



Universidad Nacional

**SAN LUIS GONZAGA**



## [Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA  
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA  
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD



CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título de **Informe final de tesis** es:

**Rendimiento e identificación del ácido cítrico obtenido por el método Scheele a partir de *Citrus lemon* en Ica Perú 2021.**

Presentado por:


**IPANAQUE ARONI, MARINA SOLANGE**

De la Facultad de **FARMACIA Y BIOQUÍMICA**. El resultado obtenido es **16%** por el cual se otorga el calificativo de:

**APROBADO**, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 15 de Agosto de 2023

  
.....  
Dra. JOSEFA BERTHA PARI OLARTE  
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION  
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**Facultad de Farmacia y Bioquímica**



**Título**

**Rendimiento e identificación del ácido cítrico obtenido  
por el método Scheele a partir de *Citrus lemon* en Ica  
Perú 2021**

**Línea de Investigación**

**Salud Pública y Conservación del Medio Ambiente**

**INFORME FINAL DE TESIS**

**AUTOR:**

**Bach. MARINA SOLANGE IPANAQUE ARONI**

**Ica – Perú**

**2023**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis padres, quienes me han apoyado para lograr mis metas profesionales, por estar siempre alentándome a ser perseverante y constante con mis estudios.

A todas aquellas personas que de alguna u otra manera han contribuido en el logro de mis objetivos. Con sus alientos y ánimos de no rendirme a pesar de los obstáculos.

Dedicado con demasiado amor a mi abuela Marina, que en paz descanse, que siempre desde el cielo me guió y cuidó con ese amor que imagino siempre tuvo para nosotras (mi hermanita y yo).

A mi amado hijo, por convertirse en la razón y fortaleza de mi entrega y perseverancia para estar hoy acá sustentando mi tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por otorgarme la maravillosa familia que tengo, ellos son los que siempre han creído en mí, dándome el ejemplo de superación y sacrificio, a siempre valorar lo que tengo. Mis padres, quienes siempre están fomentándome el deseo de superación y triunfo en mi vida. También deseo agradecer a mi amado compañero de vida, gracias por su paciencia y apoyo en estos últimos meses de desarrollo del presente trabajo de investigación.

Un agradecimiento muy especial a quien EPD el Q.F. Alfredo Jiménez Pasache, con quien inicié este proyecto, también quien me inculcó las ganas por querer aprender y demostrar que los químicos farmacéuticos de nuestra alma mater, somos capaces de desarrollar la obtención de productos químicos orgánicos a partir de la USP, en nuestros propios laboratorios, con algunas pequeñas variaciones.

A mi asesor, el Dr. Juan Palomino, por todas sus pautas, conocimientos e importante guía en la realización del presente trabajo de investigación.

A mi facultad de Farmacia y Bioquímica y mis queridos docentes, por todas sus enseñanzas, consejos, y demás conocimientos, mi entera gratitud hacia ellos.

## ÍNDICE

|   |      |
|---|------|
| ÍNDICE.....   | iv   |
| Índice de Tablas.....   | v    |
| Índice de Figuras .....                                       | vi   |
| RESUMEN .....   | vii  |
| ABSTRACT .....  | viii |
| I INTRODUCCIÓN.....   | 9    |
| 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....              | 10   |
| 1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....                     | 12   |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....      | 13   |
| 1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN .....                        | 15   |
| 1.5 MARCO TEÓRICO.....  | 15   |
| 1.5.1 Limón ( <i>Citrus lemon</i> ) .....                     | 16   |
| 1.5.2 ACIDO CÍTRICO.....                                      | 21   |
| II ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....                               | 25   |
| 2.1 Tipo de Investigación. ....                               | 25   |
| 2.2 Nivel de Investigación .....                              | 25   |
| 2.3 Diseño de Investigación:.....                             | 25   |
| 2.4 Hipótesis y variables de la investigación.....            | 25   |
| 2.5 Población, muestra y muestro. ....                        | 26   |
| 2.6 Técnicas de recolección de muestras.....                  | 27   |
| 2.7 Técnicas y procedimiento de tratamiento de muestras ..... | 27   |
| Caracterización del ácido cítrico. (Según la USP). ....       | 28   |
| 2.8 Técnicas de procesamiento de la información. ....         | 29   |
| 2.9 Aspectos éticos .....                                     | 29   |
| III RESULTADOS .....  | 30   |
| 3.1 De la obtención del ácido cítrico.....                    | 30   |
| 3.2 Caracterización del ácido cítrico obtenido.....           | 40   |
| IV DISCUSIÓN.....   | 41   |
| V CONCLUSIONES .....  | 44   |
| VI RECOMENDACIONES .....                                      | 45   |
| VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                          | 46   |
| VIII. ANEXOS.....   | 49   |

## Índice de Tablas

|                |    |
|----------------|----|
| Tabla 1 .....  | 20 |
| Tabla 2 .....  | 30 |
| Tabla 3 .....  | 31 |
| Tabla 4 .....  | 31 |
| Tabla 5 .....  | 32 |
| Tabla 6 .....  | 32 |
| Tabla 7 .....  | 33 |
| Tabla 8 .....  | 33 |
| Tabla 9 .....  | 34 |
| Tabla 10 ..... | 35 |
| Tabla 11 ..... | 35 |
| Tabla 12 ..... | 36 |
| Tabla 13 ..... | 36 |
| Tabla 14 ..... | 38 |
| Tabla 15 ..... | 38 |
| Tabla 16 ..... | 39 |
| Tabla 17 ..... | 40 |
| Tabla 18 ..... | 40 |

## Índice de Figuras

|               |    |
|---------------|----|
| Figura 1..... | 19 |
| Figura 2..... | 21 |
| Figura 3..... | 37 |

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue obtener ácido cítrico a nivel de laboratorio a partir del jugo de limón mediante el método de Scheele. El estudio implica la descripción del proceso o Método Scheele y el efecto de la temperatura en la obtención del ácido cítrico. Los datos fueron recogidos de la observación de los fenómenos fisicoquímicos que se suscitaron en la ejecución del método en condiciones de laboratorio, aplicando principios que implican reacciones químicas del tipo ácido base, formación de precipitados, extracción y secado de la sal orgánica insoluble en el medio acuoso, transformación del precipitado en ácido cítrico, cristalización y secado hasta porcentaje de humedad constante, con demostración de que el producto obtenido es ácido cítrico. El método se realizó a temperaturas de 40°C y 60°C. Al producto obtenido se le realizaron análisis de identificación y cuantificación según la Farmacopea USP 43, tales como humedad, residuo de ignición, identificación del ion citrato, valoración y ensayos de impurezas más notables como presencia de oxalatos; en la cuantificación por valoración del producto se determinó un 98% de pureza y el cumplimiento de las características indicadas en la farmacopea. Como resultado de la variación en la temperatura se tuvo un ligero aumento del rendimiento realizando el proceso a 60 °C que a 40 °C, el análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre ambas temperaturas, permitiéndonos concluir que el método es adecuado y eficiente.

Palabras Clave: Método Scheele – Ácido cítrico – Jugo de limón

## ABSTRACT

The objective of the present research was to obtain citric acid at the laboratory level from lemon juice using the Scheele method. The study involves the description of the Scheele method or process and the effect of temperature on the production of citric acid. The data were collected through the observation of physicochemical phenomena that occurred during the execution of the method under laboratory conditions, applying principles that involve acid-base chemical reactions, formation of precipitates, extraction and drying of the insoluble organic salt in the aqueous medium, transformation of the precipitate into citric acid, crystallization, and drying until a constant moisture percentage, with a demonstration that the obtained product is citric acid. The method was conducted at temperatures of 40°C and 60°C. The obtained product underwent identification and quantification analyses according to the USP 43 Pharmacopeia, such as moisture, ignition residue, citrate ion identification, titration, and tests for notable impurities such as the presence of oxalates. In the quantification by titration, a purity of 98% was determined, and compliance with the indicated characteristics in the pharmacopeia was achieved. As a result of the temperature variation, there was a slight increase in yield when the process was carried out at 60°C compared to 40°C, statistical analysis indicates that there are significant differences between both temperatures, allowing us to conclude that the method is suitable and efficient.

Keywords: Scheele method - Citric acid - Lemon juice.

## I INTRODUCCIÓN

La investigación que se ha planificado y se propone, consiste en obtener ácido cítrico a nivel de laboratorio, a partir del jugo de limón *Citrus lemon*. Todos los cálculos obtenidos a nivel de laboratorio, sirve de base, para conocer con detalle la aplicación de la técnica y obtener posteriormente la sustancia como producto comercial, por lo que debe ser complementada con estudios de diseño de planta, de mercado, de gestión dentro de la legislación vigente, etc.

El estudio implica la descripción del proceso de obtención del ácido cítrico, que es el ácido orgánico de mayor importancia comercial, el análisis e interpretación de los fenómenos fisicoquímicos que se suscitan al aplicar la técnica operativa del método de Karl Wilhelm Scheele descrito en sus principios científicos fundamentales (1, 2), por otra parte, puesto que cada ácido orgánico proviene de diferentes fuentes naturales, y dependiendo del que se desee obtener, aplicando estos principios, se debe considerar que el ácido orgánico, se encuentra de diferentes maneras y con diversos estados físicos por ende requiere de diferentes tratamientos fisicoquímicos para alcanzar el objetivo (3).

La técnica operativa diseñada por el investigador y basada en los principios fundamentales del método Scheele, son en su totalidad conocimientos básicos e irrefutables de la química orgánica, para obtener en varios pasos un ácido orgánico, en este caso cítrico, de una fuente natural (3) como el limón.

Los datos en su integridad se recogen por la observación de los fenómenos fisicoquímicos que se suscitan en la aplicación y/o ejecución del método Scheele. El estudio tiene interés en la aplicación de los conocimientos teóricos para la obtención de ácidos orgánicos, en condiciones de laboratorio estrictamente controlados (4,5).

Se busca conocer los detalles de las operaciones unitarias de laboratorio para plasmarlo en un documento ya que se describirán y explicarán los artificios necesarios requeridos para una correcta ejecución de los pasos.

Está orientada a demostrar el pragmatismo de la técnica de Scheele para obtener ácidos orgánicos a partir de fuentes naturales, aplicando principios como:

- Los tipos de reacciones químicas ácido base que conllevan a la formación de precipitados.
  - La selección de un agente precipitante, es decir la utilización de cationes inocuos, cuando se avizora que la utilización final del ácido orgánico a obtener es como aditivo alimentario
  - Acción de un ácido mineral diluido a baja temperatura, generalmente ácido sulfúrico, que actúa sobre el precipitado con la finalidad de regenerar los protones del ácido orgánico obtenido de la fuente natural.
  - La precipitación en agua del catión inocuo, por segunda vez, de una suspensión acuosa con un ácido mineral de disociación completa y diluido, preferentemente el sulfúrico, que precipita como sulfato de calcio.
  - Eliminación del sulfato del catión inocuo, por filtración y procesamiento hasta secado completo de la disolución acuosa del ácido orgánico final obtenido.
  - Recristalización del ácido cítrico con cristales intermedios, sin fallas estructurales
- (6). Aplicar las técnicas de identificación establecidas en la Farmacopea de los Estados Unidos, USP, para ácido cítrico y sus principales características.

Todo el proceso se realiza teniendo en cuenta la estequiometría de reacción y las propiedades de los reactantes, la precipitación y secado de la sal orgánica insoluble en el medio acuoso y su secado hasta porcentaje de humedad conocido, con demostración de que el producto obtenido es ácido cítrico.

## **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

El ácido cítrico fue aislado por primera vez, en Inglaterra, por Karls Wilhelm Scheele en 1784, a partir del jugo de limones importados de Italia. Empresarios italianos tenían el monopolio de su producción durante casi 100 años. Esto llevó a numerosos investigadores en todo el mundo a aunar esfuerzos para encontrar alternativas de producción industrial, que incluye desde técnicas químicas hasta biotecnológicas.

En 1923, Wehmer observó la presencia de ácido cítrico como un subproducto de oxalato de calcio producido por *Penicillium glaucum*. Otras investigaciones mostraron

el aislamiento de dos variedades de hongos pertenecientes al género *Citromyces* (Belen y col. 2010) (5).

Sin embargo, los ensayos industriales biotecnológicos, no tuvieron éxito debido a problemas de contaminación de las cepas utilizadas y por la larga duración del proceso fermentativo. El proceso industrial actual se desplegó por primera vez por James Currie, en 1917, quien encontró que *Aspergillus niger* tenía capacidad de producir cantidades significativas de ácido cítrico en una melaza a base de azúcar de caña (Li y col. 2008) (7).

Debido a que el ácido cítrico, con código Internacional E 330 es descrito como acidulante natural o sintético obtenido indistintamente, por ambas formas, es decir obtenido de cítricos o por la fermentación de azúcar sacarosa o glucosa por *Aspergillus niger* y que sus sales también están codificadas con número E, los citratos, y son importantes productos de comercialización, como los de sodio, potasio, calcio, lecitina, magnesio, triamonio, férrico amoniacal, de isopropilo, de estearilo, colina y trietilo, también es uno de los principales aditivos alimentarios, siendo una sustancia de sabor agradable, muy poco tóxica, esto aunado a otras valiosas propiedades fisicoquímicas (8), lo indican como un importante producto del comercio internacional. El ácido cítrico tiene un sin número de aplicaciones, de allí que fue escogido por Laboratorio Pfizer como su producto bandera en sus albores de formación.

Es uno de los principales aditivos alimentarios, pues es usado como preservador, antioxidante, acidulante y saborizante de golosinas, bebidas gaseosas y otros alimentos. Se trata de un compuesto natural que lo podemos encontrar en todos los seres vivos, pero está particularmente concentrado en las frutas cítricas. Se usa además en la industria farmacéutica, asociado con bicarbonato de sodio, para lograr efervescencia como en ciertos antiácidos, y también en el laboratorio de toma de muestras para análisis clínicos, como anticoagulante. Se agrega a detergentes y otros productos de limpieza, para estabilizarlos, otorgarle acidez, y reemplazar a ácidos más fuertes.

Hoy la producción mundial de ácido cítrico alcanza las 550.000 toneladas al año, y es producido principalmente en Estados Unidos, la Unión Europea y China (9).

El ácido cítrico es ampliamente utilizado como reactivo en síntesis orgánica (Ramírez B. y col. 2011). En la ruta metabólica conocida como el Ciclo de Krebs o ciclos de los ácidos tricarbónicos, aparece como un metabolito intermediario y es un proceso realizado por la mayoría de los seres vivos. El nombre IUPAC del ácido cítrico es ácido 3-carboxi-3-hidroxipentanodioico (10).

## 1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Al revisar la literatura pertinente en la Biblioteca Virtual Concytec, sobre investigaciones en ácido cítrico, No se encontraron trabajos similares, solo algunas investigaciones en que se obtiene o usa el ácido cítrico, como los que se refiere a continuación:

- Rivada 2008. ante la creciente demanda mundial de ácido cítrico, como consecuencia del incremento de la demanda de alimentos, nos llevó a pensar en la construcción de una planta de producción de ácido cítrico a partir de azúcares de remolacha, aprovechando un residuo industrial de gran producción como son las melazas de remolacha. La construcción, puesta enmarcha y funcionamiento de la planta debe respetar, entre otras, la legislación vigente en materia de seguridad y medio ambiente (8).
- Silverio y Ayala 2015. obtuvieron el ácido cítrico de la pulpa de plátano madura utilizando *Aspergillus niger*. Mediante la utilización del espectrofotómetro UV-Visible se determinó que la máxima concentración de ácido cítrico fue de 21,12 g/L, utilizando 150 g/L de azúcar reductores (50 % de pulpa de banano maduro) provenientes de la pulpa de banano maduro, a las 168 horas del desarrollo fermentativo (11).
- Mejía et al., 2016, se efectuó la caracterización de un residuo de construcción y demolición para la obtención de Ca y Si mediante tratamiento con ácido cítrico. El objetivo de este estudio fue caracterizar química y mineralógicamente el CR y valorar la disolución de calcio y silicio con ácido cítrico, con el fin de determinar su uso potencial como fuente de estos elementos para suelos degradados. La caracterización permitió identificar como elementos mayoritarios el calcio y el silicio asociados a las fases del concreto como la calcita, portlandita y aluminosilicatos de calcio hidratados. Se pudo comprobar que estos residuos luego de la acidulación podrían ser empleados como fuente de nutrientes para suelos degradados antrópicamente (12).
- Rangel-Rodríguez 2019. Obtención de Polifenoles de Cáscara de cítricos mediante Tecnología Solido liquido (en español). estudiaron el método de extracción de compuestos polifenólicos para la conservación de la actividad biológica desde harinas hechas con subproductos de limón (13).
- Torrenegra y col. 2017. Actividad antibacteriana in vitro de aceites esenciales en

diferentes especies del género Citrus. Encontramos fuerte actividad de los aceites esenciales del género Citrus, con valores de CMI  $\geq 600$  mg / mL frente a *S. aureus*, *S. epidermidis*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa* y *E. coli*. Con base en los resultados obtenidos, se concluye que las diferentes especies del género Citrus se consideran promisorias para el control del componente bacteriano (14).

Actualmente, la producción mundial de ácido cítrico se tasa en millones de toneladas por año, destacando que la producción en su mayoría es llevada a cabo por fermentación, donde se involucra el uso de dextrosa o melaza de caña de azúcar como materia prima y *Aspergillus niger* como organismo de fermentación. El constante aumento en su consumo cada año, genera la necesidad de encontrar nuevas alternativas para su producción.

Por ende, se considera pertinente y de carácter inédito, una investigación como la que se aborda en el presente proyecto.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

Es necesario aprender a aplicar los fundamentos del método Scheele para utilizarlos como valiosa técnica experimental para la obtención de ácidos orgánicos ya que aun conociendo que últimamente se están usando los procesos fermentativos como método para obtener ácido cítrico a nivel industrial, estos requieren de numerosos cuidados en la estandarización del microorganismo que se pretende usar con tal propósito, porque siendo hongos filamentosos del género *Aspergillus*, la enorme cantidad de variantes pueden producir micotoxinas específicas como aflatoxinas, ocratoxinas o fumonisinas y por ende es necesario demostrar su inocuidad lo que requiere de la aplicación de técnicas específicas para determinar micotoxinas por el test de ELISA2, bastante costosas, lo que obliga al productor a que utilice siempre, cepas estandarizadas y el único que lo hace y comercializa en el Perú, para estas cepas es ATCC American Type Culture Collection que es representada por Gen. Lab del Perú, que opera en Jirón Cápac Yupanqui 2434 Lince. Lima-Perú. La empresa antes citada obliga a toda persona que pretenda utilizar las cepas estandarizadas para producción, a firmar un contrato de usuario final, donde esté a su vez reconocido se obliga a pagar un porcentaje de sus utilidades, mientras use las cepas estandarizadas para producción.

Por otra parte la técnica de obtención de ácido cítrico por fermentación, solo varía en

la primera parte de la obtención del ácido cítrico por acción del *Aspergillus niger* sobre la melaza de caña o soluciones concentradas de dextrosa, en condiciones aeróbicas, pero de este medio el ácido cítrico formado debe extraerse de la masa fermentada, utilizando todos los mismos pasos de la obtención del Método Scheele, es decir de manera similar a los que se ejecutan en el presente trabajo, con el proceso cal – sulfúrico. El no tener tecnología propia origina que el país se limite a vender materia prima, de tal manera que cuando se pretende producir pequeñas cantidades de ácido cítrico como una forma de fabricarla sustancia para disponer de ella con fines de investigación, ya que es muy utilizada en Química Orgánica, u otro propósito, siempre se presenta el problema de estar supeditado a una serie de requerimientos, por otra parte el ácido cítrico no es un ácido orgánico cualquiera, sino el de mayor importancia comercial por su enorme cantidad de usos y en el Perú existe una gran producción de limones. Para reforzar más aun la importancia de conocer y manejar sus métodos de obtención se seguirá sustentando algunas otras aplicaciones o usos recientes.

Otra aplicación importante del ácido cítrico es el tratamiento de terrenos, se usa el ácido cítrico y el sulfato de calcio que también es subproducto de la aplicación del Método Scheele, para evitar el estrés ambiental generalizado que limita el crecimiento de los cultivos y la productividad agrícola y es de dominio público que nuestra ciudad, Ica, es eminentemente agrícola y depende mucho de la eficiencia de rendimiento de su suelo porque es la agroexportación su principal actividad rentable.

El ácido cítrico es empleado para mejorar la asimilación de los micronutrientes por parte de las plantas y el sulfato de calcio o yeso, y también para el control de la alcalinidad de los suelos. Yufera y col. 1995 (15). Se conoce también el uso del ácido cítrico como dispersante en la aplicación de pesticidas y herbicidas.

La importancia del ácido cítrico y sus sales en el sector industrial se presenta también en su capacidad de sustituir ciertas materias primas importadas, es así que hoy en día se ve su uso en regiones industriales tan importantes como la industria de detergentes biodegradables. Las ventajas principales de los citratos en las formulaciones de detergentes son su biodegradabilidad y la facilidad de tratamiento, Papagianni y col. 2007. (16)

Otra aplicación del ácido cítrico es en el área de nanotecnología, Se Cabello y colaboradores reporto en el 2014, su utilidad para la modificación superficial de nanotubos de carbono de pared múltiple (NTCPM) con ácido cítrico y ácido acético mediante metodologías verdes, con la finalidad de obtener NTCPM modificados

superficialmente para inducir una elevada dispersión en diferentes matrices poliméricas. Cabello y col. 2014 (17).

La característica del ácido cítrico para poder descomponerse, a parte del hecho de no ser tóxico, lo hace en un excelente compuesto (reactivo) para ser empleado en la investigación, no solo en la producción de los ácidos orgánicos mediante la biotecnología, sino también por ejemplo en distintas síntesis de compuestos orgánicos, debido a la priorización actual de apoyar los principios de la Química Verde, la cual consiste en el esfuerzo colectivo para reducir al mínimo (8). O de ser posible descartar por completo la contaminación desde su inicio: a través del uso de procesos lo menos contaminantes posibles, obviando al máximo el desperdicio o uso indiscriminado de materiales de uso no renovables, así como la utilización de materiales peligrosos o contaminantes en la fabricación de productos químicos, que no atenten contra la salud o el ambiente (8).

#### **1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **General.**

- Obtener ácido cítrico a partir del jugo de los limones (*Citrus limón*) aplicando el método Scheele.

##### **Específico.**

- Comprobar que se puede obtener ácido cítrico del jugo de los limones aplicando el método Scheele
- Determinar el % de rendimiento de ácido cítrico a partir del jugo de limón mediante el método Scheele

#### **1.5 MARCO TEÓRICO.**

En química orgánica, se sabe que, en una reacción de un ácido orgánico en solución, con un compuesto de Calcio, Bario o Plomo, por ejemplo, forman sales de ese ácido, que son insolubles en agua, según sea la sal que se utilice para la reacción.

Si se trata de elegir entre las sales antes mencionadas por su inocuidad se debe preferir el calcio, ya que este es un bioelemento y por lo tanto no crea problemas al ser ingerido, ya que el bario presenta cierto grado de toxicidad al organismo humano y peor el

plomo, que de absorberse produce el conocido saturnismo, con manchas negruzcas en el borde de los dientes, entre otras manifestaciones tóxicas.

Es conocido que una sal insoluble en agua puede lavarse como precipitado justamente por la característica de ser insoluble en agua y desecarse para pesarse como sal seca. Es también harto conocido que, si se ataca una sal de calcio, bario o plomo con un ácido mineral diluido y helado, el metal calcio, bario o plomo es desplazado, por los protones del ácido fuerte, es decir un ácido de disociación completa, dando lugar a la formación del ácido orgánico libre que de ser soluble en agua forma una solución acuosa. El producto acompañante es el metal en forma de sal precipitada obviamente insoluble, que puede ser separado de la solución acuosa del ácido orgánico por simple filtración.

Es también conocido que una solución de un ácido orgánico puede desecarse eliminando el agua por evaporación a temperatura controlada hasta obtener cristalizado el ácido orgánico que se encontraba disuelto.

Es consabido que cuando se cristaliza un ácido orgánico por evaporación del solvente, el tamaño y calidad de los cristales depende de la temperatura a la cual se verifique la cristalización. Se origina un tamaño de cristales muy pequeño si la solución se seca muy lentamente y no es conveniente porque se arrastran muchas impurezas en su gran superficie y un tamaño muy grande de cristales por un secado muy rápido forma cristales defectuosos que inclusive encierran parte de la solución internamente con el consiguiente arrastre notorio de impurezas.

Por ende, se debe secar las soluciones para recristalizar a una temperatura intermedia que permita la formación de cristales con un tamaño igualmente intermedio y una estructura correcta, es decir bien constituidos.

### **1.5.1 Limón (*Citrus lemon*)**

#### **DISTRIBUCIÓN:**

Su origen no lo tenemos del todo claro, sin embargo, existe la idea de que los primeros limoneros se desarrollaron en los valles del sur del Himalaya, en Assam en el noreste de India y China.

En parte de Asia, era conocido por sus propiedades antisépticas y lo utilizaron por mucho, como antídoto de venenos (disminuye la permeabilidad capilar). Los bioflavonoides que contiene fortalecen las paredes interiores de los vasos sanguíneos, ayudando a aliviar várices y contusiones(18).

La primera plantación verdaderamente importante en Europa fue en la ciudad de Génova, en el siglo XV DC. Fue traído a América en el año 1493, cuando Colón transportó limones en la nave La Española para sus viajes. En 1747 el experto médico James Lind descubrió que, al beber el zumo de limón los tripulantes con escorbuto, estos mejoraban substancialmente (19).

Sus productores más importantes a nivel mundial son: Estados Unidos, España y Turquía.

### **NOMBRES POPULARES:**

También se le conoce como: limón agrio, limoncillo, limonero, limones

### **DESCRIPCIÓN BOTÁNICA:**

Árbol de tamaño pequeño de 3-6 m de altura, con espinas duras y gruesas en sus numerosas ramas. Hojas de color verde pálido unifoliadas, de forma oblongas a elíptico-ovaladas con una medida de 5-10 cm de longitud. Punta corta y obtusa. Pecíolo corto y alado anchamente. Flores rojizas en estado de botón, solitarias o en racimos axilares.

Pétalos blancos en la parte superior y purpúreos debajo. Fruto mamilado hacia los extremos, oblongo u oval, de color verde mate lustroso o amarillo claro. El grosor de la cascara depende de las variedades. Su jugo es de sabor agrio, pero de gran fragancia (5).

### **TAXONOMÍA:**

- Familia: Rutaceae
- Género: Citrus
- Especie: *Citrus limón*
- Sinónimos: *Citrus limonum Risse*, *Citrus medica*
- Lugar de origen: Especie nativa del sureste asiático
- Etimología: Citrus, proviene del griego, y significa limón. Limón, de su nombre popular (20).

## **USOS DEL LIMÓN:**

### **Uso medicinal tradicional**

- ✓ El limón contribuye a incrementar las defensas del organismo, activando los glóbulos blancos, debido a la gran cantidad de vitamina C que contiene este fruto.
- ✓ Permite regular y estimular las secreciones gástricas del organismo.
- ✓ Posee propiedades diuréticas y depurativas, se le emplea para tratar infecciones urinarias, colesterol, artritis, entre otras.
- ✓ En cuanto al sistema circulatorio, tonifica vasos sanguíneos y ayuda a prevenir anginas de pecho. Es empleado en el tratamiento de la anemia juntamente con otros compuestos.
- ✓ En lo referente a afecciones respiratorias, se le emplea para combatir resfriados y gripe.
- ✓ Se tiene constancia de sus favorables propiedades en el tratamiento de faringitis mediante las gárgaras, de utilidad en las caries, halitosis, combatiendo impurezas en la piel, y ayuda con los dolores del reumatismo (20).

### **Uso alimentario**

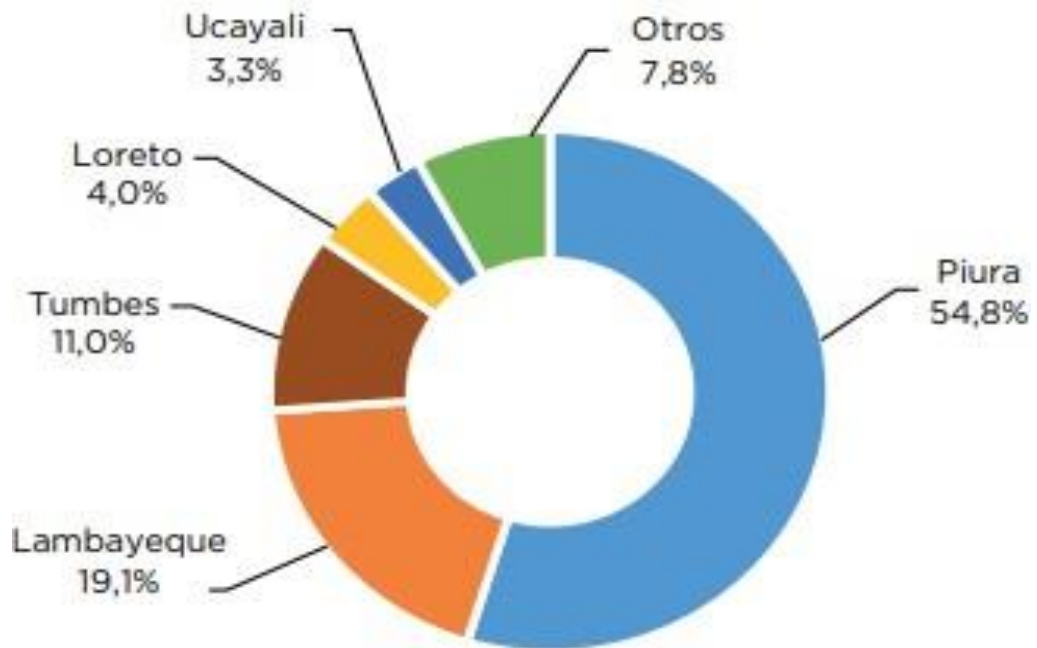
- ✓ Tiene amplio uso en este sector tanto la pulpa del limón, como su cáscara que generalmente sirve como aromatizante.
- ✓ Se utiliza en la elaboración de postres, bebidas, licores (5).

### **Producción Nacional del Limón**

La producción ha ido creciendo en 1,3% anual, entre los años 1997-2016. Siendo el año 1997, el año en que mayor cantidad de limón se produjo (327 mil toneladas). Las zonas donde se obtuvo mayor producción fueron los Departamentos de Piura y Lambayeque, siendo Piura el mayor productor de limón a nivel nacional con un 57,3% de la cosecha total. En esta región, las provincias de Sullana y Piura son las mayores productoras de este fruto (21).

El limón es un cultivo permanente, quiere decir que se cosecha todo el año, pero es el primer semestre del año en donde se produce mayor cantidad del cítrico.

**Perú: Principales regiones productoras de limón  
(2016 = 270 308 t)**



Fuente: MINAGRI-DGESEP

Elaboración: MINAGRI-DGPA

Figura 1. zonas productoras de limón en el país. Fuente (21)

## PROPIEDADES NUTRITIVAS:

Compuesto principalmente por agua. Es una de las frutas de más bajo valor calórico, siendo el zumo la parte comestible. Destaca su contenido en vitamina C, ácidos orgánicos como el ácido cítrico y sustancias de acción astringente. Entre los minerales el potasio es el más abundante dentro de su composición, el cual es necesario para la transmisión y reproducción del impulso nervioso, para la normal actividad muscular e interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula. La vitamina C interviene en la formación de colágeno, huesos, dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones (22).

Las proporciones de sus componentes van a ir variando de acuerdo a la variedad, edad, madurez, clima, suelo, formas de cultivo, abonos, riegos, etc.

Tabla 1. Contenido de nutrientes por cada 100 g de limón:

| Sustancia           | Contenido  |
|---------------------|------------|
| Proteína            | 0,9 gramos |
| Hidratos de carbono | 8,7 gramos |
| Calorías            | 44 gramos  |
| Ácido cítrico       | 7,5 gramos |
| Ácido málico        | 0,6 gramos |
| Sacarosa            | 0,5 gramos |
| Azúcar invertida    | 0,8 gramos |
| Citrato cálcico     | 1 gramos   |
| Hierro              | Vestigios  |
| Vitamina A          | 0 U.I.     |
| Vitamina B1         | 0,4 mg     |
| Vitamina B2         | Trazas     |
| Vitamina B6         | 0,1 mg     |
| Vitamina C          | 45 mg      |

Fuente: (Gonzales, 1960)

### 1.5.2 ACIDO CÍTRICO

El ácido cítrico (ácido 2-hidroxi-1,2,3- propanotricarboxílico), es uno ácido orgánico que se podría considerar como natural, sin embargo, también puede ser sintetizado en un laboratorio, se encuentra en la gran mayoría de los tejidos animales y vegetales, se presenta en forma de ácido de frutas como el limón, lima, mandarina, toronja, naranja, ciruela, piña, así como en los huesos, músculos y sangre de animales. Es considerado un ácido carboxílico versátil y ampliamente utilizado en el campo de la alimentación, de los productos farmacéuticos y cosméticos, entre otros.(Thangavelu y col. 2011). Físicamente es un polvo cristalino blanco que puede presentarse de manera anhidra o como monohidrato (5).

Es un buen preservador y antioxidante natural que se añade industrialmente como aditivo en el envasado de muchos alimentos como las conservas enlatadas de vegetales. En bioquímica aparece como un metabolito intermediario en el ciclo de Krebs (los ácidos tricarboxílicos), proceso realizado por la mayoría de los seres vivos.

#### Propiedades químicas del ácido cítrico

- Peso molecular: 192,14
- $C_6H_8O_7$

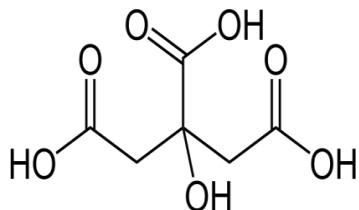


Figura 2. Formula del ácido cítrico

#### Propiedades físicas del ácido cítrico

- Punto de fusión: 175°C
- Punto de ebullición: 310°C
- Densidad: 1665 kg/m<sup>3</sup>
- Color: blanco
- Aspecto: solido

- Solubilidad en agua: 133 g/100ml (22°), es muy soluble en etanol, soluble en éter y acetato de etilo e insoluble en benceno y cloroformo (23).

### **Historia**

El descubrimiento del ácido cítrico se atribuye al alquimista islámico Jabir Ibn Hayyan en el siglo octavo después de Cristo. Los eruditos medievales en Europa conocían la naturaleza ácida de los zumos de limón y de lima; tal conocimiento se registra en la enciclopedia *Speculum Majus* del siglo XIII, recopilado por Vincent de Beauvais. El ácido cítrico fue el primer ácido aislado en 1784 por el químico sueco Carl Wilhelm Scheele, que lo cristalizó a partir del jugo de limón. La producción de ácido cítrico a nivel industrial comenzó en 1860, basado en la industria italiana de los cítricos (24).

En 1893, C. Wehmer descubrió que cultivos de *penicillium* podían producir ácido cítrico a partir de la sacarosa molecular. Sin embargo, la producción microbiana del ácido cítrico no llegó a ser industrialmente importante hasta la Primera Guerra Mundial que interrumpió las exportaciones italianas de limones. En 1917, el químico americano James Currie descubrió que ciertos cultivos de *Aspergillus niger* podían ser productores eficientes de ácido cítrico, y Pfizer comenzó la producción a escala industrial usando esta técnica dos años más tarde (24).

Actualmente cerca del 92% de la producción de ácido cítrico mundial es elaborado por la Unión Europea, Estados Unidos, China y Guatemala.

### **Usos y beneficios**

Es uno de los principales aditivos alimentarios, se usa como preservante, antioxidante, acidulante y saborizante de golosinas, bebidas gaseosas y otros alimentos. Tiene uso en la industria farmacéutica, para lograr efervescencia y sabor, y también como anticoagulante de la sangre.

La FDA (Food and drug administration) lo autoriza como aditivo sin unas limitaciones específicas de cantidad y aparece en la lista como E-330 (25).

El ácido cítrico está compuesto por tres grupos carboxilos que en disoluciones pueden perder un protón dando como resultado un ion citrato, este actúa muy bien como tamponador, por lo que se le utiliza como regulador de pH. Este ion citrato también tiene propiedades quelantes, es decir, se puede unir con minerales o metales facilitando su absorción o excreción, por ejemplo, se puede unir con el calcio formando citrato cálcico que se absorbe mejor que el calcio solo.

## CITRATO SÓDICO

El citrato sódico es una sal del ácido cítrico, su consumo está asociado a la disminución de la fatiga y aumento del rendimiento en ejercicios intensos.

La actividad muscular incrementa la concentración de protones intra y extracelulares, lo que puede producir acidosis metabólica y disminuir el rendimiento por incremento de la fatiga. La acidez incrementa la fatiga por la inhibición de enzimas de la ruta glucolítica y también porque no se puede liberar calcio del retículo sarcoplasmático afectando a la contractibilidad de las fibras musculares (26).

La ingestión de citrato sódico ha demostrado reducir la concentración de los protones, esto se debe a que al suplementarlo se incrementa la concentración de bicarbonato en el plasma y el bicarbonato tiene gran capacidad tamponadora, regulando el pH sanguíneo. Si aumenta la capacidad amortiguadora por la acción de agentes tampón, se mejora la capacidad de realizar actividad física en intensidad y volumen (tiempo).

### Principales aplicaciones del ácido cítrico

- **Bebidas:** proporciona acidez y complementa los sabores de frutas. Aumenta la eficacia de conservantes antimicrobianos. Se usa en el ajuste del pH para proporcionar una uniforme acidez.
- **Jaleas, mermeladas y conservas:** proporciona la debida acidez y ajusta el pH en estas sustancias.
- **Dulces:** proporciona la acidez necesaria, ayuda a minimizar la inversión de sacarosa. En los caramelos duros produce un color oscuro.
- **Fruta congelada:** disminuye el pH para inactivar las enzimas oxidativas. Protege el ácido ascórbico, inactivando trazas de metales.
- **Productos lácteos:** como emulsionante en helados y quesos procesados, también como agente acidificante en quesos y antioxidante.
- **Farmacía:** dando efervescencia a polvos y comprimidos, en conjunto con bicarbonatos. Ayuda en la rápida disolución de los ingredientes activos.
- **Cosméticos y artículos de tocador:** ajuste del pH, agente buffer, antioxidante como un quelante metálico de litio.
- **Aplicaciones industriales:** secuestrante de iones metálicos, agente neutralizante, agente buffer.

- **Limpieza de metales:** elimina los óxidos metálicos de la superficie de los metales ferrosos y no ferrosos, por limpieza preparativa y operativa de óxidos de hierro y cobre.

### **Producción industrial**

Al menos el 99% de la producción del ácido cítrico es producido mediante procesos microbianos, que se llevan a cabo utilizando la superficie o cultivos sumergidos. Este producto es vendido como ácido anhidro o monohidrato, y aproximadamente un 70% de la producción total de 1,5 millones de toneladas por año son utilizados en la industria de alimentos y bebidas. El 20% se utiliza en la industria farmacéutica, como agente antioxidante para conservar vitaminas, efervescentes, conservantes de sangre, correctores de pH incluso en preparaciones cosméticas.

El 10% es utilizado en la industria química, es empleado como agente de formación de espuma para el ablandamiento y tratamiento de textiles. (Kumar y col. 2008) (5).

El ácido cítrico es un producto de demanda mundial creciente, razón por la cual se ha estudiado su elaboración a partir de diferentes sustratos como melaza de remolacha, la melaza de caña, desechos de plátanos, cebada, almidón, sacarosa, glucosa, tuzas de maíz, desechos de piñas, y suero de leche, entre otros. Se ha informado que la sacarosa es la fuente de carbono más conveniente seguida por glucosa, fructosa y lactosa López y col. 2006 (27).

## **II ESTRATEGIA METODOLÓGICA**

### **2.1 Tipo de Investigación.**

#### **Básica**

Porque en la presente investigación si bien hemos aplicado un método conocido se han realizados pequeñas variaciones como las distintas temperaturas que nos ha permitido adquirir conocimientos elementales sobre el comportamiento del proceso y su efecto sobre el producto final, bajo las condiciones de laboratorio utilizadas.

### **2.2 Nivel de Investigación**

#### **Descriptiva, de corte transversal**

Descriptivo, porque nos ha permitido describir e indicar todas cada las características de las diversas etapas del proceso productivo que nos lleve a sustentar que el método y sus resultados pueden ser reproducible con un grado de confiabilidad y certeza bajo los parámetros establecidos, y de corte transversal por las muestras fueron adquiridas en un periodo de tiempo determinado (debemos tener en cuenta que los productos de naturaleza vegetal o agronómicos pueden tener variaciones estacionales de acuerdo las zonas de cultivo).

### **2.3 Diseño de Investigación:**

#### **Aplicativo. Analítico**

Aplicación de un proceso determinado para observar un producto como consecuencia de este, producto a ser estudiado desde el orden analítico para poder determinar el cumplimiento de requisitos preestablecidos por organismos reguladores o legislación determinada.

### **2.4 Hipótesis y variables de la investigación**

#### **a) Hipótesis General**

El rendimiento en la obtención de ácido cítrico a partir del jugo de Citrus limón aplicando el Método Scheele varía según la temperatura operacional.

## **b) Hipótesis Especifica**

Es posible obtener ácido cítrico a partir del jugo de los limones (*Citrus limón*) aplicando el Método Scheele

### **VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### a) Variable Independiente

Método Scheele, cuyos indicadores son los procesos operacionales.

#### b) Variable Dependiente

Rendimiento en la obtención de ácido cítrico a partir del jugo de *Citrus limón*, cuyo indicador es la cantidad de ácido cítrico obtenido a partir del Método de Scheele en %.

#### c) Variable Interviniente

Zumo de limón (*Citrus limón*)

## **2.5 Población, muestra y muestro.**

### **Población**

No hablamos de la población a investigar sino, de la materia prima que dará un producto objeto de la aplicación de un proceso. Frutos de *Citrus limón* del cual se obtendrá el jugo (zumo) materia prima a partir de la cual empezará el proceso productivo

### **Muestra**

250 unidades de limón adquirida en el mercado Arenales de la ciudad de Ica en los meses de julio y agosto del año 2021, a partir de la cual se obtiene el jugo materia prima del experimento. Se adquirió los días sábados a primeras horas donde llegaba los camiones proveedores del norte del país.

### **Muestreo**

Muestreo no probabilístico y por conveniencia, porque no toda la población tiene la misma probabilidad de ser elegida, ya que el investigador busca las muestras de mejor apariencia para su adquisición.

## **2.6 Técnicas de recolección de muestras.**

Para esta investigación que es la aplicación de un proceso productivo no aplica el criterio de recolección de muestras, ya que esta serán producto del proceso.

## **2.7 Técnicas y procedimiento de tratamiento de muestras**

### **Para la obtención del ácido cítrico.**

Se utilizará el método de Scheele desarrollado por C. W. Scheele a finales del siglo XVIII, con el que aisló el ácido cítrico del zumo de limón

Los pasos a seguir para la obtención del ácido son:

- Extracción del zumo de limón. Se realizará exprimiendo los limones manualmente; partiendo de unos 2 kilogramos de limones maduros.
- Filtrado del zumo de limón. El zumo extraído, se deja reposar en un vaso de precipitado durante tres días. Para lograr filtrar el zumo mediante la transformación de los azúcares y pectinas. El filtrado se realizará por calentamiento suavemente del zumo; para obtener un líquido claro de color paja.
- Precipitación del ácido cítrico como citrato de calcio. El filtrado que contiene el ácido cítrico se lleva a una temperatura de 60 °C y se adiciona de a pocos la lechada de cal para neutralizar el ácido cítrico. Se debe comprobar periódicamente la neutralización y el pH con papel indicador. lograda la neutralización, filtrar y lavar el precipitado con agua caliente hasta separar todas las sustancias solubles. El precipitado de citrato de calcio es un producto blanco fino.
- Descomposición del citrato de calcio. El precipitado de citrato de calcio se agita en medio acuoso y se procede a la adición de ácido sulfúrico concentrado para convertir todo el citrato en ácido cítrico. Esta descomposición se realiza a una temperatura entre 50-55 °C, quedando en disolución el ácido cítrico. Decantar y de dejar reposar.
- Obtención final del ácido cítrico. El líquido anterior, obtenido por decantación, se deja cristalizar durante varios días (5).

### Caracterización del ácido cítrico. (Según la USP).

- **Determinación del porcentaje de humedad:** No más de 0.5% para la forma anhidra y no más de 8,8% para la forma hidratada.

En una placa Petri previamente tratada y tarada se pesa aproximadamente 2g de la muestra con una exactitud al 0,0001g y se coloca en una estufa a 105 °C por espacio de dos horas, luego retirar y colocar en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y pesar, la humedad se registra como la pérdida de peso.

$$H = 100 - \left( \frac{\text{Peso final placa} - \text{peso placa vacía}}{\text{peso de muestra}} \right) \times 100$$

- **Determinación del residuo de ignición: no más de 0,05%**

Colocar en un crisol de porcelana previamente tarado un peso entre 1 y dos gramos del producto con una aproximación a 0,1mg, incinerar en una llama hasta carbonización y luego colocar en un horno mufla a 550°C por espacio de 4 a 6 horas (hasta cenizas blancas), transferir a un desecador y esperar a que alcance la temperatura ambiente y pesar. Considerar el residuo como resultado del ensayo.

$$C = \left( \frac{\text{Peso final placa} - \text{peso placa vacía}}{\text{peso de muestra}} \right) \times 100$$

- **Determinación de ion citrato:** [Pruebas generales de identificación 191]  
Tras la adición de unos pocos mg de un citrato a una mezcla de 15 ml de piridina y 5 ml de anhídrido acético, se produce un color rojo carmín.

- **Determinación de oxalatos: ausencia**

Se preparar una solución de 1 en 10 del ácido y neutralizar con hidróxido de amonio 6N, adicionar 5 gotas de ácido clorhídrico 3 N, enfriar y adicionar 2 ml de cloruro de calcio solución titulante. No debe producirse turbidez.

- **Valoración de ácido cítrico:** Colocar cerca de 3 g de ácido cítrico en un vaso previamente tarado y pesar con exactitud, disolver con 40 ml de agua destilada y adicionar gotas de fenolftaleína y titular con solución de hidróxido de sodio 0,1 N. Cada ml de hidróxido de sodio equivale a 64,04 mg de ácido cítrico.

Todos los procedimientos fueron ejecutados en el laboratorio de Química Analítica de la facultad de Farmacia y Bioquímica, de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, en Ica-Perú.

## **2.8 Técnicas de procesamiento de la información.**

Los datos provienen de la ejecución de ensayos experimentales en el gabinete de laboratorio en condiciones controladas, se tendrá en cuenta:

- Precisión y exactitud en el registro de datos obtenidos con máximo tres cifras significativas.
- Control de la medición de volúmenes para evitar errores de medida.
- Control en la medición de masas en la balanza analítica, con pesadas debidamente válidas y registro de los datos con máximo tres cifras significativas. Estabilizador de voltaje.
- Control de temperatura para ejecutar las reacciones, el secado y recristalización
- Control de tiempo en los procesos ejecutados.
- Control de presión atmosférica a la que se trabaja.
- Presentación de datos en tablas.
- Determinación de medidas de tendencia central de los datos.

## **2.9 Aspectos éticos**

Los aspectos éticos se manejaron bajo la normativa del Código de Ética para la Investigación en seres humanos, animales y plantas de la UNICA, aprobado mediante Resolución Rectoral Nro. 1302-R-2020.

### III RESULTADOS

#### 3.1 De la obtención del ácido cítrico

Tabla 02.- Peso en gramos de 10 series de 04 unidades de limón y volumen de jugo obtenido por exprimido.

| Serie | peso (g) de 04 unidades de limón | Volumen (en mL) de jugo |
|-------|----------------------------------|-------------------------|
| 1     | 131                              | 35.5                    |
| 2     | 136                              | 33.8                    |
| 3     | 133                              | 34.4                    |
| 4     | 138                              | 34.2                    |
| 5     | 130                              | 33.5                    |
| 6     | 134                              | 35.6                    |
| 7     | 133                              | 33.3                    |
| 8     | 136                              | 34.4                    |
| 9     | 134                              | 35.1                    |
| 10    | 131                              | 34.7                    |
|       | 133,6 ± 2,55 g                   | 34.45 ± 0,79mL          |

Tabla 03.- Rendimiento total de jugo obtenido de las unidades de limón.

| Cantidad de limones | Peso en Kg | Volumen de jugo | Porcentaje en v/P |
|---------------------|------------|-----------------|-------------------|
| 40                  | 1,336      | 344,5 mL        | 25,76%            |

De 40 unidades de limón en esta serie con una masa total de 1,336 Kg

Tabla 04.- Cantidad en gramos de citrato de calcio obtenidos de 100 mL de jugo de Limón, precipitando el citrato de calcio a 60 °C

|          | Jugo de limón (mL) | Gramos de citrato de calcio |
|----------|--------------------|-----------------------------|
| 1        | 100                | 6.0316                      |
| 2        | 100                | 6.4208                      |
| 3        | 100                | 6.4078                      |
| 4        | 100                | 6.2392                      |
| 5        | 100                | 6.0965                      |
| 6        | 100                | 6.1224                      |
| 7        | 100                | 6.0965                      |
| 8        | 100                | 6.2003                      |
| 9        | 100                | 6.1354                      |
| 10       | 100                | 6.1354                      |
| Promedio | 100,0 mL           | 6,1886 ± 0,1316 g           |

Tabla 05.- Rendimiento citrato de calcio a partir de jugo de limón a 60°C

| Numero de repeticiones | Volumen total de jugo | Peso total de citrato | Porcentaje en P/V |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| 10                     | 1000                  | 61,8859               | 6,19%             |

Tabla 06.- Cantidad de ácido cítrico obtenido de la acidificación del citrato de calcio a 60°C.

|       | Cantidad (en gramos) de Citrato de calcio | Ácido cítrico (g) |
|-------|---|-------------------|
| 1     | 6.0316                                    | 3.906             |
| 2     | 6.4208                                    | 4.059             |
| 3     | 6.4078                                    | 4.001             |
| 4     | 6.2392                                    | 4.137             |
| 5     | 6.0965                                    | 3.901             |
| 6     | 6.1224                                    | 4.012             |
| 7     | 6.0965                                    | 3.807             |
| 8     | 6.2003                                    | 4.015             |
| 9     | 6.1354                                    | 4.021             |
| 10    | 6.1354                                    | 3.926             |
| Total | 6,1885 ± 0,1317                           | 3,9785 ± 0,0942   |

Tabla 07.- Rendimiento ácido cítrico a partir de citrato de calcio obtenido a 60 °C

| Numero de repeticiones | Peso total de citrato | Peso total de ácido cítrico | Porcentaje en P/P |
|------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|
| 10                     | 61,885                | 39,785                      | 64,29%            |

Tabla 08.- Porcentaje de rendimiento en la transformación de citrato de calcio a ácido cítrico por acidificación con ácido sulfúrico a 60 °C.

|          | Cantidad en gramos de ácido cítrico a obtener teóricamente | Cantidad en gramos de ácido cítrico obtenido | % rendimiento |
|----------|--|--|---------------|
| 1        | 4.65   | 3.906  | 84,0          |
| 2        | 4.95   | 4.059  | 82,0          |
| 3        | 4.94   | 4.001  | 81,0          |
| 4        | 4.81   | 4.137  | 86,0          |
| 5        | 4.70   | 3.901  | 83,0          |
| 6        | 4.72   | 4.012  | 85,0          |
| 7        | 4.70   | 3.807  | 81,0          |
| 8        | 4.78   | 4.015  | 84,0          |
| 9        | 4.73   | 4.021  | 85,0          |
| 10       | 4.73   | 3.926  | 83,0          |
| Promedio |  |  | 83,4 ± 1,71   |

Tabla 09.- Cantidad en gramos de citrato de calcio obtenidos de 100 mL de jugo de Limón, precipitando el citrato de calcio a 40 °C

|          | Jugo de limón (mL) | Gramos de citrato de calcio |
|----------|--------------------|-----------------------------|
| 1        | 100                | 6.2651                      |
| 2        | 100                | 6.3689                      |
| 3        | 100                | 6.4078                      |
| 4        | 100                | 6.2392                      |
| 5        | 100                | 6.2651                      |
| 6        | 100                | 6.3948                      |
| 7        | 100                | 6.2003                      |
| 8        | 100                | 6.4078                      |
| 9        | 100                | 6.1354                      |
| 10       | 100                | 6.2911                      |
| Promedio | 100,0 mL           | 6,2976 ± 0,0944             |

Tabla 10.- Rendimiento citrato de calcio a partir de jugo de limón a 40°C

| Numero de repeticiones | Volumen total de jugo | Peso total de citrato | Porcentaje en P/V |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| 10                     | 1000                  | 62,976                | 6,30 %            |

Tabla 11.- Cantidad de ácido cítrico obtenido de la acidificación del citrato de calcio a 40 °C.

|          | Cantidad (en gramos) de Citrato de calcio | Ácido cítrico (g) |
|----------|---|-------------------|
| 1        | 6.2651                                    | 3.912             |
| 2        | 6.3689                                    | 3.928             |
| 3        | 6.4078                                    | 3.754             |
| 4        | 6.2392                                    | 3.896             |
| 5        | 6.2651                                    | 3.671             |
| 6        | 6.3948                                    | 3.698             |
| 7        | 6.2003                                    | 3.872             |
| 8        | 6.4078                                    | 4.051             |
| 9        | 6.1354                                    | 3.879             |
| 10       | 6.2911                                    | 4.026             |
| Promedio | 6,2976 ± 0.0933                           | 3,8686 ± 0,1272   |

Tabla 12.- Rendimiento ácido cítrico a partir de citrato de calcio obtenido a 40°C

| Numero de repeticiones | Peso total de citrato | Peso total de ácido cítrico | Porcentaje en P/P |
|------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|
| 10                     | 62,976                | 38,686                      | 61,43%            |

Tabla 13.- Porcentaje de rendimiento en la transformación de citrato de calcio a ácido cítrico por acidificación con ácido sulfúrico a 40 °C.

|          | Cantidad en gramos de ácido cítrico a obtener teóricamente | Cantidad en gramos de ácido cítrico obtenido | % rendimiento |
|----------|--|--|---------------|
| 1        | 4.83   | 3.912  | 81.0%         |
| 2        | 4.91   | 3.928  | 80.0%         |
| 3        | 4.94   | 3.754  | 76.0%         |
| 4        | 4.81   | 3.896  | 81.0%         |
| 5        | 4.83   | 3.671  | 76.0%         |
| 6        | 4.93   | 3.698  | 75.0%         |
| 7        | 4.78   | 3.872  | 81.0%         |
| 8        | 4.94   | 4.051  | 82.0%         |
| 9        | 4.73   | 3.879  | 82.0%         |
| 10       | 4.85   | 4.026  | 83.0%         |
| Promedio |  |  | 79,7 ± 2.91   |

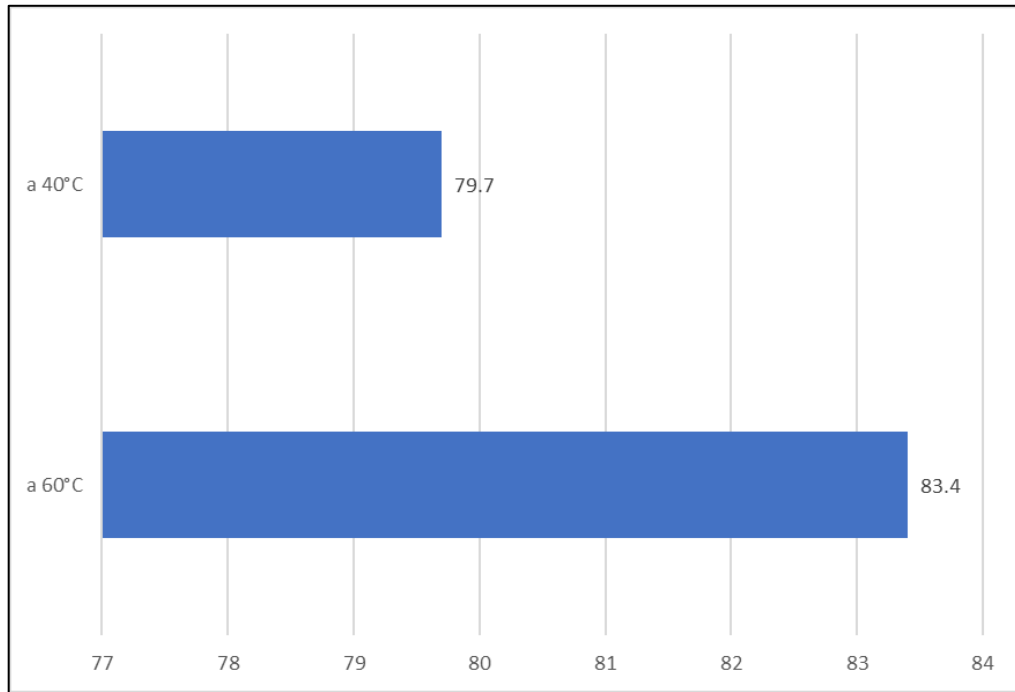


Figura 3.- Porcentaje de rendimiento de ácido cítrico a partir de citrato de Calcio a temperaturas de 40°C y 60°C

La figura 3 muestra el porcentaje en rendimiento de la obtención de ácido cítrico a partir de citrato de calcio en dos valores de temperatura, se observa que a 40 °C el rendimiento es del 79,7% y a 60 °C el rendimiento es de 83,4% , un valor ligeramente mayor que a una escala industrial es determinante para seleccionar una mayor temperatura para el proceso de obtención.

Tabla 14. Rendimiento porcentual de ácido cítrico a partir de jugo de limón

| Volumen de jugo de limón | Gramos de citrato | Gramos de ácido cítrico | Rendimiento porcentual p/v | Condiciones de temperatura |
|--------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 100                      | 6,188             | 3,978                   | 3,98                       | 60                         |
| 100                      | 6,297             | 3,868                   | 3,86                       | 40                         |

Tabla 15.- Prueba F para varianzas de la cantidad en gramos de ácido cítrico obtenidos por acidificación con ácido sulfúrico a temperaturas de 60°C y 40°C

| <i>Estadístico</i>              | 60°C   | 40°C  |
|---------------------------------|--------|-------|
| Media                           | 3.978  | 3.869 |
| Varianza                        | 0.009  | 0.016 |
| Observaciones                   | 10     | 10    |
| Grados de libertad              | 9      | 9     |
| F                               | 0.5474 |       |
| P(F<=f) una cola                | 0.1914 |       |
| Valor crítico para F (una cola) | 0.3146 |       |

El valor de  $F > \text{valor crítico para } F (0.5474 > 0.3146)$ , por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (no existe diferencias en las varianzas) y las varianzas de los datos no son iguales. Se suponen varianzas desiguales.

Tabla 16.- Prueba t para la cantidad en gramos de ácido cítrico obtenidos por acidificación con ácido sulfúrico a temperaturas de 60°C y 40°C, suponiendo varianzas desiguales.

| <i>Estadístico</i>                  | <i>60°C</i> | <i>40°C</i> |
|-------------------------------------|-------------|-------------|
| Media                               | 3.97846     | 3.86858     |
| Varianza                            | 0.009       | 0.016       |
| Observaciones                       | 10          | 10          |
| Diferencia hipotética de las medias | 0           |             |
| Grados de libertad                  | 17          |             |
| Estadístico t                       | 2.196       |             |
| P(T<=t) una cola                    | 0.021       |             |
| Valor crítico de t (una cola)       | 1.740       |             |
| P(T<=t) dos colas                   | 0.042       |             |
| Valor crítico de t (dos colas)      | 2.110       |             |

A partir de esta tabla podemos probar la hipótesis nula (no existen diferencias en la cantidad de ácido cítrico obtenida por acidificación a 60°C y a 40°C) de nuestra prueba t, la cual se rechaza si se cumple alguna de estas dos condiciones:

Si 0,05 es mayor que el valor de P; ( $0,05 > 0,042$ )

Si el valor crítico de t es menor al valor del Estadístico t; ( $2,11 < 2,196$ )

En este caso las dos condiciones se cumplen, por lo tanto, hay evidencia significativa para decir que las medias de los valores de la cantidad de ácido cítrico obtenido a 2 temperaturas son diferentes. La hipótesis nula se rechaza, y se puede asegurar que existen diferencias en la obtención de ácido cítrico por acidificación a temperatura de 60°C y 40°C siendo más eficiente el proceso cuando se realiza a 60°C.

### 3.2 Caracterización del ácido cítrico obtenido

Tabla 17. Parámetros de identificación del compuesto obtenido según la USP

| Parámetros           | Resultados    | Unidades    |
|----------------------|---------------|-------------|
| Humedad              | 0,43 ± 0,046  | g/100g      |
| Residuos de ignición | 0,047 ± 0,002 | g/100g      |
| Oxalatos             | ausencia      | traslucido  |
| Ion Citrato          | Presencia     | Rojo carmín |

Tabla 18. Valoración del ácido cítrico obtenido

| Peso de ácido cítrico | mL de NaOH (0,1N) | Contenido de ácido cítrico | Porcentaje de pureza |
|-----------------------|-------------------|----------------------------|----------------------|
| 3,0037                | 46,2              | 2,958,6                    | 98,5                 |
| 2,997                 | 46,0              | 2,945,8                    | 98,3                 |
| 3,0057                | 46,1              | 2,952,2                    | 98,2                 |

## IV DISCUSIÓN

El ácido cítrico es un ácido orgánico, conocido como una sustancia natural de las plantas desde finales del siglo XIX, es un compuesto intermedio en el ciclo de Krebs y presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en cítricos como el limón, la naranja y la mandarina. Fue aislado por primera vez por Scheele al mezclar zumo de limón con cal y disolviendo el precipitado con ácido sulfúrico. A principios del siglo XX la obtención del ácido cítrico se realizaba a partir de limones, pero a mediados de ese proceso se hizo cada vez menos rentable y desde 1893, los científicos saben que es producido por hongos filamentosos. El ácido cítrico se obtiene principalmente en la industria gracias a la fermentación de azúcares como la sacarosa o la glucosa, realizada por un micro hongo llamado *Aspergillus niger*. En 1923 se inició la primera fermentación práctica para la producción de este ácido orgánico utilizando microorganismos que crecían sobre la superficie de los cultivos. Los microorganismos capaces de producir y acumular ácido cítrico son las especies de los géneros *Aspergillus*, *Citromyces*, *Penicillium*, *Monilia*, *Candida* y *Pichia*, aunque para la producción comercial sólo se utilizan mutantes de *Aspergillus niger*.

El ácido cítrico es un buen conservador y antioxidante natural que se añade industrialmente como aditivo alimentario en el procesado y envasado de muchos alimentos, como las conservas de vegetales, es usado principalmente en la industria de la alimentación para la elaboración de bebidas y otros productos, también como saborizante y conservante, aunque tiene otras muchas propiedades por las que es utilizado en esta industria. El ácido cítrico también es utilizado en la industria farmacéutica, textil, cosmética, agrícola y de detergentes.

Considerando que en la presente investigación tratamos la aplicación del método de Scheele, el cual es un método fisicoquímico en el que se toma como materia primera el jugo de los limones, en la tabla 1 observamos el rendimiento de los limones empleados en este trabajo, debemos tener en cuenta que el contenido del jugo de limón depende de muchos factores como el estado de madurez, el tipo o variedad así como la zona de procedencia y en la tabla 3 podemos apreciar que bajo las condiciones adquiridas el rendimiento en jugo es de 25,76 %. Siendo esta la primera etapa del proceso para las posteriores operaciones a realizar en las cuales consideramos dos temperaturas para poder determinar la mejor condición óptima en

el rendimiento final.

En la tabla 4 podemos observar el resultado de la formación de citrato de calcio formado a partir del jugo de limón obtenido y la adición del carbonato de calcio y su correspondiente precipitación a 60 °C en una serie de 10 repeticiones, lo cual según apreciamos en la tabla 5 nos permitió obtener un rendimiento de 6,19 %; en la etapa subsiguiente del proceso que consiste en la acidificación del citrato de calcio para la obtención del ácido cítrico se puede apreciar en la tablas 6 y 7 que el rendimiento del ácido cítrico a partir del citrato de calcio obtenido fue de un 64,29 por ciento bajo las condiciones antes dicha de una temperatura de 60°C. Al realizar los cálculos teóricos a partir de la estequiometría que debería obtenerse del ácido cítrico desde el citrato vemos que en promedio debería tener un rendimiento de 83,4% como se aprecia en la tabla 8.

A partir de la tabla 9 podemos ver el rendimientos de los diversas etapas del proceso de obtención del ácido cítrico pero en las condiciones de temperatura de 40°C; tan es así que, En la tabla 10 podemos observar el resultado de la formación de citrato de calcio formado a partir del jugo de limón obtenido y la adición del carbonato de calcio o cal apagada y su correspondiente precipitación a 40 °C en una serie de 10 repeticiones, lo cual según apreciamos en la tabla 10 nos permitió obtener un rendimiento de 6,30 %; en la etapa siguiente de la elaboración que es la acidificación de la sal de citrato de calcio con la solución de ácido sulfúrico para la obtención del ácido cítrico se puede apreciar en la tablas 11 y 12 que el rendimiento del ácido cítrico fue de un 61,43 por ciento bajo las condiciones antes citada de una temperatura de 40°C. Al realizar los cálculos según la estequiometría debería obtenerse del ácido cítrico desde el citrato de calcio un promedio de rendimientos de un 79,7% como se aprecia en la tabla 13.

En la tabla 14 podemos ver un resumen del rendimiento porcentual a partir del jugo de limón no observándose diferencia entre las condiciones aplicadas a pesar del que a 60°C hubo una ligera mayor producción de citrato, pero a 40°C una mayor producción del ácido cítrico homogenizando el proceso general. En las tablas 15 y 16 podemos ver la aplicación de las pruebas estadísticas para las varianzas como la t para las medidas que nos permite realizar la validación de la hipótesis nula en la cual se indica que no existen diferencias estadísticas significativas en las diferentes condiciones de temperaturas aplicadas al proceso, los valores estadísticos indican

que se rechaza la hipótesis nula existiendo diferencias en la obtención ácido cítrico a temperatura de 40 °C y 60°C

En cuanto las pruebas de caracterización del producto obtenido en la tabla 17 se nos permite observar que el producto obtenido bajo las condiciones de operaciones descritas cumple con las especificaciones de la farmacopea británica en la cual no supera el requisito de humedad exigido que es menor al 0.5%; se debe indicar que el producto obtenido se ha mantenido en una campana de desecadora ya que el producto es higroscópico por naturaleza; y en cuanto al residuo de ignición, que viene a ser el contenido de cenizas o sales minerales del producto también cumple con las especificaciones, mostrando una reacción negativa a oxalatos que podría ser una posible contaminación en la obtención del ácido cítrico por este método y el ensayo de identificación por la presencia del ion citado.

En la tabla 18 podemos ver la cuantificación del producto obtenido, teniendo como resultado un valor promedio de 98% cumpliendo con las especificaciones que indica una pureza del compuesto entre 95 y 105%.

## V CONCLUSIONES

- El método Scheele es adecuado y eficiente para la obtención de ácido cítrico a partir de fuentes vegetales como el Limón.
- El porcentaje de rendimiento de ácido cítrico a partir del jugo de limón utilizando el método Scheele es en promedio de 3,9% peso a volumen.
- El desarrollo del método, a temperatura de 60°C y 40°C presentan diferencias estadísticas significativas, siendo mas eficiente el proceso a 60°C.

## **VI RECOMENDACIONES**

- Estandarizar las características del jugo de limón que se va a utilizar en la obtención del ácido cítrico por el método de Scheele.
- Realizar la obtención de ácido cítrico a partir de jugo de limón variando parámetros como temperatura y presión para determinar los valores a los cuales se obtiene el mayor rendimiento
- Promover la investigación de la obtención del ácido cítrico por bioprocesos como la fermentación de carbohidratos a través de microorganismos.

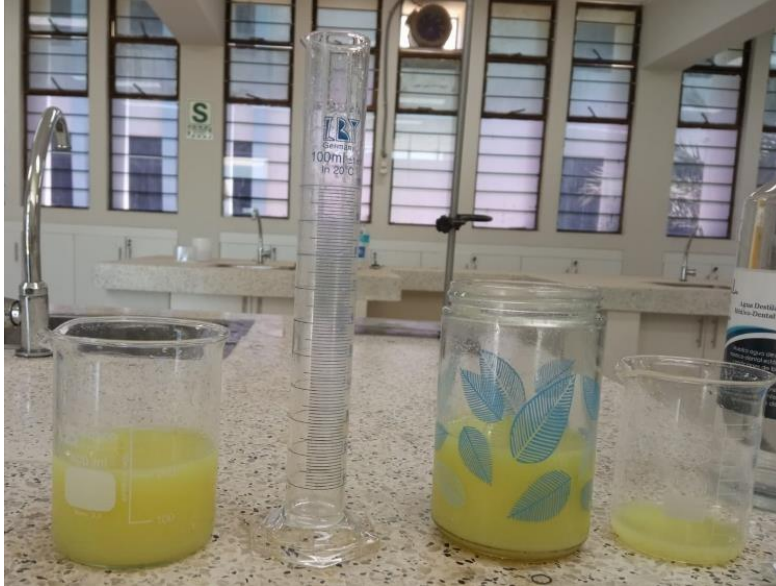
## VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wisniac J. Carl Wilhelm Scheele. Revista CENIC Ciencias químicas; 2009. vol 40 (3) 165-173.
2. Enciclonet. Scheele, Carl Wilhelm. Web de las bibliografías  
Disponible en:<https://www.mcnbiografias.com/app-bio/do/show?key=scheele-carl-wilhelm>
3. López M, Méndez J., Pérez F, Torres M. Métodos físicos para la separación de sustancias orgánicas. Universidad de las Palmas de Gran Canarias. 2005 disponible en; <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/436/1/494.pdf>
4. Torres M, Gómez S. Ácido Láctico. Una revisión sobre los métodos de determinación y purificación. Biociencias • Vol.14 • No. 2 • Julio - Diciembre de 2019 • pp. 149-175
5. Muñoz-Villa, A; Sáenz de ceewq22'3 de ceewq22'32-Galindo\*, A; López-López, Li; et. Al, Ácido cítrico: compuesto interesante. Artículo de Publicación Científica. Julio – diciembre 2014, año 6 No 12 Disponible en: <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/AQM/No.%2012/4.html>
6. Rivarda F. Planta industrial de producción de ácido cítrico a partir de melazas de remolacha: Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias. 2008
7. Li, X. Recycling, and reuse of waste concrete in China: Part II. Structural behaviour of recycled aggregate concrete and engineering applications. [Internet]. 2008. Disponible en <https://sciencedirect.unicartagenaproxy.elogim.com/science/article/abs/pii/S0921344908001985>
8. Ficha técnica sobre ácido cítrico. Disponible desde: <http://quiagral.com.pe/wp-content/uploads/2016/10/FT-Acido-Citrico-Anhidro-2016-I.pdf>
9. Mesa Garriga, L.; González Suárez, E.; de la Cruz, R.; López, Y. Avances en la producción de ácido cítrico a partir de miel final por *Aspergillus niger*. Revista Cubana de Química, 2005 vol. XVII, núm. 1, pp. 171-178
10. Ramírez B. S. Tesis de Licenciatura “Estudio Sintético y Evaluación de la Actividad Antimicrobiana de Citroamidas Aromáticas Mediante Química Verde” UA de C; 2011.
11. Silverio Calderón, C., Ayala Armijos, H. Revista Silogismo. Jan-Jun 2015, Vol.

- 1 Issue 1 5,p60-66. 7p.
12. Mejía, Érica; Navarro Patricio; Vargas Cristian; Tobon Jorge; Osorio Walter. Dyna. Diciembre 2016, Vol. 83 Issue 199, p94-101. 8p,
  13. Rangel Adriana Marisol, Rodríguez Juan Carlos. Congreso Internacional de Investigación Academia Journals, 2019, Vol. 11 Issue 1, p1226-1230, 5p.
  14. Torrenegra Alarcón Miladys Esther; Pajaro Nerlis Paola; León Méndez Glicerio. Revista colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas, Base de datos: Índex complementario. ago.2017, Vol. 46 Issue 2, p. 160-175.
  15. Yúfera E. Química orgánica básica y aplicada. De la molécula a la industria, España EditorialReverte S.A.; 1995.
  16. Papagianni M. Advances in citric acid fermentation by *Aspergillus niger*: Biochemical aspects, membrane transport and modeling. *Biotechnology Advances*; 2007. 25, 244-263.
  17. Cabello A.Ch.; Sáenz G.A.; Pérez B. C.; López L. Ll.; Ávila O. C.; Valdés G. J.; Morán D.  
L. Modificación Superficial de MWCNT's Asistida por Ultrasonido con Ácido acético y Ácido cítrico; 2014, 566, 139-145.
  18. Wikiz. Citrus x limón: disponible en: [https://es.wikiz.com/wiki/Citrus %C3%97 limon](https://es.wikiz.com/wiki/Citrus_%C3%97_limon), acceso 30 julio 2021.
  19. Morton Julia F. Lemon in Fruits of Warm Climates. Purdue University; 1987 pp. 160–168.
  20. Carque, Otto[1923]. Rational Diet: An Advanced Treatise on the Food Question. Los Ángeles, California: Kessinger Publishing; 2006. p. 195. ISBN 978-1-4286-4244-7.
  21. Minagri. Boletín. Informe del Limón Lima; 2017.  
Disponible en:file:///C:/Users/Cecilia/Downloads/boletin-informe-limon.pdf
  22. Solis Mery. Determinación de las propiedades Físicoquímicas del limón UniversidadTécnica de Ambato Ecuador; 2006.
  23. Ficha técnica ácido cítrico GTM. Disponible desde:  
<http://www.gtm.net/imagenes/industrial/a/%C3%81CIDO%20C%C3%8DTRICO.pdf>
  24. Química.es. Ácido cítrico. disponible en:  
[https://www.quimica.es/enciclopedia/%C3%81cido\\_c%C3%ADtrico.html](https://www.quimica.es/enciclopedia/%C3%81cido_c%C3%ADtrico.html) acceso 27/09/2022.

25. SERNAC. Aditivos Alimenticios: definiciones básicas e información para el uso responsable. Servicio Nacional del Consumidor. Santiago de Chile 2004.
26. Wiki, A. Para qué sirve el ácido cítrico. Beneficios y propiedades. Diciembre 2009. Disponible en: <https://blog.nutritienda.com/acido-citrico/>. Acceso 14/08/2022.
27. López G. L.; De la Cruz S.R. Estudio de Diferentes Capacidades Productivas de Ácido Cítrico. Revista Universidad EAFIT; 2008; 45, 62-69.
28. United States Pharmacopeial Convention I. US Pharmacopeia, 43rd revisión, Rockville, MD20852, Estados Unidos de América; 2019
29. Franco E. El porqué de la ética en la investigación científica. Investig. Andina; 2012; vol.14 no.24.

## VIII. ANEXOS



Jugo de limón

Proceso de  
preparación de  
lechada de CAL  
(carbonato de calcio  
al 5%)

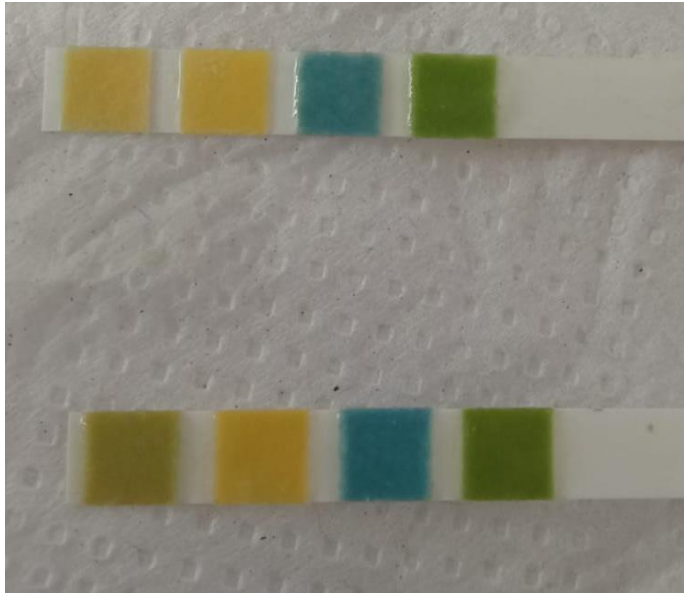




Adición de lechada de cal al jugo de limón

Solución después de 5 días de reposo, parte densa blanquecina (citrato de calcio), líquido sobrenadante (ácido cítrico en proceso)





Medida de pH, para seguir con el proceso de obtención de ácido cítrico.

Al lograr un pH básico procedemos a separar el líquido sobrenadante para ser llevado a reaccionar con ácido sulfúrico.

Una vez separadas las dos fases, nos dimos cuenta de que necesitábamos un líquido más claro o transparente, procedimos a centrifugar a 5000 rpm por 10min.

Ya obteniendo el líquido más claro, le adicionamos ácido sulfúrico, llevando a 50° C quedando en disolución el ácido cítrico que es obtenido por decantación después de dejar reposar.





En total el  
rendimiento  
fue de 25,3  
gramos

## PRUEBAS DE IDENTIFICACIÓN CON EL ACIDO CÍTRICO

### DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE HUMEDAD:



Pesamos muestra  
de ácidocítrico

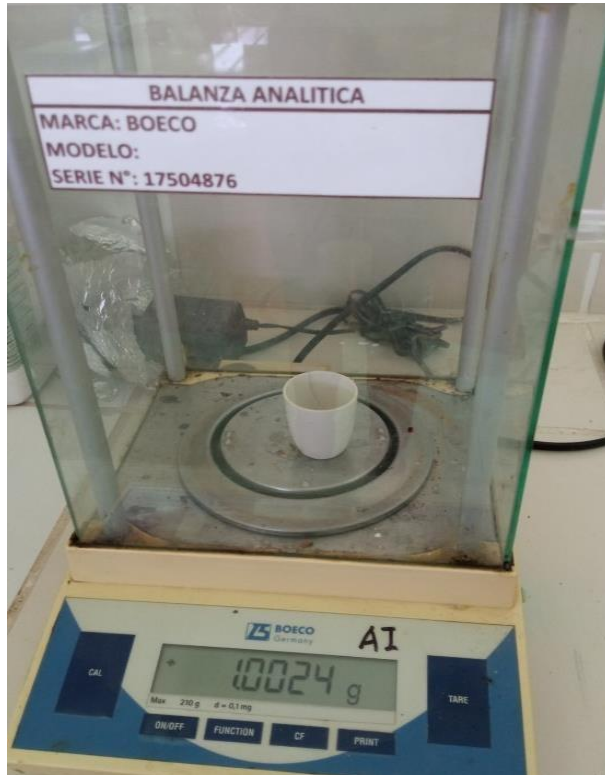


Se lleva a la estufa  
esterilizada

Sacamos de la estufa para pesar y determinar % de humedad



- IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS DE IGNICIÓN

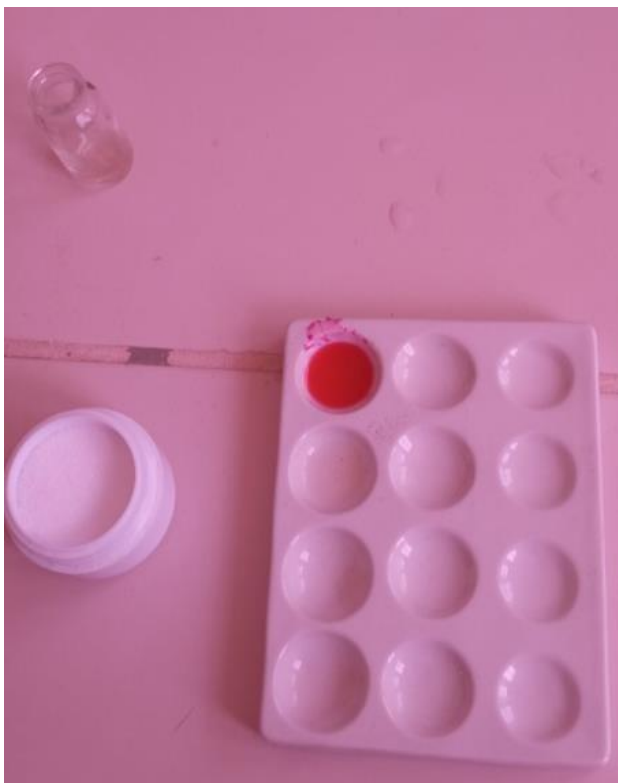


Pesamos muestras de ácido cítrico

Se lleva a la mufla a 500°C por cuatro horas, se debe obtener de resultado un polvo grisáceo



- DETERMINACIÓN DE ION CITRATO



A unos miligramos de muestra de ácido cítrico cristalizado, le añadimos dos gotas de piridina disuelta en anhídrido acético.

El resultado positivo de presencia de ion citrato nos dará una coloración fucsia/roja.

## CERTIFICACIÓN BOTÁNICA

### CERTIFICACIÓN BOTÁNICA

#### “Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

El Blgo. Que suscribe determina que, la muestra biológica presentada por el bachiller en Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga **IPANAQUE ARONI, Marina Solange** con DNI N° 70544656, para su determinación pertenece al nombre científico de *Citrus limon* (L) Burm; “limón”, según Sistema de Clasificación de Arthur Cronquist, (1988).

REINO: PLANTAE

DIVISIÓN: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

ORDEN: SAPINDALES

FAMILIA: RUTACEAE

GÉNERO: *Citrus*

ESPECIE: *Citrus limon* (L) Burm

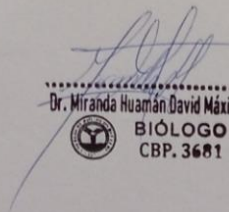
N.V. “limón”

Sinonimia: *Citrus x limon* (L) Burm. F

Se emite la presente certificación a solicitud del interesado, para fines de estudios

Ica, 21 de diciembre del 2022.



  
.....  
Dr. Miranda Huamán David Máximo  
BIÓLOGO  
CBP. 3681

## PERMISO PARA USO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA  
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA



### CONSTANCIA

EL DIRECTOR ACADÉMICO DE LA FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA.

HACEN CONSTAR QUE EL ESTUDIANTE:

**IPANAQUE ARONI MARINA SOLANGE**


Código N° 20130943

En vías de regularización, se le autoriza el uso de las instalaciones del laboratorio de Química Analítica, para el desarrollo de su proyecto de tesis, el cual lleva como título **Rendimiento e identificación del ácido cítrico obtenido por el método Scheele a partir de Citrus lemon en Ica Perú 2021**, y que aprobado el proyecto deberá presentar un documento con su asesor, indicando los días y horas que hará uso del laboratorio.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Ica, 23 de Noviembre 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA  
Dirección de Escuela Académica

  
GENARO OT. ROSALES HERNÁNDEZ  
DIRECTOR

