

# Desarrollo de líquido con base en limón para eliminar tinta de hojas de papel

Flores Ramos, Laura Gabriela

2023

---

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5710>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# Desarrollo de líquido con base en limón para eliminar tinta de hojas de papel

Flores Ramos Laura Gabriela (segundo semestre en Ingeniería de Negocios)<sup>1</sup>, Ronquillo Chevalier Renata (segundo semestre en Ingeniería de Negocios)<sup>1</sup>, Acosta Ávila David André (tercer semestre en Ingeniería en Sistemas Computacionales)<sup>1</sup>, García Pérez Juan Pablo (tercer semestre en Ingeniería Química)<sup>1</sup>, Calvillo Cerón Carlos Aurelio (tercer semestre en Ingeniería Química)<sup>1</sup>, López Molina María Guadalupe (profesora responsable)<sup>1</sup>, Jaramillo Bañuelos José David (profesor asesor)<sup>1</sup>, Atristain Suárez Gabriel. (profesor asesor)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

## Resumen

La tala de árboles y la deforestación causados por la fabricación del papel constituye el 40% de la madera usada, convirtiéndola en uno de los principales contaminantes a nivel global. En respuesta a lo anterior, es indispensable la búsqueda de soluciones que ayuden a reducir la tala de árboles, ya que favorece al ahorro de agua y energía empleados en la fabricación del papel y el empleo de productos químicos para su adecuación.

En el ámbito escolar el papel es uno de los principales suministros usados y que más basura al año escolar genera, usando alrededor de mil doscientos setenta y seis hojas de papel por estudiante, para que posteriormente muchos de estos trabajos escritos terminen siendo desechados, aumentando no solo la contaminación excesiva por papel, sino también intensificando la demanda de este suministro.

El proyecto consistió en diseñar un líquido con base en limón que permita eliminar la tinta de bolígrafo de las hojas de papel y probarlo en un grupo muestra de estudiantes de la Universidad Iberoamericana Puebla, con el fin de poder dar un segundo o hasta más usos a las hojas de papel y contribuir a la reducción de contaminación generada por las mismas en el contexto universitario de la Ibero Puebla.

De la mano con el diseño del líquido, se llevó a cabo una investigación acerca de la tinta de bolígrafo, el proceso de elaboración de las hojas de papel y propiedades del limón, para encontrar la forma más adecuada de realizar el líquido borrador de tinta.

**Palabras clave:** Ácido cítrico del limón, hojas de papel, tinta de bolígrafo.

**\*Autor Corresponsal:** lauragabriela.flores@iberopuebla.mx

## Introducción

En el contexto académico el uso de papel es muy recurrente y en grandes cantidades, por todos los trámites y documentos de los estudiantes, así como los papeles para la administración de las instituciones, tareas, trabajos escritos, libretas, entre muchos otros.

La fabricación de papel es una de las actividades industriales con mayor impacto sobre el medio ambiente. Su proceso de fabricación, distribución y consumo supone una sobreexplotación de los recursos naturales y es nocivo para la naturaleza.

Los materiales a base de papel se fabrican presionando fibras de celulosa en una hoja, que luego se seca. La fuente más común de fibras de celulosa utilizadas para fabricar materiales a base de papel es la pulpa de madera. Sin embargo, también se utilizan algodón, cáñamo y lino. De igual manera, todo este proceso crea una gran contaminación. [1]

La investigación incluso ha demostrado que, por cada kilogramo de papel producido, se emiten aproximadamente 3,3 kilogramos de dióxido de carbono. [1]

Anteriormente, se han buscado alternativas para abordar este problema, como el reciclaje de papel, que reduce la cantidad de árboles que se deben talar para fabricar papel, aunque sigue siendo un cantidad mínima de árboles por cada tonelada de papel y cartón reciclado. Siendo un proceso no tan efectivo, ya que continua la gran cantidad de tala de árboles.

Al ser uno de los principales suministros, el papel es uno de los que más basura al año escolar genera, siendo así que se usan alrededor de mil doscientos setenta y seis hojas de papel por estudiante, para que posteriormente estos terminen en la basura aumentando la generación e intensificando la demanda de las hojas de papel. [2]

Por ejemplo, para el alumno es importante tomar apuntes en las libretas, porque sirven durante el tiempo que estén en la asignatura y tal vez para dos o tres cursos más adelante, pero la gran mayoría de veces estas libretas y tareas quedan obsoletas y son desechadas.

El uso excesivo de papel en el contexto universitario también puede generar costos innecesarios, como la compra de grandes cantidades de papel y la inversión en impresoras y otros equipos. Esto puede tener un impacto negativo en la economía de la universidad y, en última instancia, en los gastos de los estudiantes.

Por lo anterior, es indispensable buscar nuevas alternativas para reutilizar las hojas de papel, procurar el poco desperdicio de ellas y reducir su uso. Este ámbito puede ser una medida importante para fomentar prácticas más sostenibles y eficientes.

Este proyecto parte de la idea de diseñar un líquido con base en cítrico de limón para eliminar la tinta de bolígrafo de las hojas de papel.

Para poder realizar el líquido para eliminar la tinta de las hojas de papel es indispensable conocer los componentes químicos que tiene la tinta de los bolígrafos y que elementos

del cítrico de limón son los que pueden hacer posible el borrar la tinta de bolígrafo.

La tinta de bolígrafo es un componente químico elaborado con resinas químicas y vinílicas. La composición de la tinta de bolígrafo puede variar dependiendo del tipo y la marca del bolígrafo, pero en general, las tintas de bolígrafo están compuestas por pigmentos, solventes, resinas y aditivos. [3] Los pigmentos son los componentes que dan color a la tinta y están suspendidos en el solvente, que es el componente líquido que transporta los pigmentos y ayuda a que la tinta fluya suavemente sobre el papel. Las resinas son polímeros que ayudan a que la tinta se adhiera al papel y eviten que se desvanezca o se corra con el tiempo. Por último, los aditivos pueden incluir antioxidantes, lubricantes y otros compuestos que mejoran la estabilidad y la calidad de la tinta. [3]

El ácido cítrico del limón es un desinfectante y potencia la acción de la vitamina C, esta composición del ácido cítrico que combina la vitamina C y sustancias fotoquímicas, lo convierte en un antioxidante poderoso. [4]

Por lo anterior, su uso es muy recurrente en la fabricación de productos de limpieza, productos de cuidado personal y como ingrediente en algunos productos farmacéuticos.

Los cítricos contienen ácido cítrico y otros ácidos orgánicos, como ácido ascórbico (vitamina C), que son los componentes responsables de su capacidad para borrar la tinta de bolígrafo. Estos ácidos son capaces de disolver y debilitar los componentes de la tinta, lo que permite que puedan ser eliminados del papel. [4]

Además, los cítricos también contienen aceites esenciales, como el limoneno, que pueden actuar como solventes. Estos aceites pueden ser particularmente efectivos para eliminar la tinta de bolígrafos con base en aceite. [4]

El diseño de un líquido borrador de tinta de bolígrafo puede parecer algo insignificante a simple vista, pero en realidad puede tener un gran impacto en la concientización del uso eficiente y responsable de las hojas de papel. Al utilizar un borrador de tinta en lugar de desechar una hoja de papel debido a un error de escritura o encontrar obsoleto su contenido, se puede reducir la cantidad de papel utilizado en la universidad, lo que a su vez puede ayudar a reducir la cantidad de residuos generados.

Además, este proyecto, puede promover una cultura de uso responsable de los recursos naturales y contribuir a la preservación del medio ambiente.

En resumen, el diseño de un líquido borrador de tinta de bolígrafo puede parecer un pequeño detalle, pero su impacto puede ser significativo en la concientización del uso responsable de los recursos naturales y la reducción de la cantidad de residuos generados en la universidad.

Es responsabilidad de todos los miembros de la comunidad universitaria adoptar estas prácticas y trabajar juntos para construir un futuro más sostenible.

## Metodología

### *El limón como eliminador de tinta de bolígrafo*

El limón es conocido por sus numerosos beneficios para la salud, como su capacidad para ayudar en la digestión, mejorar la piel y el cabello, y fortalecer el sistema inmunológico. Pero, además de estos beneficios, el limón

también se ha utilizado como remedio para eliminar la tinta de lapicero de las hojas de papel.

La tinta de lapicero es una sustancia que a menudo deja manchas difíciles de eliminar de las hojas de papel. Afortunadamente, el limón es un remedio natural que puede ayudar a eliminar estas manchas. Esto se debe a sus propiedades ácidas, aclarantes y disolventes naturales.

En primer lugar, el limón es ácido debido a su contenido en ácido cítrico. Este ácido es un ácido suave, pero lo suficientemente potente como para disolver la tinta de lapicero. Cuando se aplica sobre la mancha de tinta, el ácido cítrico del limón trabaja para disolver la tinta, lo que facilita su eliminación de la hoja de papel. [5]

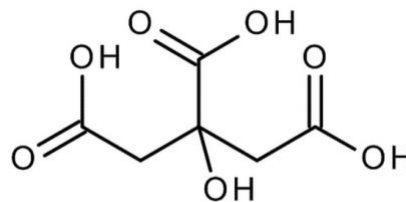


Fig 1. Estructura molecular del ácido cítrico.

El ácido cítrico, es un ácido orgánico tricarbóxico que está presente en el limón. Su fórmula química es:



Donde; C: es carbono, H: es hidrógeno y O: es oxígeno.

La acidez del ácido cítrico del limón es debida a los tres grupos carboxilos que pueden perder un protón en las soluciones. Si sucede esto, se produce un ion citrato. Los citratos son unos buenos controladores del pH de soluciones ácidas. [5]

Los iones citrato forman sales llamadas citratos con muchos iones metálicos, el citrato de calcio a temperatura ambiente y el ácido cítrico que es un polvo cristalino blanco. Puede existir en una forma anhidra (sin agua), o como monohidrato que contenga una molécula de agua por cada molécula de ácido cítrico. [5]

El ácido cítrico del limón actúa como disolvente natural ya que puede romper los enlaces químicos en la tinta, lo que la hace más fácil de eliminar de la hoja de papel. Esta propiedad disolvente del limón hace que sea efectivo en la eliminación de manchas de tinta de lapicero en diferentes tipos de papel.

### *Diseño Experimental*

Para poder llevar a cabo dicho proceso químico es necesario conocer que es la destilación y para qué sirve, ya que en la elaboración del líquido dicho proceso es indispensable para llevarse a cabo.

La destilación es un proceso de separación de componentes de una mezcla líquida o vaporizada, basado en la diferencia de volatilidad o punto de ebullición de los componentes. [6] Permite separar mezclas, comúnmente líquidas, de sustancias que tienen distintos puntos de ebullición. Cuanto mayor sea la diferencia entre los puntos de ebullición de las sustancias de la mezcla, más eficaz será la separación de sus

componentes; es decir, los componentes se obtendrán con un mayor grado de pureza.

La técnica consiste en calentar la mezcla hasta que ésta entra en ebullición. En este momento los vapores en equilibrio con el líquido se enriquecen en el componente de la mezcla más volátil (el de menor punto de ebullición). [6]

La destilación se utiliza en muchos campos, desde la producción de bebidas alcohólicas hasta la purificación de productos químicos en la industria.

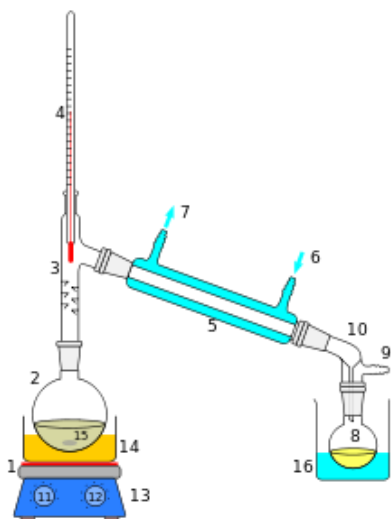


Fig 2. Proceso de destilación del ácido cítrico.

El objetivo principal de este proceso de destilación para el proyecto es separar la mezcla del jugo de limón aprovechando sus diferentes volatilidades para extraer el ácido cítrico de este.

A continuación, se describe el proceso de destilación simple, que se llevó a cabo dentro de las instalaciones de uno de los laboratorios de la Universidad Iberoamericana Puebla, que se ocupó para dicho proyecto:

Se colocó el jugo de el limón en un matraz de destilación y se conectó a un tubo refrigerante verticalmente en la salida del matraz.

El matraz se calentó gradualmente con una fuente de calor, en este caso una parrilla. El componente de la mezcla que tuvo el punto de ebullición más bajo se evaporará primero.

Los vapores producidos pasaron a través del tubo refrigerante, que está rodeado por un líquido refrigerante, como agua fría, lo que provocó la condensación del vapor.

La fracción líquida condensada, que contenía el líquido del limón con menor punto de ebullición, se recogió en un recipiente separado llamado vaso colector.



Fig 3. Proceso de destilación dentro del laboratorio

El proceso continuó hasta que se evaporó todo el componente de menor punto de ebullición o hasta que se alcanzó la temperatura de ebullición del componente siguiente.

La fracción líquida del jugo del limón que quedó en el matraz, que contiene los componentes de punto de ebullición más alto, se denomina residuo en este caso es el extracto del ácido cítrico.

Por último, este líquido fue depositado en dos goteros para poder facilitar su uso.



Fig 4. Líquido para eliminar la tinta de bolígrafo

#### *Elección de muestra para probar el líquido*

El proyecto se desarrolló dentro de las instalaciones de la Universidad Iberoamericana Puebla.

Se probó la funcionalidad del líquido con sesenta y cinco alumnos seleccionados que estudian una ingeniería dentro de la Universidad Iberoamericana Puebla, para realizar la prueba del líquido.

El cálculo del tamaño de muestra se realizó tomando en cuenta que hasta el periodo Primavera 2023 hay mil ciento once alumnos estudiando una ingeniería dentro de la Universidad Iberoamericana Puebla, lo anterior se tomó como el tamaño de la población. Además del margen de error y la puntuación  $z$  que es la cantidad de desviaciones estándar, en el caso de este proyecto fue con un margen de error del 10% y una puntuación  $z$  de 1.65.

La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$\text{Tamaño de muestra} = \frac{\frac{z^2 p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 p(1-p)}{e^2 N}\right)} \quad (2)$$

$N$  = tamaño de la población •  $e$  = margen de error (porcentaje expresado con decimales) •  $z$  = puntuación  $z$

La elección de una muestra representativa y diversa es esencial para garantizar que el borrador de tinta pueda ser utilizado en diferentes contextos y situaciones. Además, es importante realizar pruebas exhaustivas y repetidas para garantizar la confiabilidad de los resultados y la consistencia del rendimiento del borrador de tinta en diferentes muestras. En última instancia, la elección adecuada de la muestra y las pruebas rigurosas son fundamentales para garantizar la calidad del líquido borrador de tinta de bolígrafo y su capacidad para fomentar una cultura de uso responsable de los recursos naturales y la reducción de residuos en el entorno universitario y más allá.

## Resultados y discusiones

Se realizaron las pruebas de funcionalidad del 17 al 24 de abril, en un horario de 12:00 a las 15:00 hrs para encontrar más disponibilidad de los estudiantes de las diferentes Ingenierías, tomando en cuenta la elección del tamaño de muestra, se realizaron las sesenta y cinco entrevistas a los estudiantes.

Las entrevistas se llevaron a cabo en el Instituto de Diseño e Innovación Tecnológica (IDIT) dentro de la Universidad Iberoamericana Puebla, donde se preguntó a cada alumno a qué ingeniería pertenecen y, a continuación, se les indicó que escribieran algo en una hoja de papel o de sus propias libretas y con sus propios bolígrafos, después se probó el líquido para comprobar si es que eliminaba la tinta del lapicero.

Las participaciones de las distintas ingenierías se muestran en la siguiente gráfica:

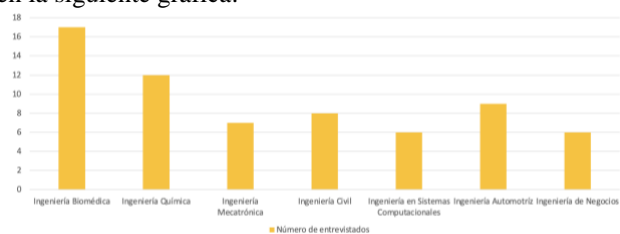


Fig 5. Participación de cada ingeniería.

Aunque las entrevistas fueron realizadas dentro de un espacio muy amplio dentro de la Universidad Iberoamericana Puebla, se puede mostrar que se realizaron más entrevistas a estudiantes de Ingeniería Biomédica, seguidos por los estudiantes de Ingeniería Química.

En cuanto a los resultados de las pruebas del líquido, los resultados arrojaron los siguientes datos:

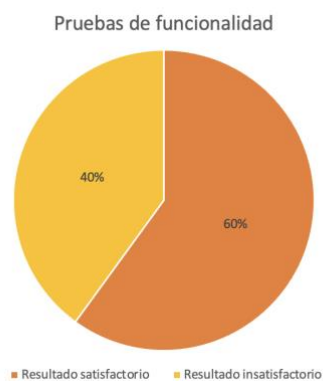


Fig 6. Resultados de pruebas de funcionalidad.

El líquido funcionó para treinta y nueve de los sesenta y cinco participantes en las pruebas, siendo este el sesenta por ciento del total.

El equipo llegó a la conclusión de que fueron varios los factores que terminaron afectando para que el líquido no funcionara.

Por ejemplo, se observó que la tinta no funciona en hojas recicladas, ya que las hojas son mucho más delgadas y el líquido hace que se desintegren, en cambio, con hojas de libretas de mayor gramaje el líquido funcionó mejor.

Fueron siete los casos en los que se mostró esta particularidad, cinco de estas personas mencionaron que tenían libretas hechas con hojas de papel recicladas y otras dos probaron el líquido con hojas que ellos mismo habían elaborado.

Las hojas recicladas suelen contener fibras de papel de diferentes tamaños y calidades, lo que puede dificultar la absorción del líquido eliminador de tinta y su capacidad para eliminar la tinta por completo. Además, los procesos de reciclaje del papel pueden introducir impurezas y residuos que pueden afectar la capacidad del líquido eliminador de tinta para actuar eficazmente. [1]

Otro de los factores fue el uso de distintas marcas de lapiceros, la tinta funcionó con algunas marcas de lapiceros y con otras no resultó efectiva.

En los nueve casos que se presentó este inconveniente los entrevistados ocuparon bolígrafos de gel para hacer la prueba. Cuando se aplicó el líquido a las hojas de papel la tinta de bolígrafo de gel solo se esparció por toda la hoja.



Fig 7. Pruebas con bolígrafo de gel

El líquido eliminador de tinta de bolígrafo con base en cítrico de limón puede ser efectivo para eliminar la tinta de bolígrafo común a base de agua, pero podría no funcionar con la tinta de bolígrafo de gel debido a su composición química. La tinta de bolígrafo de gel contiene pigmentos de color suspendidos en un polímero de gel, que es una sustancia viscosa que hace que la tinta se adhiera firmemente al papel. Además, la tinta de gel también contiene otros aditivos químicos para lograr diferentes propiedades, como la resistencia al agua y la luz. [3]

También está el factor de la cantidad del líquido aplicada, ya que al poner una cantidad mayor a una gota, en lugar de ayudar a eliminar la tinta de bolígrafo terminaba empeorando la mancha o desintegrar el papel.

Esta condición apareció en los cinco caso restantes, los entrevistados agregaron más de una gota del líquido eliminador de tinta y en cuatro de los casos se desintegró el papel y en el último solo se obtuvo que se corriera la tinta.

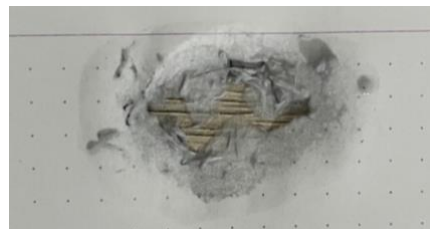


Fig 8. Pruebas con exceso de líquido a una gota

Agregar más de una gota de líquido eliminador de tinta de bolígrafo con base en cítrico de limón puede desintegrar las

hojas de papel debido a la alta acidez del limón. El limón contiene ácido cítrico que puede debilitar y descomponer la celulosa que forma la estructura de las hojas de papel. Al debilitarse, las hojas pueden perder su integridad estructural, lo que a su vez puede provocar su rotura o desintegración. [1]

Además, el uso excesivo de líquido eliminador de tinta de bolígrafo también puede saturar las hojas de papel y hacer que se ablanden, lo que puede aumentar su susceptibilidad a la rotura y la desintegración.

El líquido tuvo una fecha de caducidad, ya que después de realizar una última prueba independiente, el equipo llegó a la conclusión de que el líquido solo funcionaba hasta tres días después de haberlo elaborado, ya que después el ácido cítrico perdía potencia.

Aunque el limón es un ingrediente natural y seguro, contiene ácido cítrico, que puede descomponerse con el tiempo y la exposición al aire y la luz. Además, la presencia de otros ingredientes en la formulación ocupada, pueden tener una vida útil limitada y pueden perder su eficacia con el tiempo. La caducidad del líquido eliminador de tinta de bolígrafo con base en cítrico de limón puede afectar su capacidad para eliminar la tinta de manera efectiva, lo que puede resultar en la necesidad de usar más líquido o incluso en la inutilización del producto.

A continuación se muestra la gráfica con las fallas y la cantidad de fallas en cada tipo:

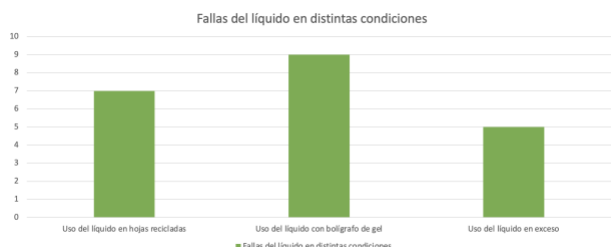


Fig 9. Fallas del líquido en distintas condiciones

## Conclusiones, perspectivas y recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos, el uso del ácido cítrico del limón mostró propiedades químicas aptas para la eliminación de la tinta de bolígrafo de las hojas de papel, ya que actuó como un poderoso solvente contra los componentes de la tinta de lapicero, lo que hizo que se eliminara.

Gracias a las pruebas realizadas se concluye que se obtuvo un mejor rendimiento cuando las pruebas se hicieron con papel de mayor gramaje, cuando la tinta de los bolígrafos contenía menos pigmentos, cuando la cantidad de líquido era la correcta y cuando el líquido no tuviera mayor tiempo a tres días desde su elaboración.

El equipo considera que se puede mejorar la fórmula del líquido de cítrico de limón para maximizar sus componentes y que este tenga una mayor duración y potencia.

Para lo anterior sería importante destacar que para ampliar el estudio de la metodología propuesta sería necesario realizar más pruebas dentro del laboratorio, probar ácidos cítricos de otras frutas, probar distintos procesos para obtener el mayor ácido cítrico y analizar otras condiciones y variables. Como consecuencia, se podrían alcanzar mayores resultados de su efectividad en distintas condiciones.

Para finalizar, todo el proyecto presentado se enfocó en la sustentabilidad y la calidad de vida para lograr integrar una visión amplia sobre cómo construir un futuro sustentable y sobre el sistema socio-ambiental universitario que parte de una premisa básica: que el bienestar presente y futuro se encuentra vinculado a una biosfera sana y al comportamiento ético de la humanidad y contribuir a la construcción del mismo

## Referencias

- [1]. FAO and UNEP. (2020). **El estado de los bosques del mundo 2020**. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (IG, Roma)*. <https://www.fao.org/3/ca8642es/ca8642es.pdf>. (Activo Marzo de 2023)
- [2]. Fernández, M. J., García V. y Parma, A. (2019). **Análisis ambiental de la movilidad y el consumo de papel en los estudiantes universitarios**. *Universidad Nacional de Misiones, 2019*. <https://www.redalyc.org/journal/3579/357963491004/html/>. (Activo Marzo de 2023).
- [3]. Magdassi, S. (2019). **The Chemistry of Inkjet Inks**. *World Scientific, 2009*. (Activo Marzo de 2023).
- [4]. Rizaldy, D., Insanu, M., Sabila, N., Haniffadli, A., Azkia, A., Ednoliani, S., Nurul, S., Hartati, R. y Fidrianny, I. (2022). **Lemon (Citrus limon L.): Antioxidative Activity and Its Marker Compound**. *Biointerface Research in Applied Chemistry, 2022*. <https://biointerfaceresearch.com/wp-content/uploads/2022/01/BRIAC131.021.pdf>. (Activo Marzo de 2023).
- [5]. National Center for Biotechnology Information. (2023). **PubChem Compound Summary for CID 311, Citric Acid**. *National Center for Biotechnology Information (IG, Estados Unidos)*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Citric-Acid>. (Activo Marzo de 2023)
- [6]. Couper, J., Penney, W., Walas, S. y Fair, J. (2009). **Chemical Process Equipment - Selection and Design (Revised 2nd Edition)**. *Gulf Professional Publishing, 2009*. (Activo Marzo de 2023).
- [7]. Stichlmair, J., Klein, H. y Rehfeldt, S. (2014). **Distillation: Principles and Practice (English Edition)**. *Wiley-AIChE, 2014*. (Activo Marzo de 2023).