



**Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

**Control de calidad de gel antibacterial
comercial**

TESINA

**Que para obtener el Título de
Licenciada en Ingeniería Química**

Presenta:

Dulce Gabriela Girón Morales

Directora de Tesis:

Dra. Eva Águila Almanza

Puebla, Pue. Septiembre 2023

**ING
QUÍMICA**



BUAP

Oficio No. FIQ/AC/117/2023
Asunto: Registro de Tema de Tesina

C. DULCE GABRIELA GIRÓN MORALES
PASANTE DE LA LICENCIATURA EN
INGENIERÍA QUÍMICA
P R E S E N T E:

Por medio del presente me permito informarle, de la aprobación del Registro de Tema de Tesina de la **Licenciatura en Ingeniería Química** cuyo título es el siguiente:

“Control de calidad de gel antibacterial comercial”

Con el siguiente contenido:

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1	ANTECEDENTES
CAPÍTULO 2	METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA

Directora de Tesina: Dra. Eva Águila Almanza.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente,
"Pensar Bien, Para Vivir Mejor"
H. Puebla de Zaragoza, 13 de junio de 2023

Dra. Valeria Jordana González Coronel
Secretaria Académica

C.c.p. Directora de Tesina: Dra. Eva Águila Almanza.
C.c.p. Archivo.

Facultad
de Ingeniería
Química

Av. San Claudio s/n, Col. San
Manuel, Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C. P. 72590
01 (222) 229 55 00
Exts. 7250 y 7251

CTAI01



**Benemérita Universidad
Autónoma de Puebla**
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



CIUDAD UNIVERSITARIA

Dra. Valeria Jordana González Coronel

**Secretaria Académica de la
Facultad de Ing. Química BUAP
Presente**

ASUNTO:

**AUTORIZACIÓN
IMPRESIÓN DE TESINA**

Por este conducto me permito presentar a Ud. al C. pasante de la carrera de Ingeniería Química

Dulce Gabriela Girón Morales

Quién presenta como tema de tesina:

Control de calidad de gel antibacterial comercial

La cual ha sido debidamente revisada y se autoriza para su impresión correspondiente.

Sin otro particular y para los fines que se estimen conducentes reitero mi distinción.

ATENTAMENTE

“Pensar Bien, para Vivir Mejor”

H. Puebla de Z., a 20 de junio de 2023

Director de Tesina
Dra. Eva Águila Almanza

Agradecimiento

Agradezco a mis padres por haberme brindado su apoyo incondicional de siempre, por su paciencia y confianza que me dieron cada día de mi vida universitaria, porque gracias a todos sus esfuerzos hoy culmino una profesión, una etapa de mi vida que me llenó de aprendizajes y lecciones; por enseñarme que, con esfuerzo, responsabilidad, perseverancia y confianza en mí misma todo es posible, y así poder cumplir las metas que me proponga. Gracias por creer siempre en mí a pesar de las dificultades que se presentaron.

A mi familia por estar cada día impulsándome a concluir esta etapa de mi vida, por su empatía, apoyo y consejos de perseguir mis sueños, por seguir mi sueño como si fuera el suyo. Gracias por todo.

A mi directora de tesina y docente de carrera, Dra. Eva Águila Almanza por su dedicación y orientación con relevante capacidad intelectual, en trabajar con enorme dedicación y paciencia de culminar este trabajo de investigación. Gracias por brindarme su apoyo en la etapa final y siempre llenarme de sus sabios conocimientos.

Dedicatoria

Dedico este trabajo fruto de mi esfuerzo y dedicación a los seres más importantes de mi existencia, mis padres.

A mi padre Francisco Girón Reyes por cuidar cada paso que doy en mi vida, por aconsejarme conforme iba creciendo, por enseñarme a diferenciar lo bueno de lo malo, por inculcarme grandes valores y conseguir todo en base a esfuerzo, por siempre estar a mi lado cuando más lo necesitaba, por contarme sus experiencias y hacer de ellas una guía en mi vida, por ser mi mentor en mi vida personal, por hacer de mí una persona fuerte y de carácter, por llenarme la vida de recuerdos y felicidad, por ser mi pilar fuerte y de confianza, por nunca haberme soltado, por amarme inmensamente hasta el último segundo, por ser uno de mis ángeles más preciados en el cielo. Te amo eternamente pa.

A mi madre Gabriela Morales Ortiz por ser la madre más valiente y decidida del mundo, por educarme con amor y alegría, por ser mi fuente de inspiración. Tu fortaleza y perseverancia han sido un ejemplo constante de lo que significa luchar por nuestros sueños. Tus enseñanzas y valores han sido la brújula que ha guiado mi camino. Eres la luz que me ha guiado en los momentos más oscuros, y quién me ha llenado de motivación para vivir al máximo otra vez. Este logro es un testimonio de tu amor, paciencia y sacrificio, espero que sepas cuánto te amo y admiro. Gracias por ser mi lugar seguro. Te amo mamá.

Nunca me cansaré de dar las gracias a mis padres, este y absolutamente todos mis logros son y serán siempre en su honor.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	1
1.1 SARS-CoV-2	2
1.2 GEL ANTIBACTERIAL	2
1.2.1 ORÍGEN Y DESARROLLO	3
1.3. VENTAJAS DE LA DESINFECCIÓN DE LAS MANOS CON PRODUCTOS A BASE DE ALCOHOL	4
1.4 CONTROL DE CALIDAD PARA DESINFECTANTES DE MANOS A BASE DE ALCOHOL	5
1.4.1 CONSECUENCIAS DEL USO DE GEL ANTIBACTERIAL NO REGLAMENTADO	7
1.4.2 CASOS SOBRE EL USO DE GEL ANTIBACTERIAL NO REGLAMENTADO	8
1.4.3 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE CONTROL DE CALIDAD	9
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA	11
2.1 PROCEDIMIENTO	12
2.2 ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO	13
2.3 REFRACTOMETRÍA	13
2.3.1. CURVA DE CALIBRACIÓN	13
CAPÍTULO 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
3.1 ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPIA DE IR	16
3.2 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN	20
CONCLUSIONES	23
BIBLIOGRAFÍA	25

RESUMEN

En el presente trabajo, se informa sobre el análisis químico realizado a un lote de 10 muestras de gel antibacterial ofrecidas en diferentes sitios comerciales para su venta al público en la ciudad de Tehuacán, Puebla. El primer estudio consistió en realizar su caracterización por espectroscopía de infrarrojo; se identificaron diferencias en la posición y número de las principales señales espectrales características del etanol, por lo que se comprobó la adulteración con metanol en tres de las muestras. En las muestras enriquecida con etanol, se observó diferencia en la intensidad de las señales y un ligero desplazamiento de las mismas, por lo que fue importante realizar un estudio por refractometría para calcular la concentración de etanol en los hidrogeles. Se determinó que de las 7 muestras de gel antibacterial, sólo 4 cumplen con las especificaciones sanitarias en la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-022-SE/SSA1-2021 que enuncia que debe ser superior al 75%; los tres restantes presentan entre 47 y 59% de etanol. Finalmente, puede concluirse que este análisis es suficiente para evaluar la calidad de productos comerciales, que, aunque carecen de información de su composición química, pueden ser de buena calidad y de seguridad para el consumidor.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el uso de geles hidroalcohólicos es reconocido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como una medida esencial para la higiene de manos, debido a la rápida y eficaz inactivación de una amplia gama de microorganismos potencialmente nocivos en las manos; por lo que además recomienda la producción local de formulaciones como una alternativa de uso contra productos costosos. Desafortunadamente, la producción y venta ilegal de gel a base de alcohol está asociada a su adulteración con metanol. La intoxicación por metanol se verifica en personas que consumen gel antibacterial adquirido en el mercado informal y/o productos antibacteriales que carecen de una etiqueta descriptiva de los ingredientes.

Ante esta problemática, el presente trabajo de tesina tiene como objetivo realizar el control de calidad en muestras de gel antibacterial comercial, a modo de verificar que el producto sea seguro y cumpla con las especificaciones de composición química. La investigación de esta problemática se realizó por el interés de analizar los productos en venta del mercado informal y de este modo comprobar la calidad, la eficacia microbiciada y salvaguardar la salud humana. El estudio se realizó en una serie de muestras de gel antibacterial adquiridas en diferentes sitios comerciales en la ciudad de Tehuacán, Puebla.

En el capítulo 1, se presentan antecedentes del gel antibacterial desde origen, producción, aplicación y normativa establecida por fuentes gubernamentales o políticas.

En el capítulo 2, se describe la metodología implementada en la investigación, así como la descripción de las técnicas de análisis empleadas para evaluar la calidad de las muestras de gel comercial.

En el capítulo 3, se incluyen los resultados obtenidos y su interpretación.

Este trabajo no solo determina un análisis químico de la calidad de gel antibacterial, sino que concientiza a los consumidores sobre el uso de productos no etiquetados o no reglamentados del mercado informal.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 SARS-CoV-2

En el mes de diciembre de 2019, un brote de casos de neumonía grave se inició en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei, China. La mayoría de los primeros casos correspondían a personas que trabajaban o frecuentaban el Huanan Seafood Wholesale Market, un mercado de comidas de mar, el cual también distribuía otros tipos de carne, incluyendo la de animales silvestres, tradicionalmente consumidos por la población local [1]. El virus del síndrome respiratorio agudo severo tipo 2 (SARS-CoV-2), causante de COVID-19, continuó propagándose a otros países asiáticos y posteriormente a otros continentes. En marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró la ocurrencia de la pandemia de COVID-19, exhortando a todos los países a tomar medidas de desinfección y confinamiento social. El SARS-CoV-2 puede transmitirse por contacto directo o indirecto con personas infectadas a través de las secreciones corporales. Los coronavirus humanos tienden a inactivarse en superficies en presencia de etanol al 62-71% [2]. Con este propósito, en nuestro país y en el mundo entero, es ampliamente utilizado el gel antibacterial, enriquecido con etanol como componente activo en un intervalo de concentración de 70 a 96%, que es el valor reglamentado por la Organización Mundial de la Salud [3,4].

1.2 GEL ANTIBACTERIAL

La desinfección de manos es considerada una medida de higiene personal desde hace siglos. Actualmente, se dispone de suficiente evidencia científica que demuestra que esta medida puede ayudar a reducir las infecciones de forma clínica sanitariamente significativa. Debido a esto, el uso de agentes químicos desinfectantes ha aumentado a través del tiempo; los geles a base alcohol han sido postulados como una excelente alternativa de uso para mejorar la higiene de las manos, dado que ha demostrado tener una buena eficiencia antimicrobiana, así como menos irritación y resequedad en la piel, debido a la adición de humectantes como glicerina en su fórmula. Se define el gel antibacterial como un producto semilíquido que tiene la propiedad de inactivar las formas de vida microbiana, erradicando o perdiendo el total de su viabilidad

1.2.1 ORÍGEN Y DESARROLLO

- **1966**

La creación de gel antibacterial se atribuye a Guadalupe Hernández, estudiante de enfermería en California, en el año de 1966 [5]. En la década de los 60's la mayoría de las partes de California eran agrícolas, muchas personas no tenían acceso al jabón por lo que Guadalupe Hernández decidió crear un producto que ayudara a estas comunidades indefensas. Por lo cual creo una solución con componente principal de alcohol etílico a más del 60%, que le dio el poder de eliminar el 99.9% de bacterias en manos en 30 segundos [6]. Después de un tiempo el gel fue utilizado en todos los hospitales de California hasta abarcar todo Estados Unidos debido al éxito.

- **1988**

Gojo fue fundada en 1946 por Goldie y Jerry Lippman. Durante la Segunda Guerra Mundial, Goldie trabajó como supervisora en una fábrica de caucho en Akron, Ohio, que fabricaba balsas salvavidas y otros productos. Al final de cada turno Goldie observó que a los trabajadores les resultaba difícil limpiarse el grafito y el negro de humo de las manos y recurrían a sumergir los dedos en productos químicos agresivos como el queroseno y el benceno, debido a esto, Goldie y Jerry decidieron trabajar con un profesor de química de la Universidad Estatal de Kent para desarrollar el primer limpiador de manos de Gojo. Fue hasta 1988 cuando Gojo inventó lo que se convertiría en su producto más exitoso: Purell, un limpiador de manos sin agua a base de alcohol etílico. En 2002, los Centros para el Control y la prevención de Enfermedades al revisar una cantidad significativa de estudios de resultados clínicos de sus pautas para la higiene de manos de entornos de atención médica, convirtieron a los desinfectantes de manos de base alcohol en la primera medida de higiene de manos, así que, el producto se convirtió en el desinfectante de manos favorito de Estados Unidos [7].

- **2009**

El gel antibacterial es un producto que cobró popularidad tras la pandemia de la influenza AH1N1 en 2009. Se volvió común el uso de dispensadores de gel antibacterial en escuelas, tiendas comerciales y lugares públicos. Además,

muchas empresas comenzaron a fabricar sus propias versiones de gel antibacterial [8].

- **2020**

Con base en lo que se conoce hasta el momento acerca del SARS-CoV-2, la propagación de este virus sucede con mayor frecuencia entre contactos cercanos de persona a persona. El análisis del impacto de las intervenciones de higiene de manos para reducir las enfermedades infecciosas en las comunidades es considerada como una medida efectiva de intervención para las amenazas pandémicas de la salud pública, como la influenza porcina AH1N1 y COVID-19 o enfermedades infecciosas gastrointestinales [9, 10]. Hasta ahora, la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos ha aprobado desinfectantes para el uso contra COVID-19 que contienen los siguientes ingredientes [11, 12]:

- Alcohol etílico o isopropílico
- Peróxido de hidrógeno
- Ácido láctico
- Timol

1.3. VENTAJAS DE LA DESINFECCIÓN DE LAS MANOS CON PRODUCTOS A BASE DE ALCOHOL

El etanol es comúnmente utilizado en lugares públicos de todo el mundo para desinfectar las manos. Su actividad viricida es más fuerte y amplia a comparación del isopropanol [13]. El etanol al 80 % es muy eficaz contra 21 virus. El norovirus murino y el adenovirus tipo 5 generalmente se inactivan con etanol entre el 70 % y el 90 % en 30 s, mientras que el poliovirus tipo 1 a menudo resulta ser demasiado resistente, excepto para el etanol al 95 %. Es poco probable que el etanol al 80% sea lo suficientemente eficaz contra el poliovirus, el calicivirus (FCV), el poliomavirus, el virus de la hepatitis A (VHA) y el virus de la fiebre aftosa (FMDV). Sin embargo, el espectro de actividad **viricida** del etanol al 95% cubre la mayoría de los virus clínicamente relevantes [14].

La OMS recomienda usar desinfectante a base alcohol por las siguientes razones:

- Su actividad microbicida es rápida y de amplio espectro. Además, de tener un riesgo menor de generar resistencia a los agentes antimicrobianos.
- Es accesible en lugares públicos, apartados o limitados de agua potable o instalaciones para la higiene de manos.
- Fomenta una mayor frecuencia en la higiene de manos, ya que es más rápido, más conveniente e inmediatamente accesible.
- Reduce al mínimo el riesgo de efectos adversos, debido a que es más seguro, más aceptable y mejor tolerado que otros productos.

Teniendo control en la concentración de etanol en el gel antibacterial, podemos aumentar la efectividad de desinfección y reducir los efectos adversos que produce sobre la piel (piel áspera). Por lo tanto, la calidad del gel antibacterial es de suma importancia, para garantizar una efectividad contra la eliminación del virus SARS-CoV-2 y cuidado de la salud.

El IMSS refiere a usar gel antibacterial para combatir el virus SARS-CoV-2 con concentración de alcohol etílico al 70%, aunque la OMS refiere a una concentración de alcohol etílico del 60% al 80% [15].

1.4 CONTROL DE CALIDAD PARA DESINFECTANTES DE MANOS A BASE DE ALCOHOL

Una de las recomendaciones preventivas de las autoridades sanitarias nacionales e internacionales para evitar la propagación del virus SARS-CoV-2, ha sido el uso de desinfectantes para manos a base de alcohol, por lo que este tipo de productos han proliferado en el mercado formal e informal. Simultáneamente a su uso, las agencias sanitarias del mundo han señalado deficiencias en la calidad de desinfectantes de manos, como la presencia de metanol, que los convierte en un riesgo para la salud por su naturaleza tóxica; en otros casos por la ineficiencia del producto al no contener las concentraciones reglamentadas.

Por lo anterior, la “**NORMA Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-022-SE/SSA1-2021, Especificaciones generales para antisépticos tópicos a base de alcohol etílico o isopropílico- Información comercial y sanitaria**” publicada el 5 de abril de 2021 en el Diario Oficial de la Federación, establece los requisitos y las especificaciones sanitarias y comerciales que deben cumplir

los procesos de preparación, mezclado, producción y distribución de los antisépticos tópicos a base de alcohol etílico o isopropílico o sus mezclas, en gel o solución y señala los métodos de prueba para la verificación de las mismas. Esta Norma Oficial Mexicana de Emergencia es de observancia obligatoria para todos los establecimientos dedicados a la fabricación, importación y distribución de tópicos a base de alcohol etílico o isopropílico o sus mezclas, en gel o solución, destinados a ser comercializados en el territorio nacional (DOF, 2021).

Dado que la efectividad de los antisépticos a base de alcohol, en contra de los coronavirus, depende de un tiempo mínimo de exposición de 30 segundos, la norma también señala leyendas necesarias para su uso adecuado, así como leyendas precautorias, o de índole comercial necesarias para dar la mayor información sobre los antisépticos tópicos a base de alcohol etílico o isopropílico o sus mezclas de ellos, en gel o solución. En la Tabla 1 se encuentran las especificaciones sanitarias que deben cumplir los productos denominados gel antiséptico tópico a base de alcohol etílico o isopropílico o sus mezclas, tal y como se establece en la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-022-SE/SSA1-2021.

Tabla1. Especificaciones sanitarias de gel antiséptico tópico

Determinación	Especificación
Gel antiséptico tópico a base de alcohol etílico, isopropílico o sus mezclas	
Aspecto	Gel homogéneo límpido o ligeramente opalescente, de olor característico a alcohol, de consistencia fluida y libre de elementos extraños.
Residuos pegajosos	El cuadro de papel no se adhiere a la palma de la mano.
Contenido neto	Cumple con los requisitos.
Contenido de alcohol etílico	El porcentaje de alcohol etílico de 75% v/v +/- 5%.
Metanol	No mayor a 0.63 mg por mililitro.

Determinación de la actividad antimicrobiana	Cumple con la prueba al estar en contacto durante 30 s.
Viscosidad	La muestra debe presentar una viscosidad no menor a 3000 cPs.
Resistencia al impacto del envase primario	El envase primario no se rompe ni presenta fugas por deformación.

1.4.1 CONSECUENCIAS DEL USO DE GEL ANTIBACTERIAL NO REGLAMENTADO

La producción de gel antibacterial en tiempos de pandemia por COVID-19 creció y con ello, los productos que el consumidor adquiere para cuidarse podrían poner en riesgo su salud si estos no revisan la etiqueta del producto o en efecto el producto no contiene una etiqueta. La población podría exponerse a usar gel con concentraciones no reglamentadas o con alguna sustancia tóxica como el metanol.

A diferencia del etanol, esta sustancia no tiene olor, por lo que, si el producto de gel antibacterial no tiene olor a etanol, no es recomendable usarlo, aunque existe la posibilidad de que contenga una mezcla para darle el olor que identificamos. En México hay mercados informales que adulteran el alcohol de gel antibacterial y lo sustituyen por metanol para tener ganancias más altas; siendo más económico en su producción [16]. En septiembre de 2020, COFEPRIS emitió una alerta por geles desinfectantes nocivos para la salud, los cuales contienen metanol. El envenenamiento por metanol puede ocurrir a través de la absorción o ingestión de la piel, los efectos de uso son:

Por inhalación: Irritación de mucosas nasales y oculares, asfixia, vértigo, tos, dolor de cabeza, náuseas, vómito, convulsiones e inconsciencia.

Por ingerir: disturbios visuales, dolor abdominal, diarrea, coma, paro respiratorio, ceguera, convulsiones, muerte.

Hacer uso de gel antibacterial con concentraciones de etanol fuera de los límites reglamentados, por ejemplo, diluidos, no garantiza una eficacia de inhibición contra el virus. COFEPRIS recomienda adquirir solo productos etiquetados,

destacando que no debe adquirirse productos en el mercado informal o comercial.

1.4.2 CASOS SOBRE EL USO DE GEL ANTIBACTERIAL NO REGLAMENTADO

Durante el tiempo de pandemia por SARS-CoV-2, se han realizado diversos estudios de análisis químico de gel antibacterial nacional, los cuáles demostraron que algunos estaban diluidos con agua y otros usaban metanol.

- Peligrosa moda de beberse el gel antibacterial para emborracharse

La BBC NEWS Mundo en 2016 anunció que, en los países de Suecia, Inglaterra y Estados Unidos, cierta parte de la población consumieron el gel antibacterial para embriagarse y terminaron en la sala de urgencias, consumiendo botellas pequeñas de gel antibacterial con concentración de etanol probablemente de hasta 90%.

El farmacéutico Gaylord López, director del Centro toxicológico de Georgia, al observar los datos que presentaron los 55 centros de toxicología del país, concluyó que la moda de ingerir gel antibacterial para emborracharse comenzó a partir de 2010 en la emergencia sanitaria por el virus de la influenza H1N1 [17].

- Estados Unidos alerta de posible intoxicación por usar gel antibacterial hecho en México

La Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) alertó sobre todos los desinfectantes para manos a base de alcohol que vienen de México, con la intención de proteger a los consumidores de sustancias potencialmente peligrosas como metanol. La agencia encontró una gran cantidad de desinfectantes para manos con etiquetas que indican contenido de etanol, pero que dieron positivo a metanol. Las pruebas de la agencia encontraron que 84% de las muestras no cumplían con las regulaciones y que más de la mitad contenían ingredientes tóxicos a niveles peligrosos [18].

- Mueren tres reos de San Miguel por emborracharse con gel antibacterial y Coca-Cola

La Dirección de Centro Penitenciarios de Puebla confirmó el 26 de junio de 2020 la muerte de tres reos en el penal de San Miguel al embriagarse con gel

antibacterial y coca-cola. Al parecer, el gel antibacterial colocado dentro del penal contenía otros químicos. Debido a la intoxicación, perdieron la vida antes de ser atendidos en algún hospital [19].

- Suman 4 muertes por ingerir gel antibacterial con metanol en Estados Unidos

Los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) indicó que entre el 1 de mayo y el 30 de junio de 2020 se registraron 15 casos de intoxicación por ingerir gel antibacterial que contenía metanol, 4 de ellos murieron y 3 presentan una discapacidad visual. La FDA tiene una lista de más de 50 marcas de gel antibacterial de origen mexicano con ingredientes tóxicos [20].

1.4.3 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE CONTROL DE CALIDAD

- Espectroscopia de infrarrojo

En la elaboración de gel antibacterial, la espectroscopia infrarroja, un tipo de espectroscopia vibracional, mide la absorción de radiación infrarroja por parte de una muestra y proporciona información sobre los grupos funcionales presentes. Para esto, se emplea una radiación de luz monocromática (IR) que se hace incidir sobre la muestra, creando una interacción luz-materia. Cuando se analiza una muestra mediante espectroscopía IR, se producirá absorción de la radiación si la vibración activada modifica el momento dipolar de la molécula, es decir, es necesario que varíe el momento dipolar permanente con respecto al correspondiente modo normal de vibración. En la zona de grupo funcional del espectro infrarrojo medio, se suelen observar una serie de frecuencias de vibración entre dos átomos de la molécula, estas vibraciones derivan de grupos funcionales. La asignación de las frecuencias de vibración molecular en la zona de huella dactilar es difícil de realizar, debido a que cada una de ellas está generada por frecuencias de vibración individuales sumadas (multiplicidad de frecuencias de vibración) [21].

Por lo tanto, la espectroscopia de infrarrojo puede aplicarse para la identificación de moléculas en gel antibacterial.

- Refractometría

La refractometría es una técnica de análisis empleada para determinar el índice de refracción de una sustancia. El índice de refracción se define como la relación de la velocidad de la luz en un espacio vacío en relación a la velocidad de la luz a través de una sustancia, es dependiente de la concentración y es característico de cada sustancia en particular. Un resultado de esta propiedad es que la luz se desviará, o cambiará de dirección, cuando viaja a través de una sustancia de diferente índice de refracción. Esto es llamado REFRACCIÓN.

Los refractómetros son instrumentos de medición, en los que éste fenómeno de la refracción de la luz se pone en práctica, éstos se basan en el principio por el cual, cuando aumenta la densidad de una sustancia el índice de refracción aumenta proporcionalmente.

El refractómetro mide el índice de refracción de la muestra cuando la luz blanca (natural) pasa a través del prisma de iluminación e incide sobre la muestra, creando una interacción luz-materia. De este modo, en la muestra entra la luz en una dirección y experimenta una refracción que proporciona el índice de refracción de esta [21].

Por lo tanto, la refractometría es una técnica analítica utilizada para llevar un control de calidad de sustancias.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1 PROCEDIMIENTO

La metodología que se verificó para el análisis químico de las muestras se presenta en el Figura 1.

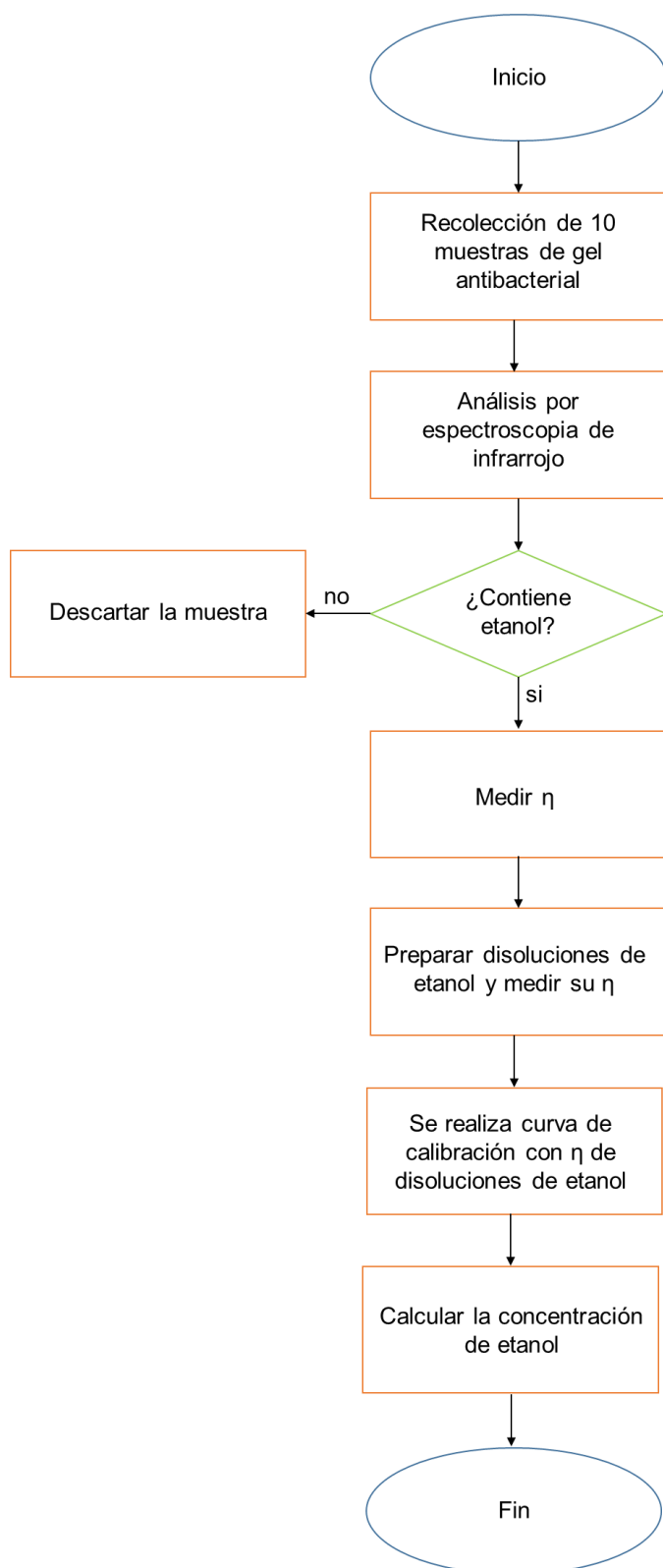


Figura 1. Proceso de análisis químico en las muestras comerciales.

Se recolectaron 10 muestras de gel antibacterial comercial en diferentes establecimientos ubicados en la ciudad de Tehuacán, Puebla. Los análisis de infrarrojo y refractometría, se realizaron en el laboratorio de Análisis Instrumental de la Facultad de Ingeniería Química, BUAP.

2.2 ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO

El análisis de infrarrojo se realizó en un espectrofotómetro Perkin Elmer con Transformada de Fourier (FTIR) y accesorio de reflectancia total atenuada (ATR). Se utilizaron 2mL de cada uno de los hidrogeles para la obtención de los espectros de absorción, el barrido se realizó en la región del infrarrojo medio ($4000-600\text{ cm}^{-1}$) a una velocidad de 4 scan/min. Adicionalmente, se obtuvo el espectro FTIR de una muestra de etanol grado analítico (96%) para la discriminación de los resultados.

2.3 REFRACTOMETRÍA

Para el análisis por refractometría se utilizó un refractómetro monocromático digital Abbé, LCD 0-95% Brix y monócula de laboratorio 1.300-1.700 ND. Se realiza la lectura del índice de refracción (n) por triplicado, a cada una de las muestras de hidrogel que presentaron la evidencia de etanol en su composición y de las disoluciones de etanol para la determinación de la concentración de etanol en las muestras problema, a partir del ajuste de los datos mediante la regresión lineal por método de mínimos cuadrados.

2.3.1. CURVA DE CALIBRACIÓN

La curva de calibración se obtiene por el método de los mínimos cuadrados que supone una relación lineal entre el índice de refracción y la concentración de etanol; la relación matemática se llama modelo de regresión, representado por la ecuación:

$$y = mx + b$$

Donde b es la ordenada al origen o intersección con el eje y , esto decir, el valor de y cuando x es cero y m es la pendiente de la recta. La concentración de etanol se calcula a partir de la ecuación de ajuste, y así poder determinar que muestra

de gel antibacterial cumple intervalo reglamentado con el control de calidad establecido.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y

DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPIA DE IR

Se obtuvo el espectro de infrarrojo del etanol grado analítico, para tener el patrón estándar de comparación con los espectros de los hidrogeles a analizar y así poder identificar la presencia de las bandas de absorción características de los grupos funcionales de etanol en la región del IR medio. En la Figura 2, se muestran las bandas de absorción de los grupos funcionales O-H, C-H, C-C y C-O, propios de la molécula del etanol; el intervalo de frecuencias las frecuencias de vibración de estos grupos se pueden identificar en la Tabla 2.

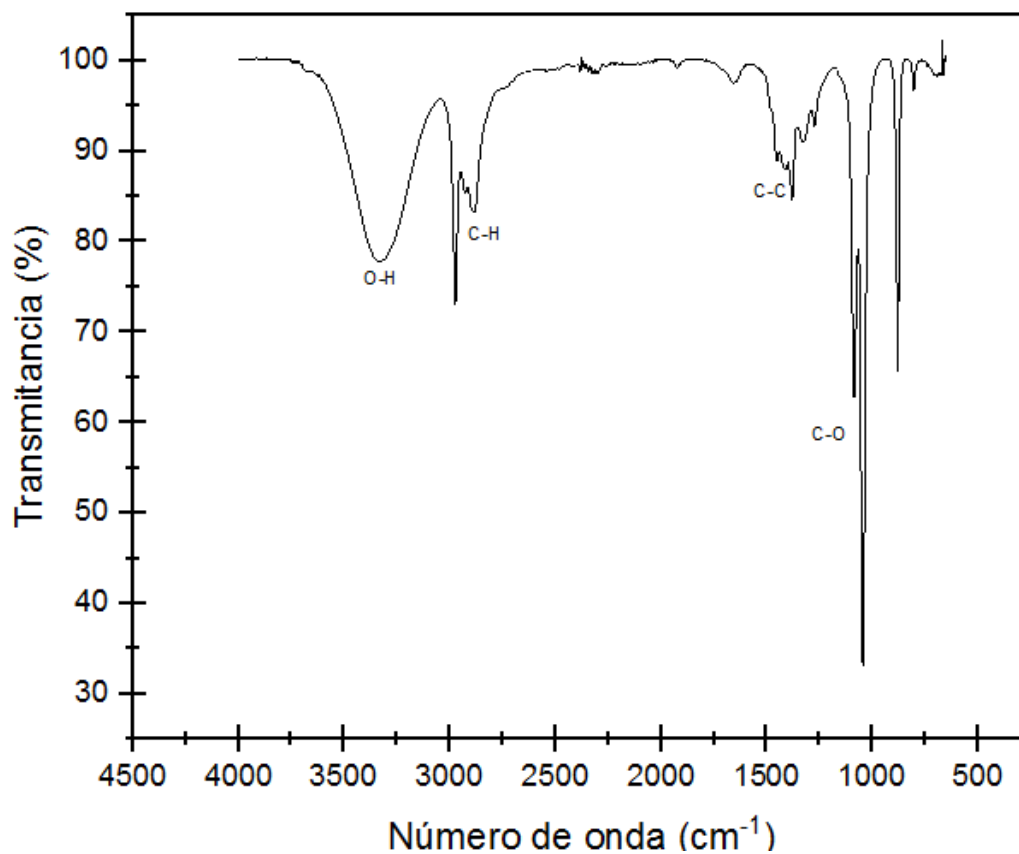


Figura 2. Espectro de infrarrojo de etanol (96% de pureza).

Tabla 2. Correlación de frecuencias de vibración en grupos funcionales [21].

Enlace	Tipo de compuesto	Frecuencias, cm^{-1}	Intensidad
C—H	Alcanos	2850–2970 1340–1470	Fuerte Fuerte
C—H	Alquenos (>C=C<H)	3010–3095 675–995	Media Fuerte
C—H	Alquinos ($\text{—C}\equiv\text{C—H}$)	3300	Fuerte
C—H	Anillos aromáticos	3010–3100 690–900	Media Fuerte
O—H	Alcoholes monoméricos, fenoles	3590–3650	Variable
	Alcoholes con puentes de hidrógeno, fenoles	3200–3600	Variable, a veces amplia
	Ácidos carboxílicos monoméricos	3500–3650	Media
	Ácidos carboxílicos con puentes de hidrógeno	2500–2700	Amplia
N—H	Aminas, amidas	3300–3500	Media
C=C	Alquenos	1610–1680	Variable
C=C	Anillos aromáticos	1500–1600	Variable
C≡C	Alquinos	2100–2260	Variable
C—N	Aminas, amidas	1180–1360	Fuerte
C≡N	Nitrilos	2210–2280	Fuerte
C—O	Alcoholes, éteres, ácidos carboxílicos, ésteres	1050–1300	Fuerte
C=O	Aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres	1690–1760	Fuerte
NO ₂	Compuestos nitro	1500–1570 1300–1370	Fuerte Fuerte

El estiramiento múltiple del enlace C-C representativo de alcanos no conjugados se ubica en la región de 1680-1620 cm^{-1} [22], como se observa en la Figura 2. En cada una de las 10 muestras comerciales de gel antibacterial, se realizaron 4 escaneos; se encontró que las muestras M2, M7 y M10 mostraron diferencias espectrales con respecto al patrón de referencia del etanol puro por lo que se descartan para su posterior análisis por refractometría. En la Figura 3, se presenta el espectro de absorción de la muestra 2 donde se observan únicamente las señales de las vibraciones de tensión del grupo O-H, no se identifican las bandas de absorción del enlace C-H de la cadena hidrocarbonada del etanol, por lo que es posible que el hidrogel no lo contenga en su formulación y/o que su concentración sea mínima. En las muestras 7 y 10 (Figuras 4 y 5), los espectros presentan un ligero corrimiento de la banda del enlace C-O, desplazada a frecuencias mayores que en los alcoholes primarios; esto es debido a la posible adulteración con metanol o algún otro aditivo como colorante o aromatizante.

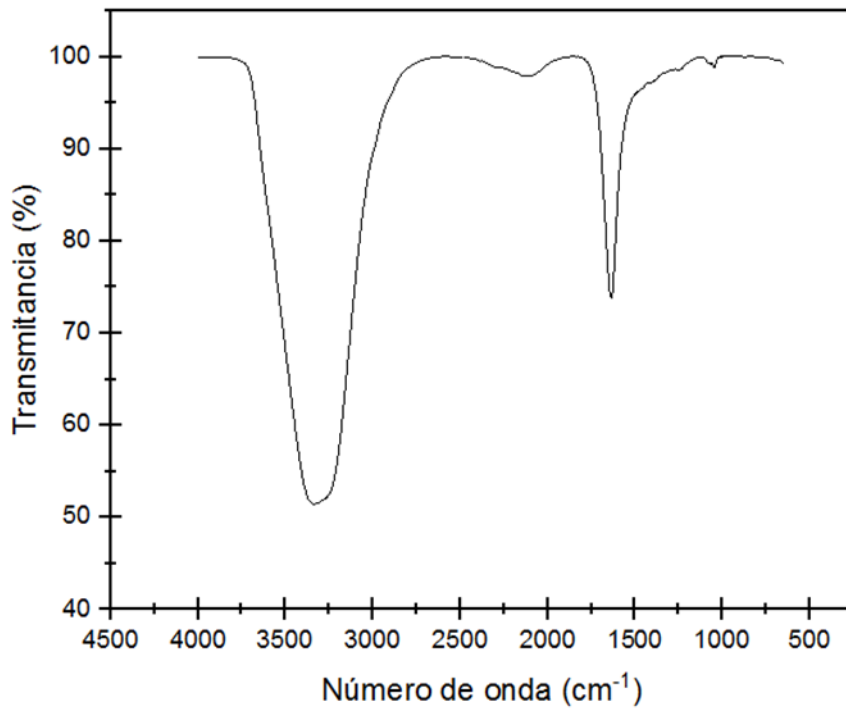


Figura 3. Espectro FTIR de M2.

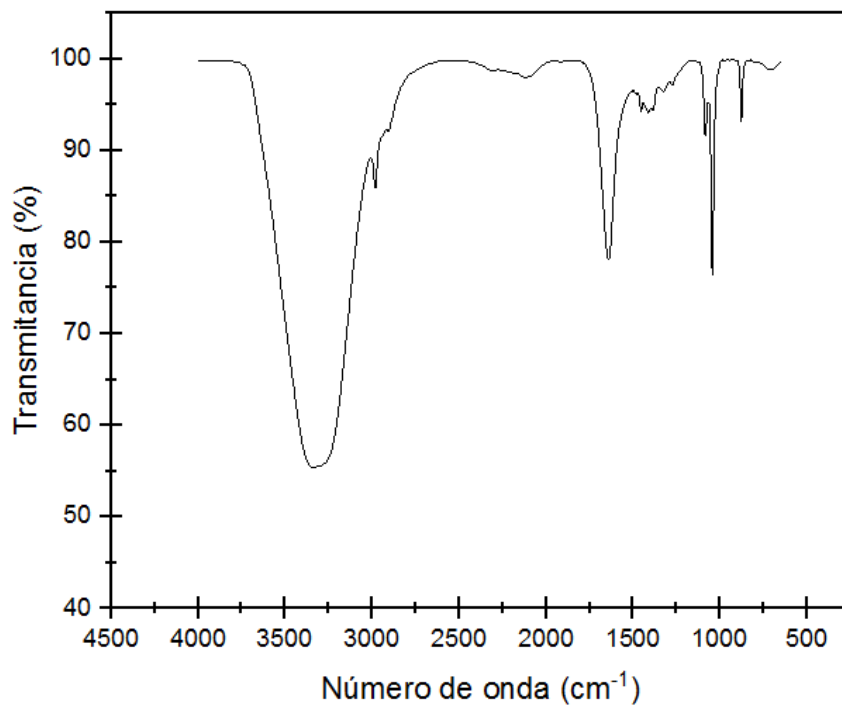


Figura 4. Espectro FTIR de M7.

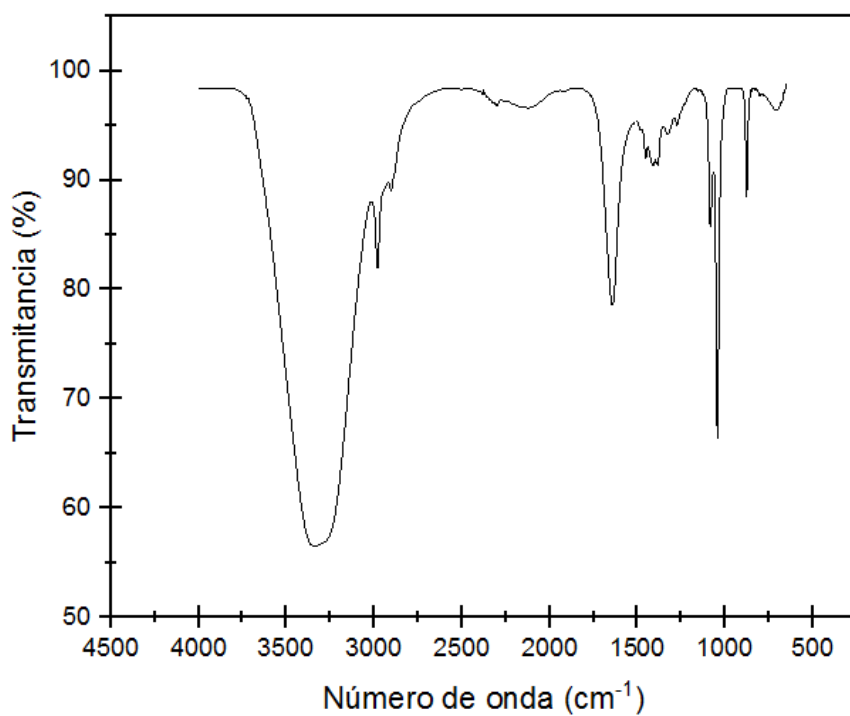


Figura 5. Espectro FTIR de M10.

En la Figura 6, se presentan los espectros de las muestras que tienen una correlación del 98% con respecto al etanol puro.

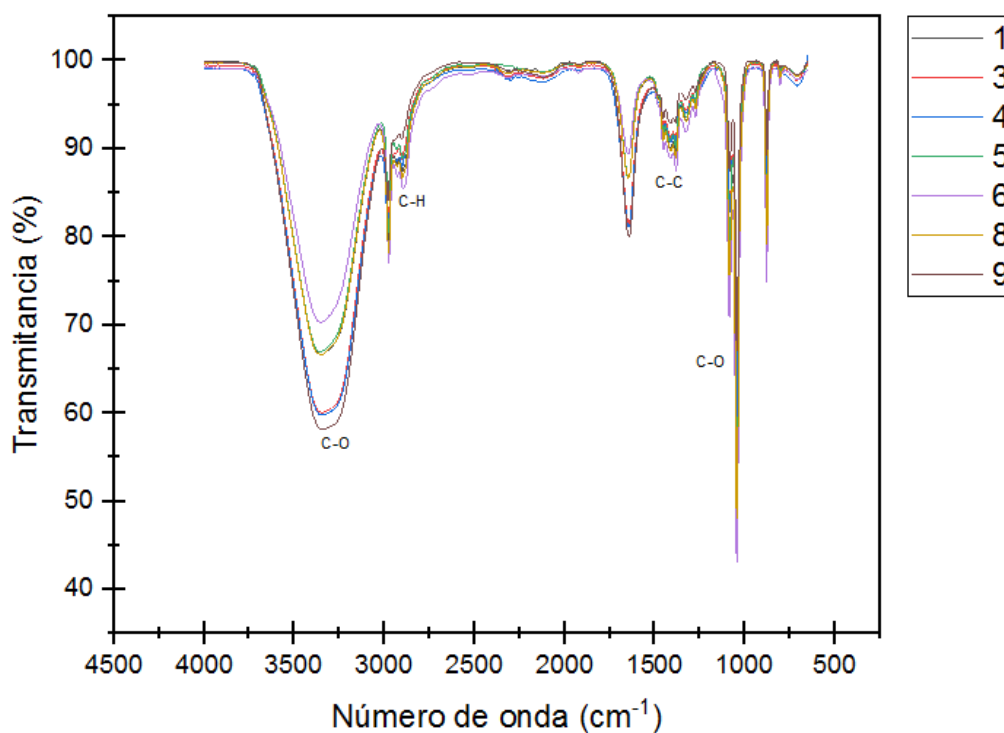


Figura 6. Espectro FTIR de las muestras con etanol.

En los espectros FTIR de las muestras 1, 3, 4, 5, 6, 8 y 9 se pueden apreciar las bandas de absorción características de la molécula de etanol. Se observa una diferencia en la intensidad de las señales menor al 10%; puede ser debido a una menor concentración de etanol o a la presencia de aditivos en las formulaciones como colorantes, aromatizantes, emulsificantes, o humectantes como la glicerina que interfieren en las vibraciones atómicas más representativas. El impedimento estérico también es un factor a considerar en los pequeños desplazamientos que se identifican en las señales del espectro. Lo más importante es que en la región de la huella dactilar ($1500-400\text{cm}^{-1}$) se distinguen picos agudos y bandas bien resueltas que permiten determinar con seguridad la identidad de la molécula de etanol; estas señales corresponden a movimientos de flexión y torsión que no presentan otros alcoholes como el metanol y alcohol isopropílico.

3.2 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN

El índice de refracción " n " de cada una de las muestras de gel antibacterial se determinó por triplicado; en la Tabla 3 se reporta el n promedio de las disoluciones estándar de diferente concentración de etanol.

Tabla 3. Índices de refracción de muestras de soluciones estándar

C (% etanol)	n
50	1.331
60	1.341
70	1.349
80	1.356
90	1.365
96	1.373

Con los datos de índice de refracción obtenidos, se elabora la curva de calibración de la Figura 7. Se realiza el ajuste de los datos para obtener la ecuación que describe mejor el comportamiento de estos.

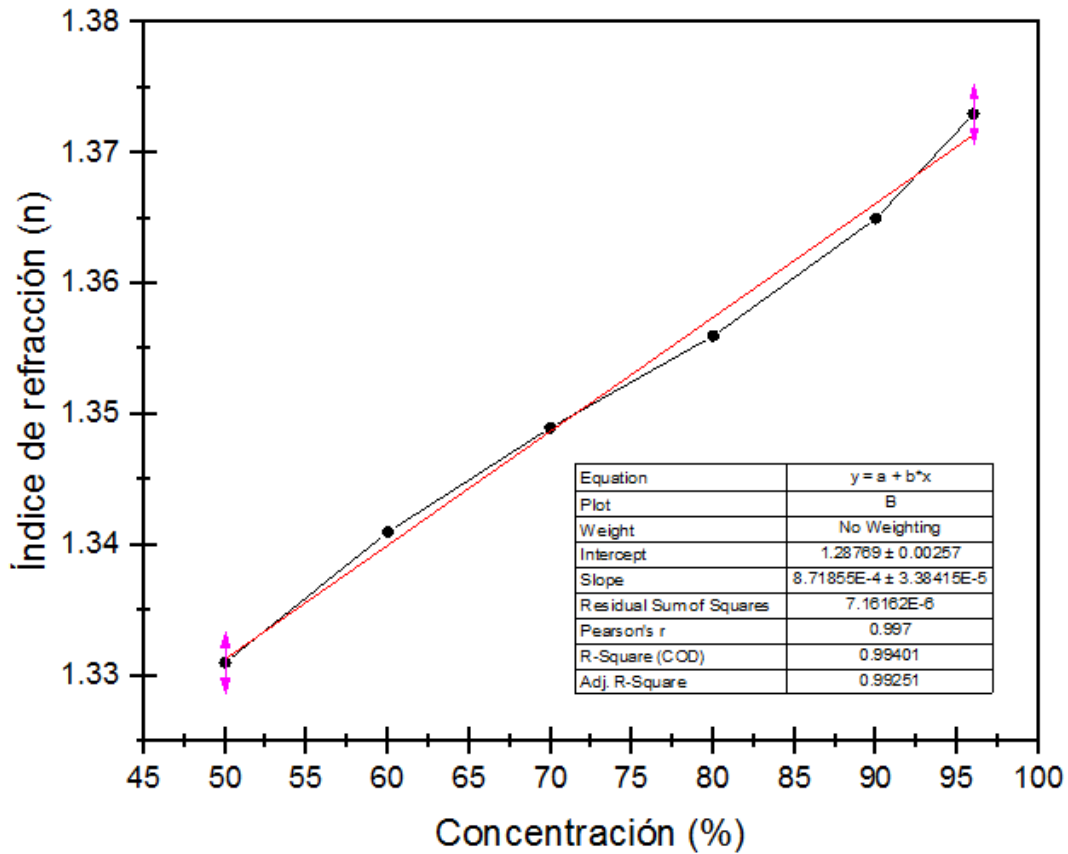


Figura 7. Curva de calibración.

Del ajuste de datos, se obtiene la ecuación que corresponde a una línea recta con tendencia de incremento lineal:

$$y = 0.000871855x + 1.28769$$

Despejando x de la ecuación de ajuste de datos, se obtiene la concentración de etanol en las muestras de hidrogel y se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de índice de refracción y concentración de etanol.

Muestra	n	C etanol (%V)
1	1.3294	47.8405
2	NA	NA
3	1.3362	55.6399
4	1.3394	59.3103
5	1.3556	77.8913
6	1.3491	70.4360
7	NA	NA
8	1.3402	60.2279
9	1.3483	69.5184
10	NA	NA

Las muestras 1, 3 y 4 presentan una concentración de etanol por debajo del 60% siendo el límite inferior establecido por la OMS. Además, de no cumplir con las especificaciones sanitarias en la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-022-SE/SSA1-2021. Sin embargo, las muestras 5 y 8 cumplen con lo reglamentado por la OMS y las muestras 6 y 9 cumplen con lo determinado en la Norma Oficial Mexicana. Finalmente, 4 muestras de gel antibacterial permanecen dentro de lo reglamentado por instituciones políticas y garantizan la inhibición del SARS-Cov-2, además de salvaguardar la salud humana.

CONCLUSIONES

Con los estudios realizados en 10 muestras de gel antibacterial obtenidas en distintos sitios comerciales de la ciudad de Tehuacán, Puebla fue posible identificar que tres de ellas, no cumplieron con los criterios de calidad reglamentados por el IMSS, la OMS y la norma mexicana NOM-EM-022-SE/SSA1-2021, para ser expuestos a la venta con dominio público. Factores como la baja concentración de etanol, la presencia de aditivos como colorantes, aromatizantes, emulsificantes e incluso la adulteración con metanol, contribuyen a que los hidrogeles no sean considerados como productos de calidad.

Con el presente trabajo de análisis, se demuestra que el mercado informal elabora productos de importante toxicidad para el ser humano, por lo que se recomienda a las autoridades municipales y gubernamentales, implementar un protocolo control de calidad en los productos que se ofrecen en el mercado informal.

Se debe exigir como consumidor que los productos presenten etiquetas de calidad, certificadas por alguna instancia autorizada que certifique la composición de las mercancías para evitar situaciones de intoxicación e incluso la muerte.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Orígenes del virus SARS-CoV-2. (s/f). Who.int. Recuperado el 1 de junio de 2023, de <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/origins-of-the-virus>
- [2] León Molina, J., & Abad-Corpa, E. (2021). Disinfectants and antiseptics facing coronavirus: synthesis of evidence and recommendations. *Enfermería clínica*, 31, S84–S88. <https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2020.05.013>
- [3] Mundial, L. O. (s/f). GUÍA PARA LA ELABORACIÓN A NIVEL LOCAL: FORMULACIONES RECOMENDADAS POR LA OMS PARA LA DESINFECCIÓN DE LAS MANOS. Gob.mx. Recuperado el 2 de diciembre de 2022, de https://www.pediatrica.gob.mx/archivos/burbuja/guia_elabo.pdf
- [4] World health organization model list of essential medicines. (s/f). Who.int. Recuperado el 1 de diciembre de 2022, de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/325771/WHO-MVP-EMP-IAU-2019.06-eng.pdf?ua=1>
- [5] Linares, V. (2020, March 18). Lupe Hernandez, la mujer que inventó el alcohol en gel. RFI. <https://www.rfi.fr/es/salud/20200318-lupe-hernandez-la-mujer-que-invent%C3%B3-el-alcohol-en-gel>
- [6] de Ciencia, P. S., & Innovación, T. e. (2022, May 31). ¿Sabés quién inventó el gel antibacterial? SI San Juan. <https://sisanjuan.gob.ar/ciencia-tecnologia-e-innovacion/2022-05-31/41320-quien-invento-el-gel-antibacterial>
- [7] GOJO US: History. (s/f). Gojo.com. Recuperado el 4 de junio de 2023, de <https://www.gojo.com/en/About-GOJO/History>
- [8] Reynoso, C. A. (2009). Influenza A (H1N1) and measures adopted by health authorities. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-050X2010000100004

- [9] LA IMPORTANCIA DE LA DESINFECCIÓN. (s/f). Medicaline.es.
Recuperado el 1 de diciembre de 2022, de
<https://medicaline.es/mdicaline-la-importancia-desinfeccion/>
- [10] Lavarse las manos: por qué es importante. (n.d.). Kidshealth.org. Retrieved
December 7, 2022, from
<https://kidshealth.org/es/teens/handwashing.html>
- [11] Aiello, A. E., Coulborn, R. M., Perez, V., & Larson, E. L. (2008). Effect of
hand hygiene on infectious disease risk in the community setting: a
meta-analysis. *American Journal of Public Health*, 98(8), 1372–1381.
<https://doi.org/10.2105/AJPH.2007.124610>
- [12] Elizabeth. (2020, abril 13). Desinfectantes más seguros en estos tiempos
de coronavirus. Women’s Voices for the Earth.
[https://womensvoices.org/2020/04/13/desinfectantes-mas-seguros-en-
estos-tiempos-de-coronavirus/](https://womensvoices.org/2020/04/13/desinfectantes-mas-seguros-en-estos-tiempos-de-coronavirus/)
- [13] Kramer, A., Rudolph, P., Kampf, G., & Pittet, D. (2002). Limited efficacy of
alcohol-based hand gels. *Lancet*, 359(9316), 1489–1490.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)08426-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)08426-X)
- [14] Kampf, G. (2018). Efficacy of ethanol against viruses in hand
disinfection. *The Journal of Hospital Infection*, 98(4), 331–338.
<https://doi.org/10.1016/j.jhin.2017.08.025>
- [15] Procuraduría Federal del Consumidor. (n.d.). Gel antibacterial. Una
alternativa a la mano. Gob.Mx. Retrieved December 7, 2022, from
[https://www.gob.mx/profeco/articulos/gel-antibacterial-una-alternativa-a-
la-mano?idiom=es](https://www.gob.mx/profeco/articulos/gel-antibacterial-una-alternativa-a-la-mano?idiom=es)
- [16] Alertan: usan metanol en gel antibacterial. (2021, March 22). Gaceta
UNAM. [https://www.gaceta.unam.mx/alertan-usan-metanol-en-gel-
antibacterial/](https://www.gaceta.unam.mx/alertan-usan-metanol-en-gel-antibacterial/)

- [17] BBC News Mundo. (2016, marzo 3). La peligrosa moda de beberse el gel antibacterial para emborracharse. BBC.
https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160229_tomarse_gel_antibacterial_alcohol_peligro_ps
- [18] Carrillo, M. (2021, enero 27). EU alerta de posible intoxicación por usar gel antibacterial hecho en México. Proceso.
<https://www.proceso.com.mx/internacional/2021/1/27/eu-alerta-de-posible-intoxicacion-por-usar-gel-antibacterial-hecho-en-mexico-257101.html>
- [19] Periódico Central. (2023, junio 6). Mueren tres reos de San Miguel por emborracharse con gel antibacterial y Coca-Cola®. Periódico Central.
<https://www.periodicocentral.mx/2020/pagina-negra/tragedias/item/13658-mueren-tres-reos-de-san-miguel-por-emborracharse-con-gel-antibacterial-y-coca-cola/amp>
- [20] Vive, U. S. A. (2020, agosto 6). Suman 4 muertes por ingerir gel antibacterial con metanol en EU. Vive USA. <https://www.viveusa.mx/bienestar/suman-4-muertes-por-ingerir-gel-antibacterial-con-metanol-en-eu/?outputType=amp>
- [21] A. Skoog, J. H. & R. C. (2007). Principios de análisis instrumental. CENGAGE Learning.
- [22] J. R. Dyer, (2020). Aplicaciones de espectroscopia de absorción en compuestos orgánicos. Prentice/Hall International.