los métodos más frecuentemente empleados, para la conservación de la carne a una temperatura de 4°C o inferiores para prevenir la proliferación de microorganismos. Siendo el tiempo de vida útil de 1 a 2 días (Yimenu et al., 2019).

Secado: trata de la eliminación de la humedad presente en la carne exponiéndole al sol, calor o viendo. Para ayudar a la inhibición del crecimiento microbiano y enzimático para una larga duración de la carne deben ser almacenado en un lugar seco y fresco (Valdivieso-Ugarte et al., 2019).

Curado: consiste en la aplicación de sal, nitratos o nitritos hasta incluso especias para conservar la carne, porque estos ingredientes inhiben el crecimiento bacteriano modificando el color, sabor de la carne (Yimenu et al., 2019).

1.1.9 Aceites esenciales

La Norma técnica ecuatoriana (NTE INEN-ISO 279), menciona que los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre de vapor de agua, que contiene las sustancias responsables del aroma de las plantas y son primordiales en la industria de alimentos (condimentos, colorante, antioxidantes, conservantes y saborizantes). Estos aceites son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que

pueden ser compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), mono terpenos, sesquiterpenos, senilpropanos. Estos aceites presentan olores agradables, en el caso de los aceites de ajo y cebolla estos si tienen un olor desagradable esto es por la presencia de compuestos azufrados. Además, los aceites esenciales están compuestos por flavonoides y fenoles, que ayudan a detener la autooxidación de las grasas. Los aceites esenciales eran utilizados, para la conservación de carnes, para evitar la descomposición de la carne. En la actualidad los consumidores exigen alimentos seguros y de calidad, prefiriendo consumir alimentos que han sido tratados con agentes conservantes de origen natural, como es el caso de los aceites esenciales procedentes de extractos de plantas. Así teniendo mayor aceptación por productos naturales **(Valdivieso-Ugarte et al., 2019)**.

1.1.9.1 Clasificación de los aceites esenciales

Se clasifican en distintos: consistencia, origen y naturaleza química de los compuestos mayoritarios, para la consistencia se presenta esencias fluidas, bálsamo y oleorresinas estas se pueden conservar a temperatura ambiente. Además, se clasifican como naturales, artificiales y sintéticos. En el caso de los naturales se obtienen directamente de la planta y no tiene presencia de modificaciones físicas ni químicas, su rendimiento es muy bajo por eso su costo es alto. Los aceites artificiales son procesados desde la misma esencia, pero mezclado con algunas. Sin embargo, los aceites sintéticos son económicos porque son producidos por la combinación de componentes de procesos de síntesis química y los aceites esenciales pueden actuar de modo farmacológico, fisiológico y psicológico **(Valdivieso-Ugarte et al., 2019)**.

1.1.9.2 Usos y aplicaciones de los Aceites Esenciales en la Industria

En los últimos años, el renovado interés por lo natural, lo verde, agroecológico y orgánico ha propiciado el resurgimiento de los extractos naturales generando nuevas investigaciones. En la actualidad, están buscando posibles reemplazos de conservantes químicos y alimentos procesados con productos de origen natural. Los aceites esenciales son utilizados como inhibidor del crecimiento de bacterias estos son naranja, limón, lima y pomelo se pueden aplicar en diferentes rubros de la industria y la ciencia **(Bolouri et al., 2022)**.

1.1.10 Ventajas del uso de aceites derivados en cárnicos

En los cárnicos son utilizados como condimentos para carnes, embutidos, jamones, carnes ahumadas, sopas deshidratadas, helados, quesos, etc. Además, son utilizados en bebidas alcohólicas y no alcohólicas por ejemplo como refrescos. Los aceites esenciales se evita las pérdidas de color, olor y sabor de las especias, las especias no deben ser almacenadas por mucho tiempo perderán los principios activos. El aceite ayuda a facilitar la dosificación y mantener estandarizada la fórmula (Bolouri et al., 2022).

1.1.11 Descripción botánica del Tomillo (*Thymus vulgaris* L.)

El tomillo (*Thymus vulgaris* L.) es una hierba aromática originaria de la región del mar Mediterráneo, es utilizado en la cocina como en la medicina. Posee propiedades digestivas, ayuda a la estipulación del apetito, es beneficiosa para la tos y la bronquitis, ayuda a controlar la presión arterial y previene enfermedades del corazón. Contiene altos porcentajes de timol y carvacrol. Posee propiedades antimicrobianas lo que ayudará a la conservación de la carne alargando su vida útil (Patil et al., 2021).

1.1.11.1 Propiedades del Aceite de Tomillo (*Thymus vulgaris* L.)



Figura 2. Aceite de tomillo.

Composición Química: Este aceite contiene componentes como el timol y la composición logra alcanzar el 80%. Además, se comprueba la presencia de carvacrol, gamma-terpineno y p-cimeno (iniciador del timol), estos han sido identificados por su actividad antimicrobiana y antifúngica, en algunos son empleados para los desinfectantes

de uso humano, enjuagues bucales y en distintos agentes antimicrobianos que son utilizados a nivel doméstico. (Alsaraf et al., 2020).

1.1.12 Mecanismos de acción antimicrobiana

Estudios sobre la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de tomillo, su objetivo fue investigar los efectos antimicrobianos en algunos alimentos inoculados con bacterias. Sus análisis de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) del aceite de tomillo, se determinó su composición y compuestos fenólicos predominantes, además mostraron su actividad antibacterial contra los microorganismos probados (Patil et al., 2021).

1.1.13 Tiempo vida útil aplicando aceites esenciales y del tomillo

Dependerá de la concentración del aceite, mientras tenga mayor concentración mayor será el efecto inhibitor y ayudará en la prolongación de la vida útil. Por otra parte, la eficacia dependerá de los tipos de microorganismos presentes en la carne de pollo, sin embargo, los métodos también influyen en su efectividad. Según un estudio que evaluó el efecto del aceite esencial del tomillo (*Thymus vulgaris L.*) en la carne de pollo empacada al vacío y almacenada en refrigeración con una concentración de 0.4% a una temperatura de 4°C prolongó la vida útil hasta 10 días (Mejía Villarreal Katherine Brigitte, 2022).

1.1.14 Aerobios mesófilos

Es un conjunto extenso y variado por microorganismos (primordialmente bacterias, también abarcan hongos y levaduras) que poseen dos rasgos fundamentales en común:

Aerobios: es importante el oxígeno molecular (O₂) para su crecimiento y se desarrollen sus funciones metabólicas, el oxígeno actuara como aceptor final de electrones en la respiración celular con la finalidad de generar energía.

Mesófilos: la temperatura adecuada para su crecimiento se sitúa entre los 20°C y 45°C, generalmente la temperatura ideal es entre 30°C y 40°C. Esta es una temperatura adecuada parecida a la temperatura corporal de numerosos animales y a la temperatura ambiente en numerosos ambientes.

Indicadores de calidad e higiene: el recuento de aerobios mesófilos en los alimentos se emplea frecuentemente como un indicador global de la calidad microbiana y las condiciones de higiene durante la elaboración, procesamiento, manejo y conservación de los alimentos. Un elevado número indica prácticas inadecuadas o condiciones que favorecen a la proliferación de microorganismos (Vélez, 2023)..

Potencial de alteración: a pesar de que no todos los aerobios mesófilos son causantes de enfermedades, su proliferación en grandes volúmenes puede provocar la degradación de los alimentos, provocando alteraciones en sus propiedades organolépticas como son el aroma, gusto, textura y aspecto volviéndole inadecuados para el consumo (Vélez, 2023).

Presencia de patógenos: numerosas bacterias patógenas que se propagan a través de la alimentación también son mesófilas. Aunque el total de aerobios mesófilos no detecta patógenos concretos, un alto número podría sugerir un riesgo más alto de que existan patógenos. Por lo tanto, en los estudios de seguridad alimentaria, generalmente se llevan a cabo exámenes específicos para patógenos como *E. coli*, *Salmonella*, entre otros, junto con la evaluación de aerobios mesófilos.

Porcentaje de humedad en la carne de pollo: La carne de pollo cruda varía dependiendo de diferentes factores como la parte del pollo, la edad del ave, su almacenamiento y su alimentación. Aunque, un valor promedio general es alrededor de 65% al 75% (Vélez, 2023).

Pechuga de pollo (sin piel): posee un aproximado de 70-75% de humedad. Es la parte más magra, por lo cual tiene mayor porcentaje de agua en relación con la grasa.

Muslo de pollo (sin piel): posee un aproximado de 65-70% de humedad. Tiene un poco más de grasa en la pechuga, pero es más ligera para reducir el porcentaje de agua. Hay algunos puntos importantes dependerá del tipo de musculo, edad del ave mientras más jóvenes tendrán mayor porcentaje de agua. En el caso de la alimentación la dieta del pollo puede influir en la composición de la carne. Por otro lado, el transporte y almacenamiento también puede afectar la pérdida o retención de humedad (Vélez, 2023).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Evaluar la capacidad inhibidora del aceite de tomillo (*Thymus vulgaris*) en la conservación de la carne de pollo (*Gallus gallus domesticus*).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar el proceso de desinfección de la carne de pollo aplicando aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) a diferentes concentraciones.
- Establecer un análisis microbiológico (*Aerobios mesófilos*) en los tratamientos de carne de pollo a una temperatura de 4°C.
- Calcular el porcentaje de la capacidad inhibidora del aceite esencial del tomillo (*Thymus vulgaris* L.) en la carne de pollo (*Gallus gallus domesticus*).
- Determinar el tiempo de vida útil del mejor tratamiento de la carne de pollo mediante crecimiento microbiológico a 4°C.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materia prima

En esta investigación se utilizó una variedad de equipos, reactivos y materiales de laboratorio para realizar los experimentos propuestos, los que se detalla en la Tabla 2.

Este trabajo de investigación fue financiado por la Universidad Técnica de Ambato a través del proyecto Canje de Deuda entre Ecuador y España, denominado: “Fortalecimiento de la Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos (UOITA) para la investigación, tecnología e innovación en el área de alimentos, con el fin de promover la generación y el desarrollo de empresas agroindustriales en la zona 3 del país; y monitorear el contenido de metales pesados en los cultivos afectados por las cenizas provenientes de las erupciones volcánicas del Tungurahua”.

Tabla 2. Registro de reactivos, equipos y materiales utilizados durante la elaboración del proyecto.

Reactivos	
Agua destilada	Agua peptona bufferada
Alcohol etílico	Agar para recuentos en placas (Aerobios mesófilos)
Tween 80	
Equipos	
Autoclave	Incubadora
Balanza analítica	Stomacher
Cámara de flujo laminar	Microondas
Refrigerador	
Materiales	
Cajas Petri de plástico	Papel absorbente
Espátula	Papel aluminio
Frascos de tapa azul	Papel film
Guantes de nitrilo	Probeta

Mechero	Puntas para micropipetas (1000 uL)
Gradillas	Vasos de precipitación
Tubos de ensayo	Fundas siplo
Fundas para stomacher	

2.2 Métodos

La investigación se llevó a cabo, mediante una serie de experimentos que permitieron el cumplimiento de los objetivos planteados. Lo cual, se empleó el método de inmersión que se detallaran a continuación.

2.2.1 Desarrollar el proceso de desinfección de la carne de pollo aplicando aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) a diferentes concentraciones.

2.2.1.1 Preparación de la materia prima

- Se adquirió la pechuga de pollo fresca con piel del Mercado Modelo de Ambato, el aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) 100% puro, se adquirió de un centro naturista de Pujilí, de la marca DEMI NATURE
- Se esterilizó el área de trabajo y utensilios con alcohol al 70%
- Se mantuvo las muestras a temperatura de refrigeración (4°C) hasta su utilización.

2.2.1.2 Preparación de las soluciones del Aceite Esencial de Tomillo (*Thymus vulgaris*)

- Concentración 1: 0.02% (2 minutos)
- Concentración 2: 0.02% (3 minutos)
- Concentración 3: 0.02% (5 minutos)
- Concentración 4: 0.04% (2 minutos)
- Concentración 5: 0.04% (3 minutos)
- Concentración 6: 0.04% (5 minutos)
- Concentración 7: 0.06% (2 minutos)
- Concentración 8: 0.06% (3 minutos)
- Concentración 9: 0.06% (5 minutos)
- Grupo control: sin tratamiento

Se utilizó, Tween 80 como emulsificante para facilitar la homogenización del aceite con el agua destilada. Se sumergió la carne de pollo en las diferentes concentraciones y tiempos mencionados.

2.2.2 Establecer un análisis microbiológico (Aerobios mesófilos) en los tratamientos de carne de pollo a una temperatura de 4°C.

- Se pesó 10 gramos de la muestra, luego se colocó en el Stomacher durante 30 segundos para homogenizar.
- Se prepararon las diluciones tomando 1 ml de la muestra, se transfirió a un tubo con 9 ml de agua peptona hasta la dilución 10^{-2} .
- Posteriormente, se inoculó con 1 ml de la muestra conjuntamente con el medio de aerobios mesófilos con la técnica de inmersión, a continuación, se incubaron las respectivas siembras a temperatura de 37°C durante 48 horas.
- Por último, se procedió al recuento de colonias de microorganismos de aerobios mesófilos de los diferentes tratamientos.
- Se aplicó un modelo lineal donde la variable independiente 1 las concentraciones (0.02%;0.04%;0.06%), variable independiente 2 (2;3;5 minutos), variable dependiente capacidad inhibidora (Reducción de carga microbiana).

2.2.3 Calcular el porcentaje de la capacidad inhibidora del aceite esencial del tomillo (*Thymus vulgaris L.*) en la carne de pollo (*Gallus gallus domesticus*).

Se evaluó la Eficiencia germicida (EG) de la muestra de pollo normal, conjuntamente con la muestra de pollo con aceite de tomillo del mejor tratamiento

$$EG(\%) = \frac{N_0 - N_t}{N_0} * 100$$

N_0 = microorganismos iniciales

N_t = microorganismos sobrevivientes al tiempo t

2.2.4 Determinar el tiempo de vida útil del mejor tratamiento de la carne de pollo mediante crecimiento microbiológico a 4°C.

- Se realizó un análisis microbiológico de aerobios mesófilos en los días 0; 3; 6 y 9 días.

$$\ln C = \ln Co + kt$$

C = Parámetro microbiológico escogido como límite de tiempo de vida útil.

Co = Concentración inicial

k = Constante de crecimiento microbiano

t = Tiempo de reacción

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

3.1.1 Desarrollar el proceso de desinfección de la carne de pollo aplicando aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) a diferentes concentraciones.

Los aceites esenciales se encuentran entre los suplementos dietéticos alternativos naturales, seguros y no residuales de origen vegetal. Se ha reportado que los aceites esenciales tienen efectos antioxidantes, antiinflamatorios y antimicrobianos, además de aumentar la actividad de las enzimas digestivas (Sandulachi et al., 2021) por lo tanto, se recomienda su uso como suplementos dietéticos, ya sea solos o en combinación, para la producción económica y segura de productos animales, el mantenimiento de la salud animal y el aumento de la productividad (Gumus et al., 2017a; Soltani et al., 2016, como se cita en Gumus & Gelen, 2023).

Uno de los factores más importantes que se sabe que afectan la calidad de la carne es la carga microbiana. La presencia de contaminantes biológicos en la carne y las aves de corral es preocupante porque representa un riesgo para la salud de los consumidores (Alexa et al., 2024). Asimismo, para (King & Bedale, 2018), la principal fuente de contaminación externa de la carne con riesgos microbianos es la piel del animal, que porta altas cantidades de bacterias que se originan en las heces, el suelo, los pastos y el agua de los animales durante todas las fases de la producción animal (crecimiento, transporte y mantenimiento en corrales/jaulas). Además, Zhu et al. (2022) mencionan que la carga microbiana de la carne es directamente proporcional a la duración del período de almacenamiento de este producto, por ende, para contrarrestar dicho deterioro se hace alusión a las actividades antimicrobianas y antioxidantes del aceite esencial de tomillo (AET), cuyo empleo en productos cárnicos ha ganado popularidad que, en investigaciones previas ha demostrado que puede extender la vida útil de la carne a través de sus efectos bactericidas y bacteriostáticos (Gaba et al., 2022; Jayari et al., 2021; Radünz et al., 2020).

En efecto, Mantzourani et al. (2025) sostienen que los dos componentes principales del aceite esencial de tomillo, los cuales exhiben una fuerte actividad antimicrobiana son el

timol y el carvacrol. Conjuntamente, **Vlaicu et al** periodo donde lleva tilde. (2023) destacan que los aceites esenciales derivados de plantas de albahaca, tomillo y salvia, con una inclusión del 0,05 %, pueden utilizarse eficazmente como aditivos fotogénicos en dietas para pollos de engorde durante las fases de crecimiento y finalización. Dicho esto, su uso es ideal para alimentos en bajas concentraciones debido a su compatibilidad con varias matrices alimentarias y su capacidad de no alterar negativamente el perfil sensorial del alimento aplicado.

3.1.2 Establecer un análisis microbiológico (Aerobios mesófilos) en los tratamientos de carne de pollo a una temperatura de 4°C.

Tabla 3. Efecto germicida del aceite de tomillo (*Thymus vulgaris*) en carne de pollo (*Gallus gallus domesticus*) a diferentes concentraciones en función del tiempo.

Tiempo [min]	Diluciones	Concentraciones AET			
		0,00%	0,02%	0,04%	0,06%
2	10 ⁰	NPC	4,92 ± 0,24 ^A	5,22 ± 0,29 ^A	4,80 ± 0,07 ^A
	10 ⁻¹	4,76 ± 0,09 ^A	4,9 ± 0,06 ^A	4,62 ± 0,2 ^A	4,67 ± 0,04 ^A
	10 ⁻²	5,62 ± 0,18 ^A	4,51 ± 0,31 ^B	4,23 ± 0,11 ^B	4,6 ± 0,05 ^B
3	10 ⁰	NPC	4,83 ± 0,03 ^A	4,68 ± 0,29 ^A	4,51 ± 0,12 ^A
	10 ⁻¹	5,56 ± 0,11 ^A	4,71 ± 0,09 ^B	4,43 ± 0,29 ^B	4,27 ± 0,15 ^B
	10 ⁻²	5,50 ± 0,1 ^A	4,49 ± 0,1 ^B	3,93 ± 0,19 ^C	3,84 ± 0,07 ^C
5	10 ⁰	NPC	4,60 ± 0,01 ^A	4,47 ± 0,17 ^A	4,48 ± 0,09 ^A
	10 ⁻¹	5,58 ± 0,04 ^A	4,47 ± 0,14 ^B	4,29 ± 0,09 ^{BC}	4,01 ± 0,16 ^C
	10 ⁻²	5,33 ± 0,03 ^A	4,48 ± 0,03 ^B	3,65 ± 0,24 ^C	3,01 ± 0,22 ^D

Nota: Los datos de aerobios mesófilos [Log(UFC/g)] se presentan como media (M, n = 2/grupo) ± desviación estándar. Las letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (p < 0,05). NPC: Numeroso para contar.

A partir de los datos anteriores se determinó que, a una mayor concentración de AET se redujo significativamente los recuentos totales de aerobios mesófilos (AM) durante el almacenamiento de carne de pollo a los 2, 3 y 5 minutos ($P < 0,05$), por lo que el mejor

tratamiento resultó ser a una concentración de 0,06%/5 minutos con una dilución 10^{-2} , con un valor de $3,01 \pm 0,22 \text{ Log(UFC/g)}$. Asimismo, en la investigación de **Rashidimehr et al. (2022)** se demostró que, al combinar atmósferas modificadas (MAP) con AET en hamburguesas de pollo crudas se logró una eficacia sustancialmente mayor tras mejorar la calidad y los parámetros microbianos, puesto que el recuento inicial de bacterias psicrótroficas fue de 4,41 (aeróbicas sin AET), 4,48 (aeróbicas con AET), 4,62 (MAP sin AET) y 4,6 (MAP con AET) log UFC/g, por lo que el AET tuvo un menor efecto conservante pero demostró funcionar como sinergista con el MAP. Por tanto, en las figuras 1, 2 y 3 se logra observar el efecto germicida del AET a diferentes concentraciones en función del tiempo por cada dilución.

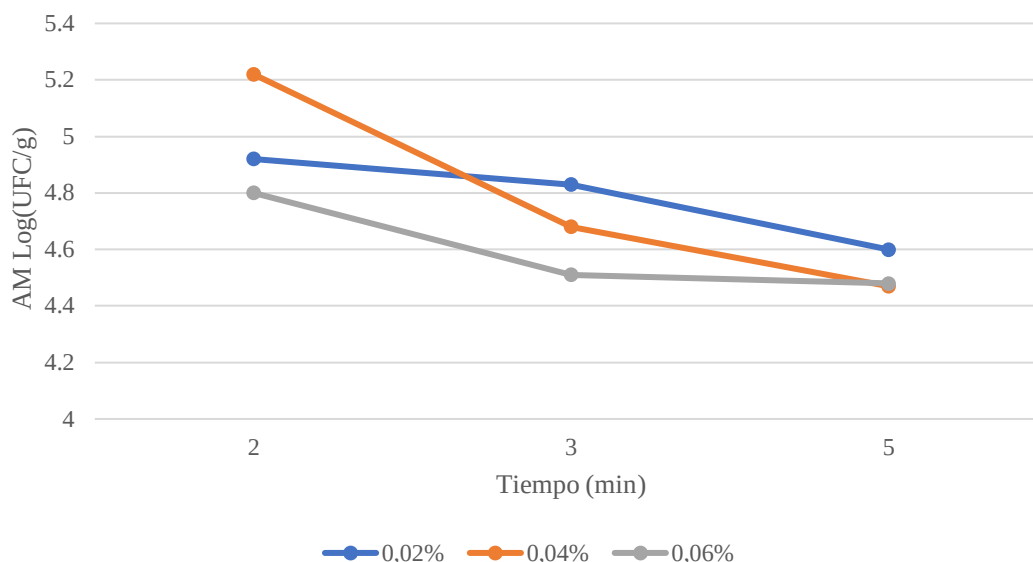
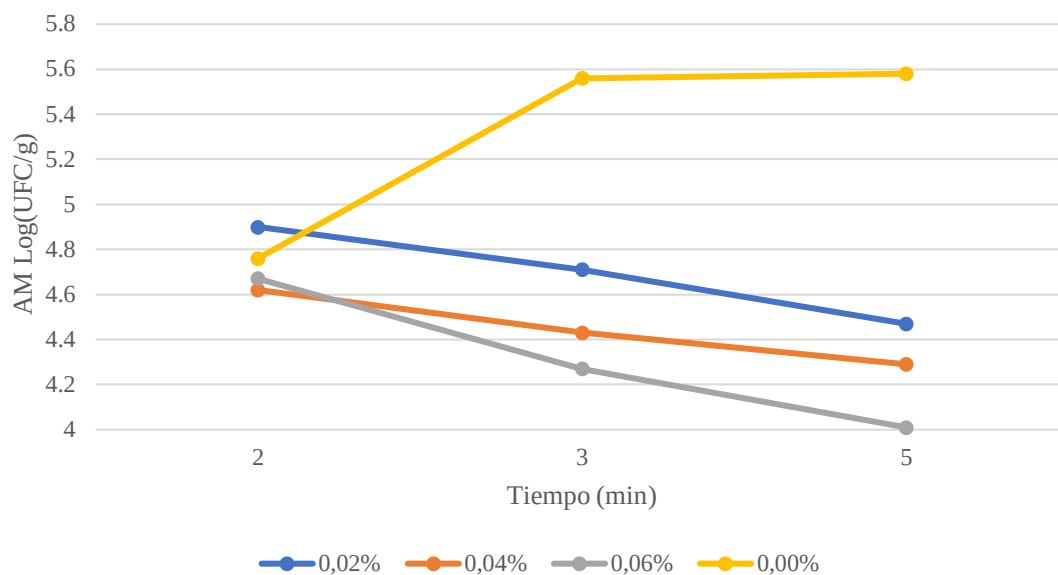
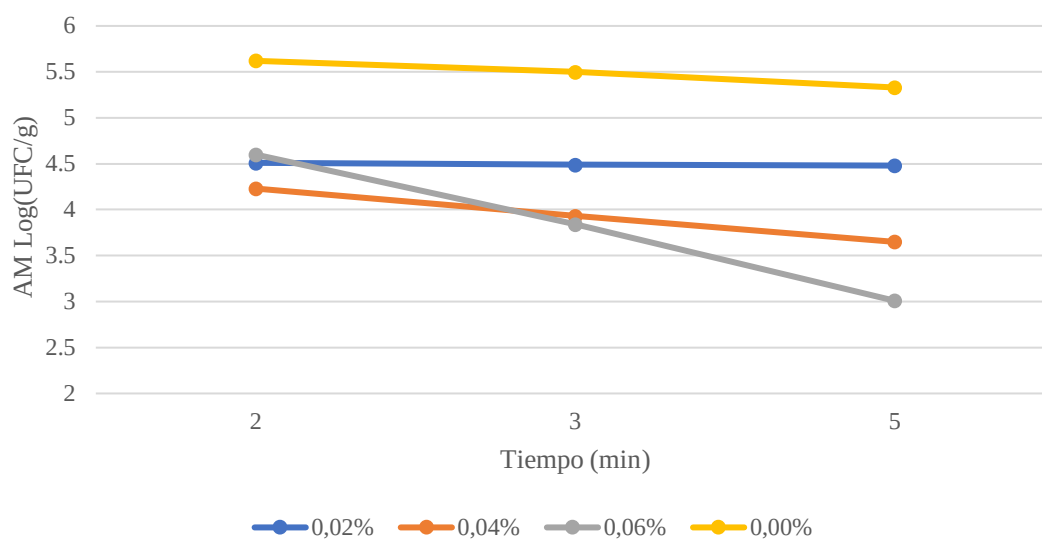


Figura 3. Efecto germicida del aceite de tomillo (*Thymus vulgaris*) a diferentes concentraciones en función del tiempo para una dilución 10^0



Figuras 4. Efecto germicida del aceite de tomillo (*Thymus vulgaris*) a diferentes concentraciones en función del tiempo para una dilución 10^{-1}



Figuras 5. Efecto germicida del aceite de tomillo (*Thymus vulgaris*) a diferentes concentraciones en función del tiempo para una dilución 10^{-2}

En un estudio similar en codornices demostró que la suplementación dietética con 300 y 450 mg kg⁻¹ de TEO disminuyó los recuentos de coliformes, *Lactobacillus* spp. y *Pseudomonas* spp. en la carne de pechuga (Gumus et al., 2017). Por otro lado,

Chouliara et al. (2007) determinaron que el 0,1 % de aceite esencial de orégano extendió la vida útil de la carne de pollo almacenada a 4 °C de 5 a 8-9 días. Además, **Aksoy et al. (2011)** informaron que el extracto de tomillo mostró un efecto antibacteriano contra *Pseudomonas* spp. y TMAB en carne de pollo de engorde. Otro estudio demostró que la suplementación dietética con 3,5 % y 7,5 % de hojas de tomillo produjo un efecto antibacteriano contra bacterias psicrotróficas y ácido lácticas en carne de cordero (**Nieto et al., 2010**). En concordancia con la literatura mencionada anteriormente, el presente estudio demostró que la suplementación dietética con aceite de tomillo tendió a reducir la carga microbiana de la carne de pechuga durante el período de almacenamiento.

3.1.3 Calcular el porcentaje de la capacidad inhibidora del aceite esencial del tomillo (*Thymus vulgaris* L.) en la carne de pollo (*Gallus gallus domesticus*).

Tabla 4. Eficiencia germicida (%) del aceite esencial del tomillo (*Thymus vulgaris* L.) a diferentes concentraciones en la carne de pollo por cada dilución.

Tiempo (min)	Dilución	Concentraciones		
		0,02%	0,04%	0,06%
2	10 ⁻¹	2,90	2,89	1,84
	10 ⁻²	19,71	24,70	18,11
3	10 ⁻¹	15,36	20,39	23,26
	10 ⁻²	18,36	28,54	30,18
5	10 ⁻¹	19,91	23,14	28,16
	10 ⁻²	16,01	31,57	43,57

Nota: La dilución 10⁰ no se toma en cuenta debido a NPC.

En función de la tabla anterior, los resultados revelaron una reducción significativa de UFC/g de AM en filetes de pollo tras 2, 3 y 5 min de tratamiento con diferentes concentraciones de aceite de tomillo (0,02, 0,04 y 0,06%) tomando como recuentos iniciales al grupo control (0,0%) ($P < 0,05$). Se observa un mayor porcentaje de reducción de 43,68% tras 5 min de exposición con AET al 0,06 % a una dilución 10⁻². Estos valores se asemejan al estudio de (**Galgano et al., 2023**), quienes arrojaron una reducción de 45,85% en AM al probar ATE al 1,25% con una reducción de 4,32 log₁₀ UFC/g. Dicho

efecto hace alusión al mecanismo de su acción antibacteriana que, como lo explican **Hassan et al. (2024)**, implica la disrupción de la membrana bacteriana y el eflujo de contenido intracelular, la inhibición de las bombas de eflujo, la prevención de la formación y disrupción de biopelículas preformadas, la inhibición de la motilidad bacteriana y la inhibición de las ATPasas de membrana.

Este hallazgo concuerda con el estudio de **Satora et al. (2024)**, en el que la adición de AET en carne de pavo picada cruda almacenada a 1-2 °C, a concentraciones de 0,005%, 0,01%, 0,02% y 0,03%, no tuvo un efecto beneficioso en el recuento microbiano total, independientemente de la concentración utilizada. Por su parte, los autores indicaron que la eficacia de los aceites esenciales como conservantes se ve influenciada, entre otras cosas, por las características de los propios productos, la cantidad y el tipo de microorganismos presentes y las condiciones de almacenamiento.

3.1.5 Tiempo de vida útil del mejor tratamiento de la carne de pollo mediante crecimiento microbiológico a 4°C.

Tabla 5. Efecto de conservación del mejor tratamiento de la carne de pollo mediante crecimiento microbiológico a 4 °C.

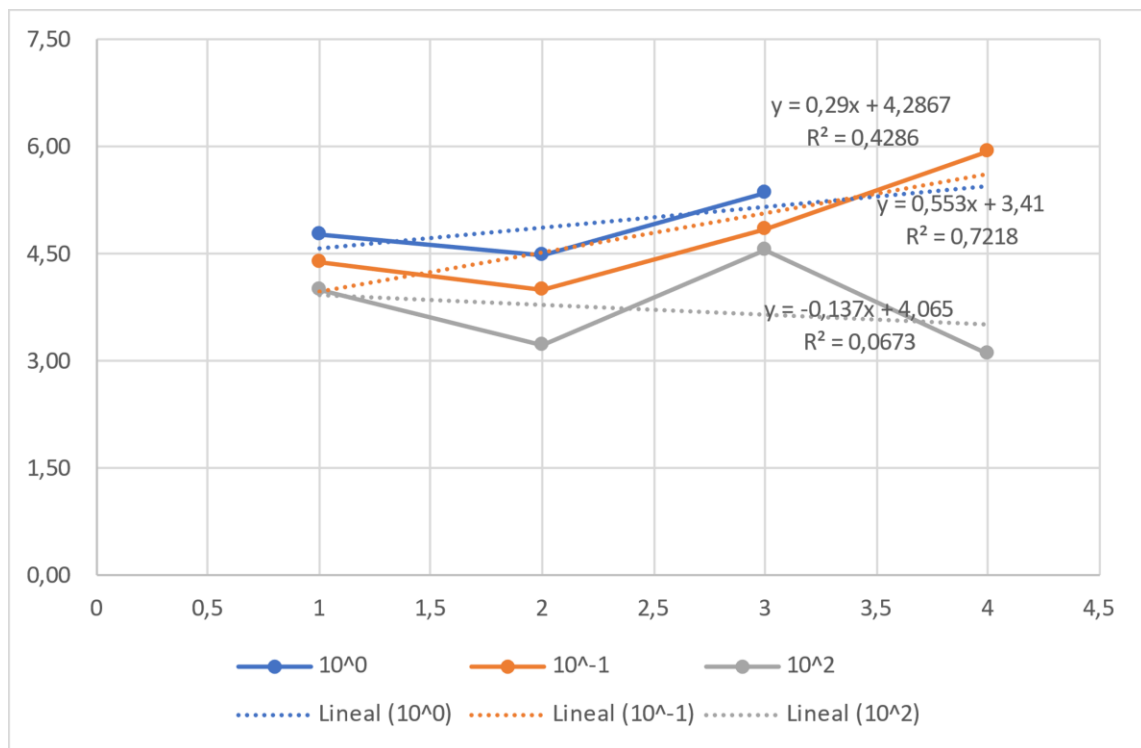
Diluciones	Tiempo			
	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9
10 ⁰	4,77 ± 0,09 ^A	4,48 ± 0,09 ^A	5,35 ± 0,15 ^B	NPC
10 ⁻¹	4,38 ± 0,11 ^A	4,00 ± 0,08 ^B	4,85 ± 0,11 ^C	5,94 ± 0,07 ^D
10 ⁻²	4,01 ± 0,08 ^{AB}	3,22 ± 0,17 ^B	4,55 ± 0,06 ^A	3,11 ± 0,59 ^B

Nota: Los datos (LogUFC/g) se presentan como media (M, n = 2/grupo) ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (p < 0,05). NPC: Numeroso para contar.

Por su parte, los recuentos de AM disminuyeron significativamente al día 3 de almacenamiento para el mejor tratamiento, a una dilución 10⁻², con un valor de 3,22 ± 0,17 (Tabla 5). De manera similar, **Mohamed et al., (2023)** dieron a conocer en su estudio una inhibición del crecimiento del recuento bacteriano aeróbico total de 3,8 Log UFC/g para la carne de res almacenada a 4 °C que contenía AET al 2% en los días cero y 3 de

almacenamiento, frente al control (3,91 Log UFC/g). Mientras que, **Gumus & Gelen (2023)** determinaron para el día 0 un recuento de AM en una muestra control de carne de pechuga de pollo de 4,12 LogUFC/g y con la adición de AET al 0,03%, un 3,42 UFC/g; para el día 2: 4,45 UFC/g (control) y 4,05 UFC/g (AET - 0,03%); para el día 4: 5,49 UFC/g (control) y 4,6 UFC/g (AET - 0,03%); y día 6: 6,34 UFC/g (control) y 5,41 UFC/g (AET - 0,03%).

En una previa investigación se determinó que los niveles totales de bacterias mesófilas aeróbicas se mantuvieron microbiológicamente aceptables, oscilando entre 4,82 y 6,06 Log (UFC/g) hasta el séptimo día (**Söbeli & Kayaardi, 2025**). Sin embargo, al final del período de almacenamiento, las muestras alimentadas con extracto de tomillo tuvieron el recuento bacteriano aeróbico total más alto con un valor determinado de $5,94 \pm 0,07$ log UFC/g para la dilución de 10^{-1} , aunque en para la dilución de 10^{-2} , este valor se redujo a $3,11 \pm 0,59$ en el día 9. En consecuencia, **Satora et al. (2024)** manifiestan que la eficacia de los aceites esenciales como conservantes se ve influenciada, entre otras cosas, por las características de los propios productos, la cantidad y el tipo de microorganismos presentes y las condiciones de almacenamiento.



Figuras 6. Efecto de conservación de la carne de pollo del mejor tratamiento a diferentes días.

$$\ln C = \ln Co + kt$$

$$t = \frac{\ln C - \ln Co}{k}$$

$$t = \frac{6 - 3.41}{0.553}$$

$$t = 4.7 \text{ días}$$

De este modo, el tiempo de vida útil calculado mediante la forma logarítmica de una ecuación de primer orden fue de, aproximadamente, 4,7 días. Por otro lado, se observa en la tabla 5 que para el día 6 al día 9 el recuento de AM (LogUFC/g) aumentó, ya que según **Majdinasab et al. (2020)**, las aves de corral frescas son susceptibles al crecimiento microbiano y la oxidación de lípidos debido al alto contenido de proteína y humedad, el pH alto cercano al natural y las condiciones aeróbicas durante el almacenamiento, lo que reduce la vida útil a aproximadamente 4-5 días, aún en presencia de AE.

Tabla 4. Análisis fisicoquímico y microbiológico de la carne de pollo normal y con adición AET del mejor tratamiento.

Parámetros	Sin AET	Con AET
Fisicoquímico		
Humedad [%]	66,1	75,6
Microbiológico		
<i>Salmonella</i>	Detectado	Detectado
<i>Escherichia coli</i> [UFC/g]	$5,1 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$
Aerobios mesófilos [UFC/g]	$1,95 \times 10^5$	$1,39 \times 10^5$

El análisis microbiológico y de humedad se basaron en la normativa NTE INEN 2346 (2016-12), la cual establece un límite de aceptación de $1,0 \times 10^6$, $1,0 \times 10^2$ y ausencia para de AM, *E.coli* y *Salmonella*, respectivamente. Sin embargo, en la presente investigación no se logró inhibir la presencia de *Salmonella*, lo que resultó ser ineficiente, por lo tanto, no es apto para el consumo. Cabe mencionar que la muestra de carne de pollo objeto de estudio fue expendida en el mercado habitual en donde la mayoría de las canales de aves de corral no se mantienen en condiciones óptimas de almacenamiento, sin perder la cadena de frío.

De acuerdo con lo manifestado por Nieto (2020) y Ricardo-Rodrigues et al. (2024), las bacterias Gram-positivas parecen ser ligeramente más sensibles a la acción del tomillo que las bacterias Gram-negativas, a pesar de que los ambientes anaeróbicos favorecen la acción tanto del de tomillo como del timol frente a microorganismos como *Salmonella thyphimurium* o *Staphylococcus aureus*. Por lo tanto, ciertos factores como las propiedades hidrofílicas o lipofílicas de los constituyentes de los aceites esenciales, el tipo

de microorganismo y la estructura de la pared celular influyen en la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales.

En un estudio realizado por **Shapiro & Guggenheim (1995, como se cita en Nieto, 2020)** se observó que el timol produce una perforación en la membrana plasmática de la célula bacteriana, lo que provoca una rápida salida de constituyentes intracelulares. Este compuesto induce una disminución del ATP intracelular como consecuencia directa de la infiltración y, en algunas bacterias, también inhibe las vías de síntesis de esta biomolécula. Los efectos del timol sobre el potencial de las membranas son probablemente el resultado de la infiltración de sustancias provocada por este compuesto.

El papel de la inclusión dietética de tomillo y jengibre en la inhibición microbiana de carne de pollo podría explicarse por su capacidad para mitigar las bacterias intestinales patógenas (aeróbicas mesófilas, coliformes y *Escherichia coli*) y activar las beneficiosas (bacterias de ácido láctico), lo que resulta en una disminución de la contaminación de la carne con contenido intestinal durante el sacrificio, reduciendo así la carga microbiana de la carne (**Siregar et al. 2024, como se cita en Hassan et al., 2024**).

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se logró evaluar la capacidad inhibidora del aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) en la conservación de carne de pollo (*Gallus gallus domesticus*), demostrando que este aceite esencial posee propiedades antimicrobianas significativas que contribuyen efectivamente a la preservación del producto cárnico.
- Se logró desarrollar con efectividad un proceso de desinfección aplicando aceite esencial de tomillo (AET) en concentraciones de 0,02%; 0,04%; 0,06% en la carne de pollo, demostrando que todas las concentraciones evaluadas presentaron actividad antimicrobiana significativa comparadas con el control (0,00%).
- El recuento de aerobios mesófilos mostro una reducción progresiva conforme aumentaba la concentración de AET y el tiempo de exposición. La mayor reducción se observó en la dilución 10^{-2} con 0,06% de AET a los 5 minutos, alcanzando $3,01 \pm 0,03$ Log(UFC/g), comparado con $5,33 \pm 0,03$ Log(UFC/g) del control. Además, la refrigeración a 4°C con el tratamiento con AET ayudó a mantener su efecto inhibidor durante el almacenamiento.
- La eficiencia germicida del AET aumentó proporcionalmente con la concentración y el tiempo de inmersión, alcanzando un máximo de 43,57% con 0,06% de AET a los 5 minutos en la dilución 10^{-2} , aunque en estas diluciones fueron mas altas presentando mayor susceptibilidad al tratamiento, con eficiencias que oscilaron entre 16,01% y 43,57%.
- El mejor tratamiento (0,06% AET por 5 minutos) logró extender significativamente la vida útil de la carne de pollo hasta los 4-5 días bajo condiciones de refrigeración a 4°C, manteniendo recuentos microbiológicos aceptables. Mientras que en la muestra control desde el día 1, ya presentaba microorganismos numerosos para contar (NPC).

4.2 Recomendaciones

- Aplicar AET al 0,06% durante 5 minutos como método complementario de conservación en la industria avícola, considerando su efectividad demostrada en la reducción de la carga microbiana.
- El AET no elimina completamente patógenos como *Salmonella*, se recomienda utilizarlos como parte de un sistema de barrera múltiples, combinando con otros métodos de conservación o aceites.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexa, E. A., Papadochristopoulos, A., O'Brien, T., & Burgess, C. M. (2024). Microbial contamination of food. In *Food Packaging and Preservation: Antimicrobial Materials and Technologies* (pp. 3–19). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90044-7.00001-X>
- Alsaraf, S., Hadi, Z., Al-Lawati, W. M., Al Lawati, A. A., & Khan, S. A. (2020). Chemical composition, in vitro antibacterial and antioxidant potential of Omani Thyme essential oil along with in silico studies of its major constituent. *Journal of King Saud University - Science*, 32(1), 1021–1028. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.09.006>
- Bolouri, P., Salami, R., Kouhi, S., Kordi, M., Asgari Lajayer, B., Hadian, J., & Astatkie, T. (2022). Applications of Essential Oils and Plant Extracts in Different Industries. In *Molecules* (Vol. 27, Issue 24). MDPI. <https://doi.org/10.3390/molecules27248999>
- Budiarto, R., Ujilestari, T., Rumhayati, B., Adli, D. N., Hudaya, M. F., Sitaresmi, P. I., Widodo, S., Wulandari, W., Wahyono, T., & Sholikin, M. M. (2024). Meta-analysis of citrus-derived additives on chicken meat quality and safety: a comprehensive evaluation of acceptability, physicochemical properties, and microbial contamination. In *Poultry Science* (Vol. 103, Issue 5). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103556>
- Delgado, A., María, J., & Damico Beatriz, A. (2020). *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*; NIPO: 003190814 (papel); NIPO: 00319082X (línea) ISSN 1575-1198 (papel); ISSN: 2605-0323 (línea) (Vol. 255).
- Dirección Nacional Vigilancia Epidemiológica. (2020). *SUBSISTEMA DE VIGILANCIA SIVE-ALERTA ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR AGUA Y ALIMENTOS ECUADOR*.

[https://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/fergrepo
rt/es/](https://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/fergrepo
rt/es/)

Gaba, A. B. M., Hassan, M. A., Abd El-Tawab, A. A., Abdelmonem, M. A., & Morsy, M. K. (2022). Protective Impact of Chitosan Film Loaded Oregano and Thyme Essential Oil on the Microbial Profile and Quality Attributes of Beef Meat. *Antibiotics* 2022, Vol. 11, Page 583, 11(5), 583. <https://doi.org/10.3390/ANTIBIOTICS11050583>

Galgano, M., Pellegrini, F., Fracchiolla, G., Mrenoshki, D., Zarea, A. A. K., Bianco, A., Del Sambro, L., Capozzi, L., Schiavone, A., Saleh, M. S., Camero, M., Tempesta, M., Cirone, F., Buonavoglia, D., Pratelli, A., & Buonavoglia, A. (2023). Pilot Study on the Action of Thymus vulgaris Essential Oil in Treating the Most Common Bacterial Contaminants and Salmonella enterica subsp. enterica Serovar Derby in Poultry Litter. *Antibiotics*, 12(3), 436. <https://doi.org/10.3390/ANTIBIOTICS12030436/S1>

Gumus, R., & Gelen, S. U. (2023a). Effects of dietary thyme and rosemary essential oils on performance parameters with lipid oxidation, water activity, pH, colour and microbial quality of breast and drumstick meats in broiler chickens. *Archives Animal Breeding*, 66(1), 17–29. <https://doi.org/10.5194/AAB-66-17-2023>,

Gumus, R., & Gelen, S. U. (2023b). Effects of dietary thyme and rosemary essential oils on performance parameters with lipid oxidation, water activity, pH, colour and microbial quality of breast and drumstick meats in broiler chickens. *Archives Animal Breeding*, 66(1), 17–29. <https://doi.org/10.5194/AAB-66-17-2023>,

Hassan, A. H. A., Youssef, I. M. I., Abdel-Atty, N. S., & Abdel-Daim, A. S. A. (2024). Effect of thyme, ginger, and their nano-particles on growth performance, carcass characteristics, meat quality and intestinal

- bacteriology of broiler chickens. *BMC Veterinary Research*, 20(1), 1–13.
<https://doi.org/10.1186/S12917-024-04101-Z/TABLES/7>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *NTE INEN-ISO 279. Carne y productos cárnicos. Enumeración de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 30°C* (1ª ed.). INEN.
- Jayari, A., Jouini, A., Boukhris, H., Hamrouni, S., Damergi, C., Ben Hadj Ahmed, S., & Maaroufi, A. (2021). Essential Oils from *Thymus capitatus* and *Thymus algeriensis* as Antimicrobial Agents to Control Pathogenic and Spoilage Bacteria in Ground Meat. *Journal of Food Quality*, 2021(1), 5599374. <https://doi.org/10.1155/2021/5599374>
- King, H., & Bedale, W. (2018). What Potential Food Ingredient Hazards Occur in Human Food Manufacturing? In *Hazard Analysis and Risk-Based Preventive Controls* (pp. 35–54). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809475-4.00003-4>
- Majdinasab, M., Niakousari, M., Shaghaghian, S., & Dehghani, H. (2020). Antimicrobial and antioxidant coating based on basil seed gum incorporated with Shirazi thyme and summer savory essential oils emulsions for shelf-life extension of refrigerated chicken fillets. *Food Hydrocolloids*, 108, 106011.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2020.106011>
- Mantzourani, I., Daoutidou, M., & Alexopoulos, A. (2025). The Antimicrobial Effect of Thymol and Carvacrol in Combination with Organic Acids Against Foodborne Pathogens in Chicken and Beef Meat Fillets. *Microorganisms*, 13(1), 182.
<https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS13010182/S1>
- Mejía Villarreal Katerine Brigitte. (2022). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES*.

- Mohamed, S. M., Fayza, A. I., & Nasser, M. M. (2023). Effect of Thyme Oil and Acetic Acid on The Quality and Shelf Life of Fresh Meat. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 13(6), 1079–1083. <https://www.advetresearch.com/index.php/AVR/article/view/1360/855>
- Nieto, G. (2020). A Review on Applications and Uses of Thymus in the Food Industry. *Plants* 2020, Vol. 9, Page 961, 9(8), 961. <https://doi.org/10.3390/PLANTS9080961>
- Patil, S. M., Ramu, R., Shirahatti, P. S., Shivamallu, C., & Amachawadi, R. G. (2021). A systematic review on ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacological aspects of *Thymus vulgaris* Linn. *Heliyon*, 7(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07054>
- Paula Maria Periago Bayonas; Pablo Salvador Fernandez Escamez. (2023). The European Union One Health 2022 Zoonoses Report. *EFSA Journal*, 21(12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8442>
- Radünz, M., dos Santos Hackbart, H. C., Camargo, T. M., Nunes, C. F. P., de Barros, F. A. P., Dal Magro, J., Filho, P. J. S., Gandra, E. A., Radünz, A. L., & da Rosa Zavareze, E. (2020). Antimicrobial potential of spray drying encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil on the conservation of hamburger-like meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 330, 108696. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2020.108696>
- Rashidimehr, A., Fazlara, A., Zarei, M., PourMehdi, M., & Noshad, M. (2022). Predicting shelf life of chicken burger produced from surimi under combined use of thyme essential oil and modified atmosphere packaging. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 11(4), e1662. <https://office2.jmbfs.org/index.php/JMBFS/article/view/1662/387>
- Ricardo-Rodrigues, S., Rouxinol, M. I., Cristina, A., Santos, A., Potes, M. E., Laranjo, M., & Elias, M. (2024). The Antioxidant and Antibacterial

- Potential of Thyme and Clove Essential Oils for Meat Preservation—An Overview. *Applied Biosciences*, 3(1), 87–101. <https://doi.org/10.3390/APPLBIOSCI3010006>
- Sandulachi, E., Macari, A., Ghendov-Mosanu, A., Cojocari, D., & Sturza, R. (2021). Antioxidant and Antimicrobial Activity of Basil, Thyme and Tarragon Used in Meat Products. *Advances in Microbiology*, 11(11), 591–606. <https://doi.org/10.4236/AIM.2021.1111043>
- Satora, P., Michalczyk, M., & Banaś, J. (2024). Impact of Thyme Essential Oil on the Aroma Profile and Shelf Life of Vacuum-Packed Minced Turkey Meat. *Molecules*, 29(15), 3524. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES29153524>
- Valdivieso-Ugarte, M., Gomez-Llorente, C., Plaza-Díaz, J., & Gil, Á. (2019). Antimicrobial, antioxidant, and immunomodulatory properties of essential oils: A systematic review. In *Nutrients* (Vol. 11, Issue 11). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu11112786>
- Vélez, G. M. (2023). *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE QUÍMICA*.
- Vlaicu, P. A., Untea, A. E., Panaite, T. D., Saracila, M., Turcu, R. P., & Dumitru, M. (2023). Effect of Basil, Thyme and Sage Essential Oils as Phytogetic Feed Additives on Production Performances, Meat Quality and Intestinal Microbiota in Broiler Chickens. *Agriculture (Switzerland)*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/agriculture13040874>
- Yimenu, S. M., Koo, J., Kim, B. S., Kim, J. H., & Kim, J. Y. (2019). Freshness-based real-time shelf-life estimation of packaged chicken meat under dynamic storage conditions. *Poultry Science*, 98(12), 6921–6930. <https://doi.org/10.3382/ps/pez461>
- Zhu, Y., Wang, W., Li, M., Zhang, J., Ji, L., Zhao, Z., Zhang, R., Cai, D., & Chen, L. (2022). Microbial diversity of meat products under spoilage and

its controlling approaches. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1078201.
<https://doi.org/10.3389/FNUT.2022.1078201/BIBTEX>

ANEXOS

Anexo 1. Preparación de la materia prima



Anexo 2. Preparación de las diluciones para la siembra 10^0 , 10^{-1} , 10^{-2}



Anexo 3. Análisis microbiológico de aerobios mesófilos



Anexo 4. Resultados de SIALAB pollo fresco y con aceite de tomillo del mejor tratamiento de acuerdo con la NTE INEN 2346-2016-12.



SIALAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES H+D+I

Código: R01-7.8
Edición: 01

Certificado No.: SIALAB-25-043
Fecha de emisión de certificado: 15 de Mayo de 2025

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
NOMBRE: LILIANA CHUGCHILAN		CORREO ELECTRÓNICO: lilianachugchilan535@gmail.com	
DIRECCIÓN: DIAGONAL AL COLISEO MAYOR		TELÉFONO: 0958602675	
Datos de la muestra			
MUESTRA: POLLO FRESCO NORMAL / POLLO FRESCO CON TOMILLO		TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	
LOTE: N/A		CONTENIDO POR MUESTRA: 125 g /125 g	
FECHA DE ELABORACIÓN: 2025-05-04		CONSERVACIÓN: REFRIGERACIÓN	
ENVASE: FUNDAS ZIPLOC			
<i>Información proporcionada por el cliente</i>			

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO			
MUESTREADO POR: CLIENTE		NÚMERO DE PRODUCTOS: 2	
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 2025-05-05		FECHA DE INGRESO AL LABORATORIO: 2025-05-05	
FECHA DE ANÁLISIS: Del 07/05/2025 al 13/05/2025		CONDICIONES AMBIENTALES: 22.7 °C; HR 54%	

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

PRODUCTO	COD. CLIENTE	COD. LAB	PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO	UNIDAD
POLLO FRESCO NORMAL	N/A	043-25-059	Humedad	AOAC 925.10	66,1	%

PRODUCTO	COD. CLIENTE	COD. LAB	PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO	UNIDAD
POLLO FRESCO CON TOMILLO	N/A	043-25-060	Humedad	AOAC 925.10	75,6	%

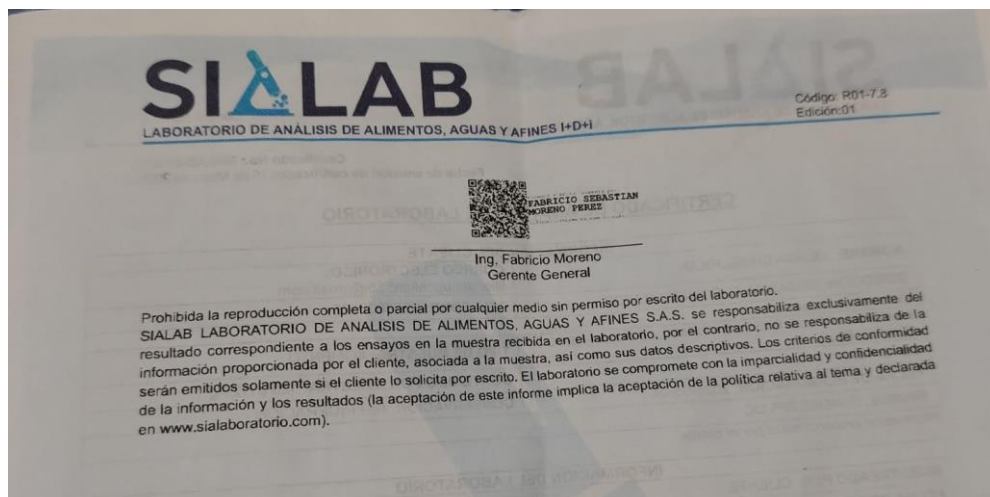
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PRODUCTO	COD. CLIENTE	COD. LAB	PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO	UNIDAD
POLLO FRESCO NORMAL	N/A	043-25-059	Detección de <i>Salmonella</i>	AOAC 960.23	Detectado	En 25 g
			Recuento de <i>Escherichia coli</i>	AOAC 2018.13 / Petrifilm	5,1 x 10 ²	UFC/g
			Recuento de Aerobios Mesófilos	AOAC 2015.13 / Petrifilm	1,95 x 10 ⁶	UFC/g

PRODUCTO	COD. CLIENTE	COD. LAB	PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO	UNIDAD
POLLO FRESCO NORMAL	N/A	043-25-060	Detección de <i>Salmonella</i>	AOAC 960.23	Detectado	UFC/g
			Recuento de <i>Escherichia coli</i>	AOAC 2018.13 / Petrifilm	3,0 x 10 ²	UFC/g
			Recuento de Aerobios Mesófilos	AOAC 2015.13 / Petrifilm	1,39 x 10 ⁶	UFC/g

Puerto Rico 03-14 y Argentina, Ambato-Ecuador
Teléfono: 099 079 9688 | **E-mail:** atencionalcliente@sialaboratorio.com
www.sialaboratorio.com

Página 1 de 2



Anexo 5. Anova de un solo factor: UFC/g vs Diluciones

Análisis de Varianza

		SC	MC	Valor	Valor
Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	F	p
DILUCIONES	2	17220	8610	4,25	0,019
Error	53	107298	2024		
Total	55	124518			

Medias

			IC	de
DILUCIONES	N	Media	Desv.Est.	95%
10 ⁻¹	18	90,50	25,01	(69,23; 111,77)
10 ⁻²	20	81,6	60,9	(61,4; 101,7)
10 ⁰	18	122,50	39,31	(101,23; 143,77)

Desv.Est. agrupada = 44,9943

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

DILUCIONES N Media Agrupación

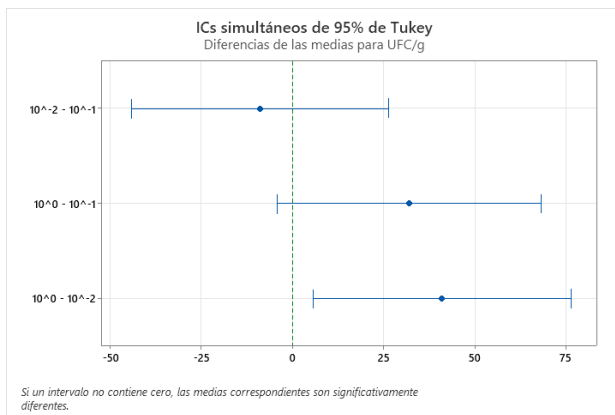
10^0	18 122,50	A	
10^{-1}	18 90,50	A	B
10^{-2}	20 81,6		B

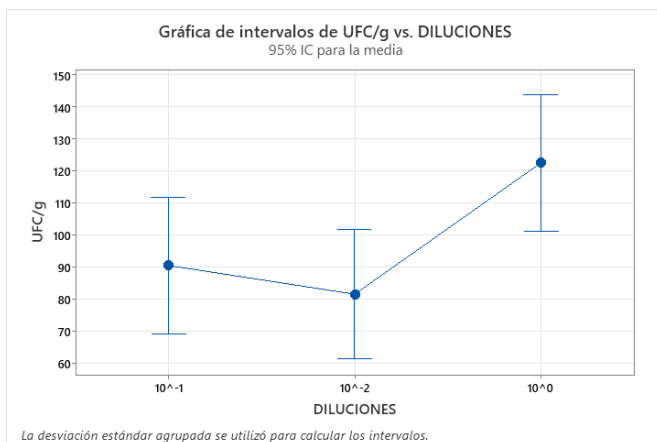
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC 95%	de Valor T	Valor p ajustado
10^{-2} - 10^{-1}	-9,0	14,6	(-44,2; 26,3)	-0,61	0,814
10^0 - 10^{-1}	-32,0	15,0	(-4,2; 68,2)	2,13	0,093
10^0 - 10^{-2}	-41,0	14,6	(5,7; 76,2)	2,80	0,019

Nivel de confianza individual = 98,06%





Anexo 6. Tiempo 2 minutos.

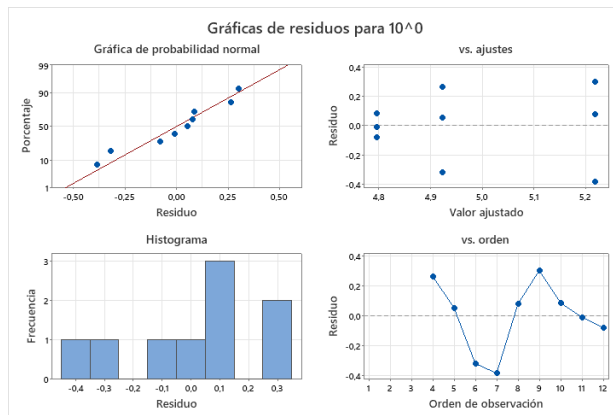
Modelo lineal general: 10^0 vs. C1

Análisis de Varianza

	SC	MC	Valor	Valor
Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	F p
C1	2	0,2819	0,14095	1,96 0,221
Error	6	0,4317	0,07194	
Total	8	0,7136		

Medias

	Error estándar	
Media de la		
Término ajustada media		
C1		
T02	4,923	0,155
T04	5,219	0,155
T06	4,796	0,155



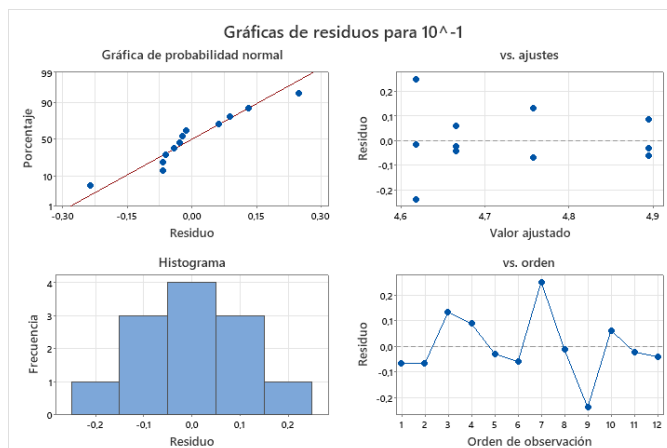
Modelo lineal general: 10^{-1} vs. C1

Análisis de Varianza

	SC	MC	Valor	Valor
Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	F
C1	3	0,1345	0,04482	2,21
Error	8	0,1625	0,02031	
Total	11	0,2970		

Medias

	Error estándar	
	Media	de la
Término	ajustada	media
C1		
T0	4,7577	0,0823
T02	4,8958	0,0823
T04	4,6182	0,0823
T06	4,6656	0,0823



Modelo lineal general: 10^{-2} vs. C1

Análisis de Varianza

	SC	MC	Valor	Valor
Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	F p
C1	3	3,2935	1,09784	20,46 0,000
Error	8	0,4293	0,05366	
Total	11	3,7228		

Medias

	Error estándar	
	Media	de la
Término	ajustada	media
C1		
T0	5,617	0,134
T02	4,510	0,134
T04	4,233	0,134
T06	4,604	0,134

Comparaciones para 10^0

Comparaciones por parejas de Tukey: C1

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

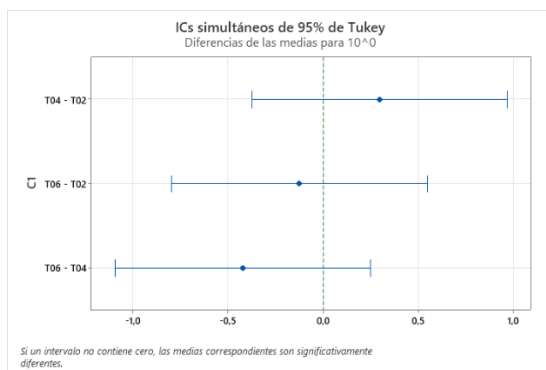
C1 N Media Agrupación

T04 3 5,21869 A

T02 3 4,92310 A

T06 3 4,79626 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Comparaciones para 10^{-1}

Comparaciones por parejas de Tukey: C1

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

C1 N Media Agrupación

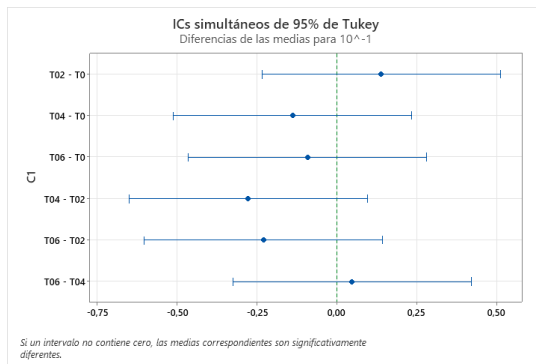
T02 3 4,89581 A

T0 3 4,75768 A

T06 3 4,66558 A

T04 3 4,61824 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Comparaciones para 10^{-2}

Comparaciones por parejas de Tukey: C1

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

C1 N Media Agrupación

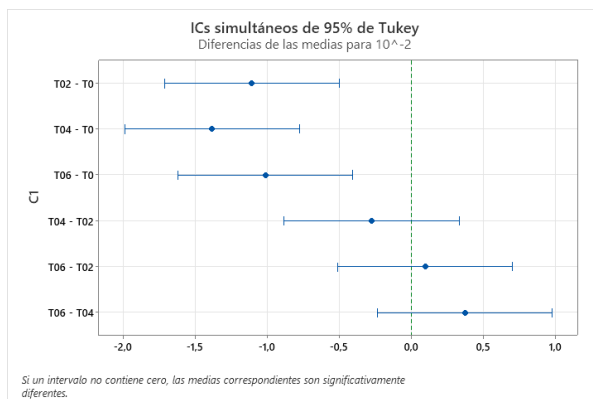
T0 3 5,61728 A

T06 3 4,60375 B

T02 3 4,51020 B

T04 3 4,23318 B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 7. Tiempo 3 minutos

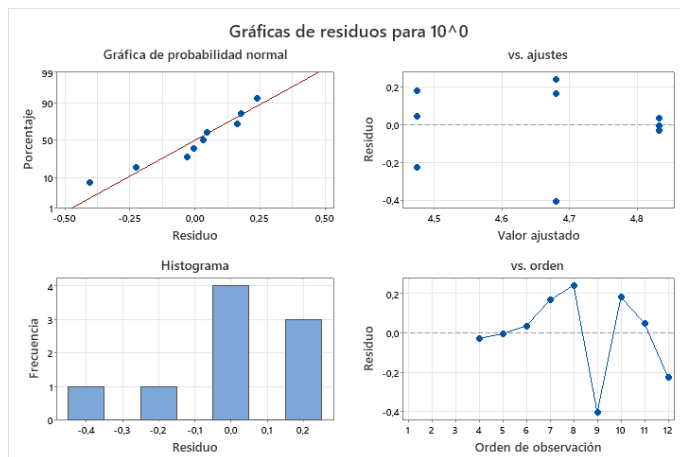
Modelo lineal general: 10^0 vs. C1

Análisis de Varianza

	SC	MC	Valor F	Valor p
Fuente GL Ajust.	Ajust.			
C1	2	0,1942	0,09710	1,74 0,253
Error	6	0,3348	0,05580	
Total	8	0,5290		

Medias

	Error estándar	Media de la
Término ajustada media		
C1		
T02	4,833	0,136
T04	4,680	0,136
T06	4,475	0,136



Modelo lineal general: 10^{-1} vs. C1

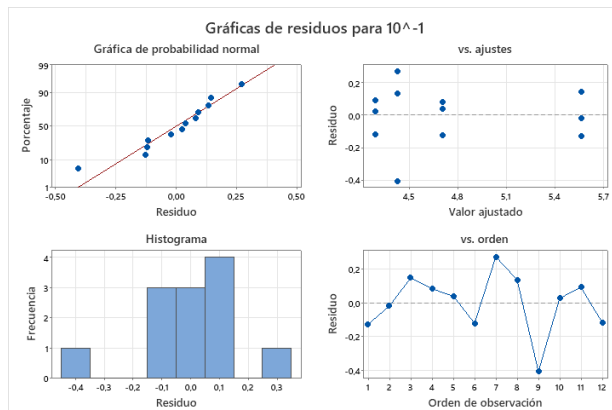
Análisis de Varianza

	SC	MC	Valor	Valor
Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	F p
C1	3	2,93464	0,978213	23,15 0,000
Error	8	0,33799	0,042249	
Total	11	3,27263		

Medias

	Error
	estándar
Media de	
Término ajustada la media	

C1	
T0	5,56456 0,118672
T02	4,70580 0,118672
T04	4,43006 0,118672
T06	4,29130 0,118672



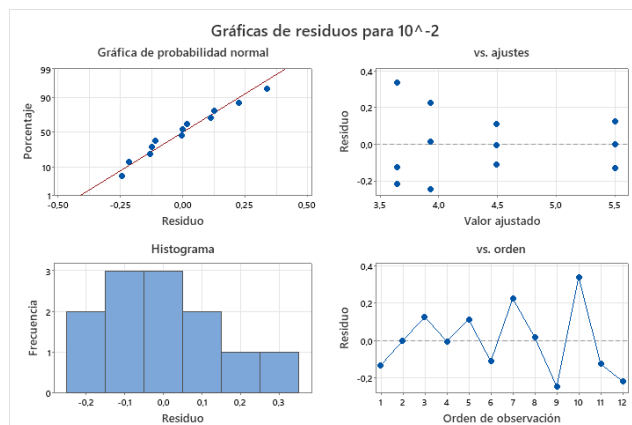
Modelo lineal general: 10^{-2} vs. C1

Análisis de Varianza

	SC	MC	Valor	Valor
Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	F p
C1	3	5,9966	1,99886	46,25 0,000
Error	8	0,3457	0,04322	
Total	11	6,3423		

Medias

		Error estándar
Término	ajustada	media
C1		
T0	5,500	0,120
T02	4,492	0,120
T04	3,933	0,120
T06	3,650	0,120



Comparaciones para 10^0

Comparaciones por parejas de Tukey: C1

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

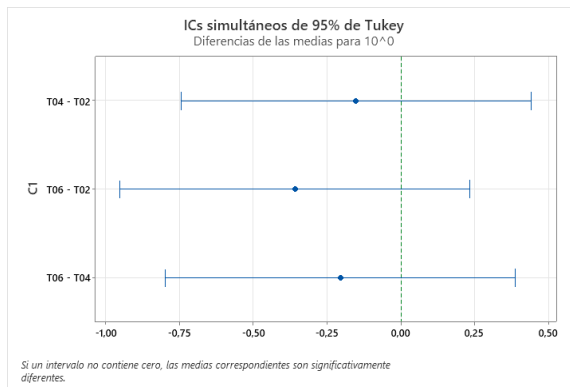
C1 N Media Agrupación

T02 3 4,83329 A

T04 3 4,68028 A

T06 3 4,47475 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Comparaciones para 10⁻¹

Comparaciones por parejas de Tukey: C1

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

C1	N	Media	Agrupación
----	---	-------	------------

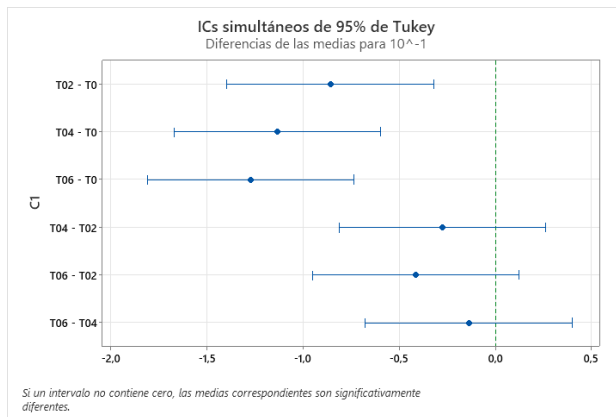
T0	3	5,56456	A
----	---	---------	---

T02	3	4,70580	B
-----	---	---------	---

T04	3	4,43006	B
-----	---	---------	---

T06	3	4,29130	B
-----	---	---------	---

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Comparaciones para 10^{-2}

Comparaciones por parejas de Tukey: C1

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

C1 N Media Agrupación

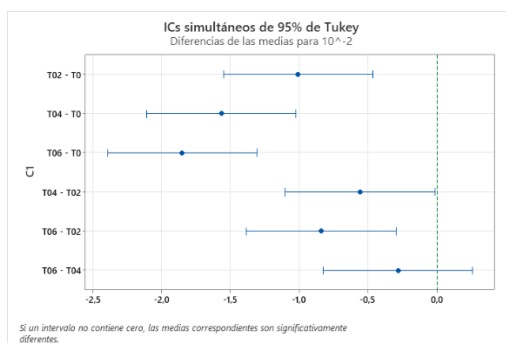
T0 3 5,49984 A

T02 3 4,49194 B

T04 3 3,93300 C

T06 3 3,64978 C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 8. Tiempo 5 minutos.

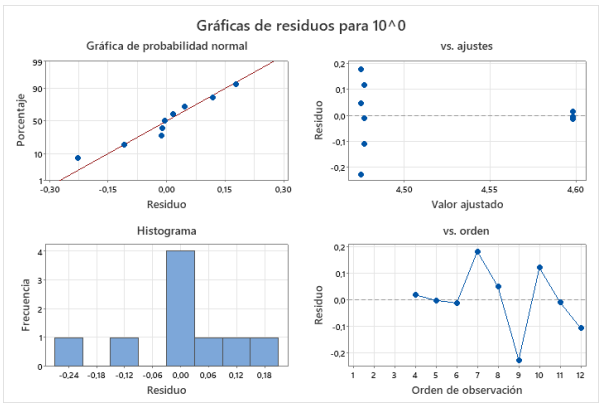
Modelo lineal general: 10^0 vs. C1

Análisis de Varianza

	SC	MC	Valor	Valor
Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	F p
C1	2	0,03008	0,01504	0,81 0,489
Error	6	0,11163	0,01861	
Total	8	0,14171		

Medias

	Error	
	estándar	
Media de la		
Término ajustada media		
C1		
T02	4,5984	0,0788
T04	4,4747	0,0788
T06	4,4768	0,0788



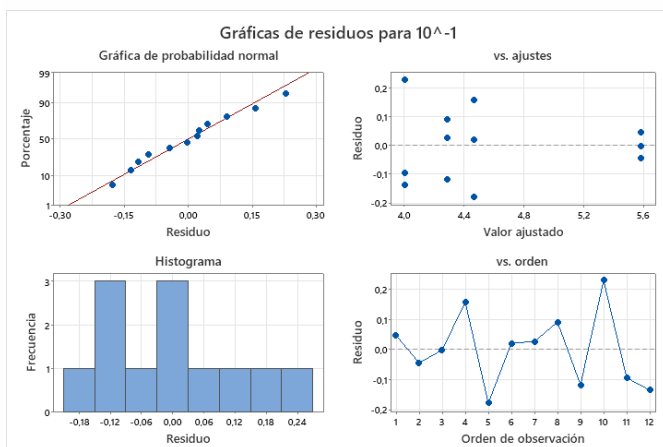
Modelo lineal general: 10^{-1} vs. C1

Análisis de Varianza

	SC	MC	Valor	Valor
Fuente GL Ajust.	Ajust.	F	p	
C1	3	4,28570	1,42857	70,42 0,000
Error	8	0,16229	0,02029	
Total	11	4,44799		

Medias

	Error	estándar
Media de		
Término ajustada la media		
C1		
T0	5,58156	0,0822315
T02	4,46802	0,0822315
T04	4,29130	0,0822315
T06	4,00578	0,0822315



Modelo lineal general: 10^{-2} vs. C1

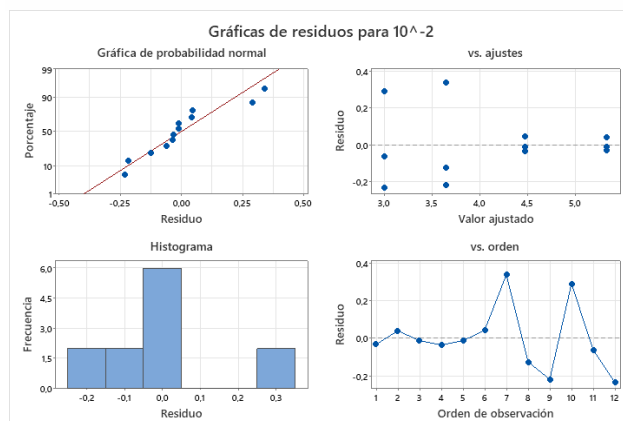
Análisis de Varianza

	SC	MC	Valor	Valor
Fuente GL Ajust.	Ajust.	F	p	
C1	3	9,1999	3,06662	75,44 0,000
Error	8	0,3252	0,04065	
Total	11	9,5251		

Medias

	Error	
	estándar	
Media de la		
Término ajustada media		

C1		
T0	5,334	0,116
T02	4,477	0,116
T04	3,650	0,116
T06	3,004	0,116



Comparaciones para 10^0

Comparaciones por parejas de Tukey: C1

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

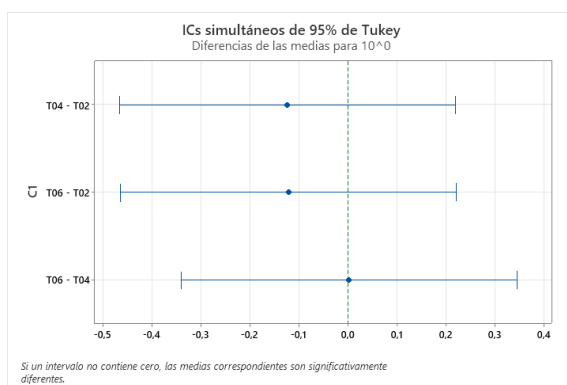
C1 N Media Agrupación

T02 3 4,59840 A

T06 3 4,47683 A

T04 3 4,47475 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Comparaciones para 10^{-1}

Comparaciones por parejas de Tukey: C1

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

C1 N Media Agrupación

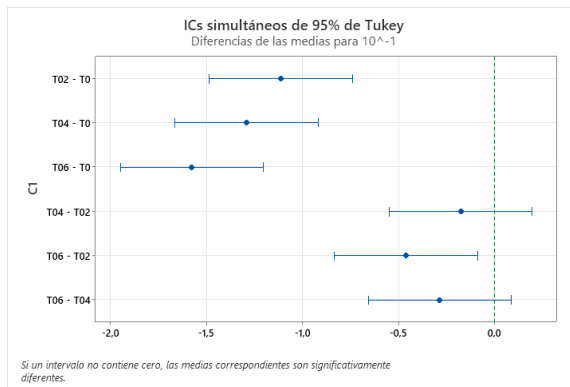
T0 3 5,58156 A

T02 3 4,46802 B

T04 3 4,29130 B C

T06 3 4,00578 C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Comparaciones para 10^{-2}

Comparaciones por parejas de Tukey: C1

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

C1 N Media Agrupación

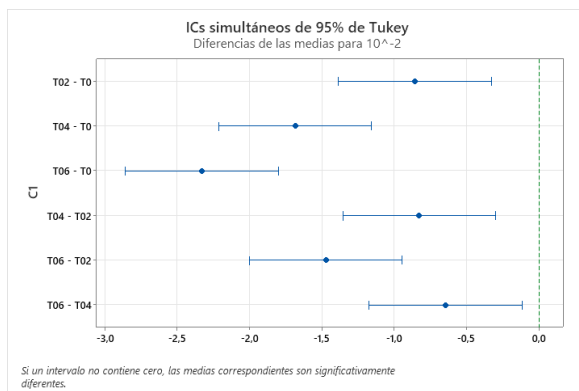
T0 3 5,33386 A

T02 3 4,47678 B

T04 3 3,64978 C

T06 3 3,00429 D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 9. Eficiencia 10^{-1} 2 min

Análisis de Varianza

		SC	MC	Valor	Valor
Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	F	p
Factor	2	9,814	4,907	1,13	0,382
Error	6	25,943	4,324		
Total	8	35,757			

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
0,02%	3	2,903	1,632	(-0,034; 5,841)
0,04%	3	4,47	3,00	(1,53; 7,41)
0,06%	3	1,936	1,143	(-1,002; 4,873)

Desv.Est. agrupada = 2,07939

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor N Media Agrupación

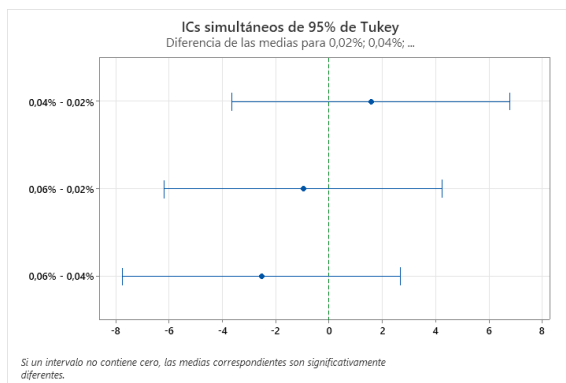
0,04% 3 4,47 A
 0,02% 3 2,903 A
 0,06% 3 1,936 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T ajustado	Valor p
0,04% - 0,02%	1,57	1,70	(-3,64; 6,78)	0,92	0,647
0,06% - 0,02%	-0,97	1,70	(-6,18; 4,24)	-0,57	0,841
0,06% - 0,04%	-2,53	1,70	(-7,74; 2,68)	-1,49	0,358

Nivel de confianza individual = 97,80%



Anexo 10. Eficiencia 10^{-1} 3 min

ANOVA de un solo factor: 0,02%; 0,04%; 0,06%

Análisis de Varianza

		SC	MC	Valor	Valor
Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	F	p
Factor	2	93,99	46,99	2,55	0,158
Error	6	110,66	18,44		
Total	8	204,65			

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
0,02%	3	15,43	1,92	(9,37; 21,50)
0,04%	3	20,39	6,42	(14,32; 26,45)
0,06%	3	23,26	3,24	(17,19; 29,32)

Desv.Est. agrupada = 4,29454

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

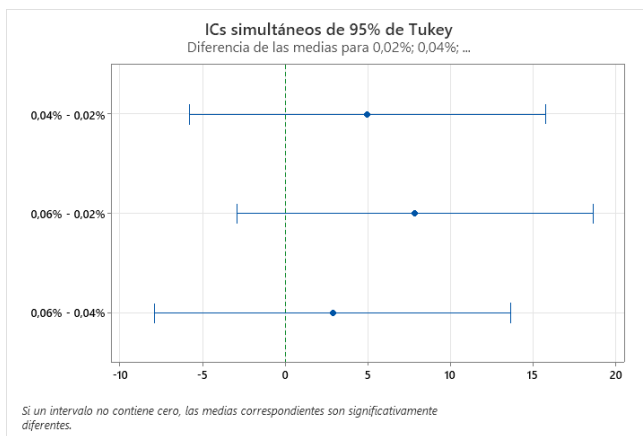
Factor	N	Media	Agrupación
0,06%	3	23,26	A
0,04%	3	20,39	A
0,02%	3	15,43	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T ajustado	Valor p
0,04% - 0,02%	4,96	3,51	(-5,81; 15,72)	1,41	0,393
0,06% - 0,02%	7,82	3,51	(-2,94; 18,58)	2,23	0,144
0,06% - 0,04%	2,87	3,51	(-7,89; 13,63)	0,82	0,707

Nivel de confianza individual = 97,80%



Anexo 11. Eficiencia 10^{-1} , 5 min

ANOVA de un solo factor: 0,02%; 0,04%; 0,06%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	104,78	52,389	6,19	0,035
Error	6	50,78	8,464		
Total	8	155,56			

Medias

Factor	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
0,02%	3	19,95	3,01	(15,84; 24,06)
0,04%	3	23,12	1,90	(19,01; 27,23)

0,06% 3 28,23 3,56 (24,12;
32,34)

Desv.Est. agrupada = 2,90926

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor N Media Agrupación

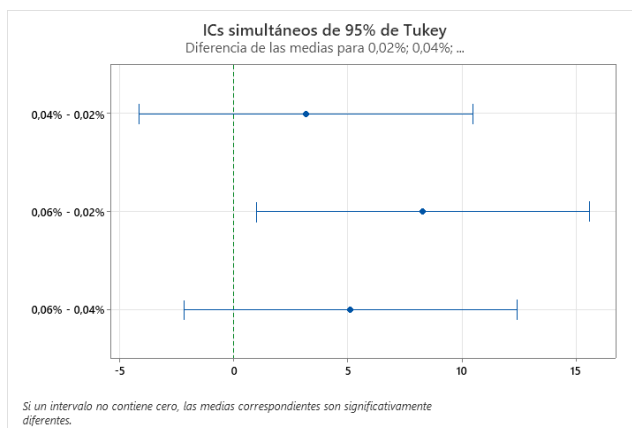
0,06% 3 28,23 A
0,04% 3 23,12 A B
0,02% 3 19,95 B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T ajustado	Valor p
0,04% - 0,02%	3,17	2,38	(-4,12; 10,46)	1,33	0,430
0,06% - 0,02%	8,28	2,38	(0,99; 15,57)	3,49	0,030
0,06% - 0,04%	5,12	2,38	(-2,17; 12,41)	2,15	0,159

Nivel de confianza individual = 97,80%



Anexo 12. Eficiencia 10^{-2} ; 2 min

ANOVA de un solo factor: 0,02%; 0,04%; 0,06%

Análisis de Varianza

		SC	MC	Valor	Valor
Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	F	p
Factor	2	70,61	35,31	2,00	0,216
Error	6	105,76	17,63		
Total	8	176,38			

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
0,02%	3	19,71	6,78	(13,78; 25,64)
0,04%	3	24,64	2,35	(18,71; 30,57)
0,06%	3	18,043	1,161	(12,112; 23,974)

Desv.Est. agrupada = 4,19850

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor N Media Agrupación

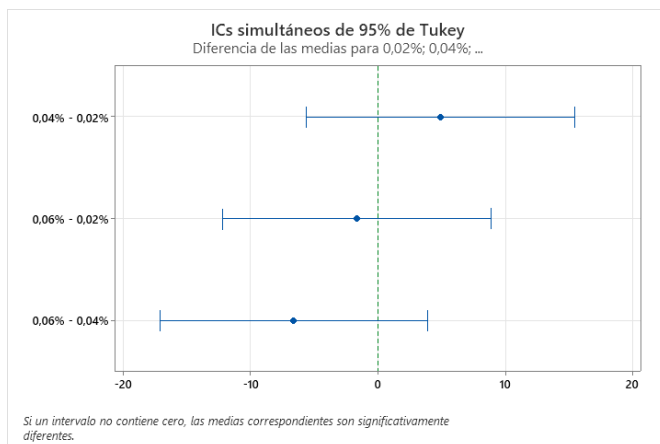
0,04% 3 24,64 A
 0,02% 3 19,71 A
 0,06% 3 18,043 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T ajustado	Valor p
0,04% - 0,02%	4,93	3,43	(-5,59; 15,45)	1,44	0,382
0,06% - 0,02%	-1,67	3,43	(-12,19; 8,85)	-0,49	0,880
0,06% - 0,04%	-6,60	3,43	(-17,12; 3,92)	-1,92	0,212

Nivel de confianza individual = 97,80%



Anexo 12. Eficiencia 10^{-2} ; 3 min

ANOVA de un solo factor: 0,02%; 0,04%; 0,06%

Análisis de Varianza

		SC	MC	Valor	Valor
Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	F	p
Factor	2	246,51	123,256	14,67	0,005
Error	6	50,41	8,402		
Total	8	296,93			

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
0,02%	3	18,33	2,03	(14,23; 22,42)
0,04%	3	28,49	4,28	(24,39; 32,58)
0,06%	3	30,174	1,658	(26,079; 34,269)

Desv.Est. agrupada = 2,89870

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

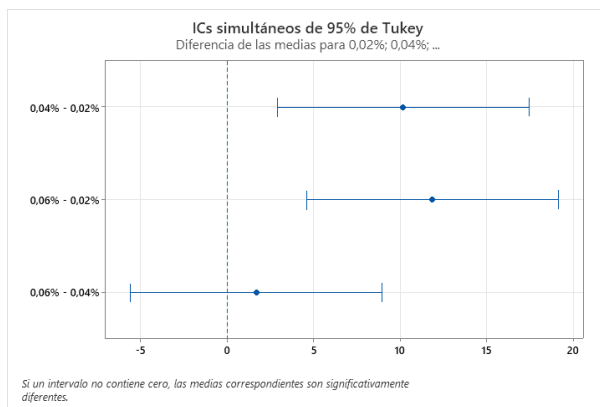
Factor	N	Media	Agrupación
0,06%	3	30,174	A
0,04%	3	28,49	A
0,02%	3	18,33	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T ajustado	Valor p
0,04% - 0,02%	10,16	2,37	(2,90; 17,43)	4,29	0,012
0,06% - 0,02%	11,85	2,37	(4,59; 19,11)	5,01	0,006
0,06% - 0,04%	1,69	2,37	(-5,58; 8,95)	0,71	0,766

Nivel de confianza individual = 97,80%



Anexo 13. Eficiencia 10^{-2} ; 5 min

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	1149,0	574,49	30,41	0,001
Error	6	113,3	18,89		
Total	8	1262,3			

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
0,02%	3	16,069	0,763	(9,929; 22,209)
0,04%	3	31,57	5,58	(25,43; 37,71)
0,06%	3	43,68	5,00	(37,54; 49,82)

Desv.Est. agrupada = 4,34613

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor N Media Agrupación

0,06%	3	43,68	A
0,04%	3	31,57	B
0,02%	3	16,069	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T ajustado	Valor p
0,04% - 0,02%	15,50	3,55	(4,61; 26,39)	4,37	0,011
0,06% - 0,02%	27,61	3,55	(16,72; 38,50)	7,78	0,001
0,06% - 0,04%	12,10	3,55	(1,21; 22,99)	3,41	0,033

Nivel de confianza individual = 97,80%

