

**Diseño del muestreo y caracterización fisicoquímica para la determinación de compuestos xenobióticos en piña (*Ananás Comosus (L.) Merr*) comercializadas en la ciudad de Santiago de Cali**

**Diego Alexander Solarte Benavides**

**Directores:**

**Dra. Nini Johanna Gutiérrez Moreno**

**Dr. Juan Manuel Peña Herrera**

**Universidad Santiago de Cali  
Facultad de Ciencias Básicas  
Programa de Química  
Cali, Colombia  
2023**

**Diseño del muestreo y caracterización fisicoquímica para la determinación de compuestos xenobióticos en piña (*Ananás Comosus (L.) Merr*) comercializadas en la ciudad de Santiago de Cali**

**Diego Alexander Solarte Benavides**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
Químico.**

**Directores:**

**Dra. Nini Johanna Gutiérrez Moreno**

**Dr. Juan Manuel Peña Herrera**

**Línea de Investigación:**

**QUÍMICA MOLECULAR Y SUPRAMOLECULAR**

**Grupo de Investigación:**

**QUIBIO**

**Universidad Santiago de Cali**

**Facultad de Ciencias Básicas**

**Programa de Química**

**Cali, Colombia**

**2023**

## IMPACTOS

Relacione el (los) impacto(s) que presentó el Trabajo de Grado

IMPACTOS	PRODUCTO	BENEFICIARIO(S)
Científico	Obtención de datos relevantes sobre las características fisicoquímicas del fruto de la piña, a partir de la realización del muestreo y los análisis experimentales, haciendo con la utilización del método científico. Divulgación de los resultados en el XIX Congreso Colombiano de Química, Bogotá, 4-6 octubre de 2023.	Grupo de investigación QUIBIO. Universidad Santiago de Cali. Comunidad consumidora de piña.
Ambiental	Caracterización fisicoquímica de los frutos de piña que serán analizados respecto a la residualidad de plaguicidas, que puedan tener un impacto en la salud ambiental, animal y humana; apoyando de este modo la segunda fase que se desarrollará en el proyecto del grupo de investigación.	Grupo de investigación QUIBIO. Universidad Santiago de Cali. Sociedad en general
Social	Obtención de datos de interés acerca de las características del fruto de la piña que la hacen óptima para su consumo.	Grupo de investigación QUIBIO. Universidad Santiago de Cali. Comunidad de Santiago de Cali, consumidora de piña.

# Diseño del muestreo y caracterización fisicoquímica para la determinación de compuestos xenobióticos en piña (*Ananás Comosus (L.) Merr*) comercializadas en la ciudad de Santiago de Cali

**Diego A. Solarte-Benavides<sup>a</sup>, Nini J. Gutiérrez-Moreno<sup>a\*</sup>, Juan M. Peña-Herrera<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Grupo de Investigación en Química y Biotecnología, QUIBIO, Universidad Santiago de Cali, Colombia.

<sup>b</sup> Grupo de Investigación Ciencia de Materiales Avanzados, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín; Colombia.

\* Autor de correspondencia: nini.gutierrez00@usc.edu.co

## RESUMEN

El presente Proyecto da a conocer los resultados fisicoquímicos obtenidos del muestreo de piñas comercializadas en la ciudad de Santiago de Cali, recolectadas en diferentes puntos de venta, para un posterior estudio que evaluará la presencia de plaguicidas residuales en la pulpa de la piña. La determinación de los parámetros fisicoquímicos del fruto se realizó conforme a la norma NTC 729-1 para frutas frescas de piña, así como las directrices estipuladas en el *Códex Alimentarius*, específicamente en la Norma CXS 182-1993 para piñas.

Los resultados muestran que el peso de los especímenes para la piña oro miel está en el rango entre 1239,5g - 2051,6g, y para cayena lisa está en el rango de 1572,4g - 1932,2g, las piñas maduras presentaron valores más altos de pH: 3,78 para oro miel y 3,80 para Cayena lisa, mientras las medianamente maduras para oro miel se obtuvo un resultado de pH de 3,61 y para las piñas verdes valores de pH de 3,52 y 3,64 para oro miel y cayena lisa, respectivamente, el porcentaje de cenizas promedio de la pulpa fue de 0,11 a 0,37%, y la humedad está calculada en el rango entre 82,86 - 88,17 %, los grados Brix (°Brix), indicaron un mayor contenido de azúcares y madurez sensorial, para piñas maduras se obtuvieron 13,77 °Brix, mientras que las piñas medianamente maduras se halló un valor de 10,35 °Brix y piñas verdes tienen 7,78 °Brix, en cuanto al porcentaje de acidez se obtuvo un valor promedio de 0,52% sin variabilidad entre piñas maduras y medianamente maduras, y un valor de 0,40% para pulpa de piña verde, entre las conclusiones se puede destacar que parte de los resultados de los análisis fisicoquímicos, están influenciados por el estado de madurez del fruto.

Este proyecto es la primera parte de un macroproyecto, en que se tendrán como primera fase los resultados de las propiedades fisicoquímicas de muestras de piña comercializadas en la ciudad de Santiago de Cali, y posteriormente una segunda fase con el estudio de identificación de los compuestos agrotóxicos presentes en la pulpa de la fruta.

**Palabras clave:** Piña, MD-2, muestreo, caracterización, análisis fisicoquímicos.

# Sampling design and physicochemical characterization for the determination of xenobiotic compounds in pineapple (*Ananás Comosus (L.) Merr*) marketed in the city of Santiago de Cali

## ABSTRACT

This Project presents the physicochemical results obtained from the sampling of pineapples sold in the city of Santiago de Cali, collected in different points of sale, for a subsequent study that will evaluate the presence of residual pesticides in the pineapple pulp. The determination of the physicochemical parameters of the fruit was carried out in accordance with the NTC 729-1 standard for fresh pineapple fruits, as well as the guidelines stipulated in the Codex Alimentarius, specifically in the CXS Standard 182-1993 for pineapples.

The results show that the weight of the specimens for the honey gold pineapple is in the range between 1239,5g – 2051,6g, and for smooth cayenne it is in the range of 1572,4g – 1932,2g. The mature pineapples presented higher pH values: 3,78 for honey gold and 3.80 for smooth cayenne, while the medium ripe ones for honey gold a pH value of 3,61 and green pineapples with pH values of 3,52 and 3,64 for honey gold and smooth cayenne were obtained, respectively. The average ash percentage of the pulp was 0,11 to 0,37%, and the humidity was calculated in the range between 82,86 – 88,17%. The degrees Brix (°Brix) values indicated a higher sugar content and sensory maturity. For mature pineapples, 13,77 °Brix were obtained, while medium ripe pineapples have a value of 10,35 °Brix and green pineapples have 7,78 °Brix. Regarding the percentage of acidity, an average value of 0,52% was obtained without variability between mature and moderately ripe pineapples, however, a value of 0,40% was obtained for green pineapple pulp. It is important to highlight between the conclusions that part of the physicochemical results are influenced by the state of maturity of the fruit.

This project is the first part of a macroproject, in which the first phase will be the results of the physicochemical properties of pineapple samples sold in the city of Santiago de Cali, and subsequently a second phase with the study of identification of the agrototoxic compounds that would be present in the pulp of the fruit.

**Keywords:** Pineapple, MD-2, sampling, characterization, physicochemical analysis.

## 1. INTRODUCCIÓN

El departamento del Valle del Cauca, de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2022), es uno de los principales productores de piña en Colombia que junto con Meta y Santander representan la mayoría de la producción nacional con 11,46, 33,96 y 4,20 % respectivamente. Teniendo en cuenta el aumento en la producción y la comercialización de frutas en los últimos años, incluida la piña, el control sobre los parámetros para mantener la calidad y la inocuidad de los alimentos, por ejemplo, por la presencia de plaguicidas deben ser fortalecidos.

Los residuos de plaguicidas en los cultivos y en las frutas comercializadas pueden afectar a los seres humanos ocasionando efectos agudos y crónicos en la salud, tales como intoxicación y cáncer, entre otros. Dichos efectos se producen a determinados niveles de concentración presentes en el cuerpo, generados por la exposición y/o consumo. De acuerdo con la (OMS), los plaguicidas son una de las principales causas de muerte por intoxicación entre las personas más expuestas a dichos productos como son, los cultivadores o personas de zonas aledañas a los cultivos (Hassaan y Nemr, 2020).

Los plaguicidas y agroquímicos son utilizados en la producción de frutas para prevenir y controlar plagas, pero también pueden tener efectos negativos en la salud y el medio ambiente. Para el análisis de residuos de plaguicidas, se han desarrollado una variedad de métodos de preparación de muestras en diversas matrices (Sereshti et al., 2020). A pesar de ello, aún se tienen métodos existentes que no pueden proporcionar resultados 100% satisfactorios en lo que es la recuperación (precisión en el análisis) para ciertos plaguicidas ácidos y básicos, especialmente, en matrices con valores extremos de pH. El pH natural de la mayoría de las frutas y verduras oscila entre 2,0 y 7,0 unidades, lo que puede influir en la estabilidad y la eficiencia de extracción de ciertos compuestos (ácidos y básicos). Con el aumento de los requisitos comerciales y de seguridad alimentaria, es importante expandir el alcance del monitoreo de residuos cubriendo la mayor cantidad de productos y rangos de pH, sobre todo, debido a las notificaciones de alerta rápida que se han registrado en los últimos años, en los países de la Unión Europea (UE).

Este informe propone un protocolo integrado para el muestreo y caracterización fisicoquímica de muestras de pulpa de piña en la ciudad de Santiago de Cali. El objetivo principal es determinar la presencia de compuestos agroquímicos en la pulpa de la fruta, el estudio es basado en la norma NTC 729-1 para la piña, así como las directrices estipuladas en el Codex Alimentarius específicamente en la norma CXS 182-1993 para piñas. El estudio fisicoquímico incluirá la evaluación de los siguientes parámetros: peso, pH, humedad, cenizas, acidez, ° Brix, para dos variedades de piñas comercializadas en la ciudad Santiago de Cali.

### Aspectos botánicos de la piña

Durante el proceso de la transición de la fase vegetativa a la fase reproductiva, se producen cambios fisiológicos y estructurales en el punto vegetativo. En la parte superior del fruto se producen hojas que forman la corona, el crecimiento de esta zona continua durante el desarrollo del fruto y finaliza cuando madura, la corona es importante por ser el órgano utilizado para propagación vegetativa; además, es un carácter que separa taxonómicamente el género Ananás de los otros géneros en Bromelias (Flórez et al., 2020).

**Tabla 1**  
Morfología y Taxonomía de la piña

<b>Familia</b>	Bromeliácea; <i>Ananas</i> ; <i>Comosus</i> ; Merr.
<b>Nombre científico</b>	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.
<b>Origen</b>	Zonas tropicales de Brasil y Paraguay, en especial de la cuenca del río Paraná.

<b>Planta</b>	Planta herbácea y perenne que puede alcanzar 1,5 m de altura. Está formada por las siguientes estructuras: raíz, tallo, hojas, pedúnculo, flores, fruto, corona y colinos (ver imagen 1).
<b>Tallo</b>	Del centro de la planta sale un eje (escapo) de crecimiento longitudinal que sostiene una inflorescencia o espiga con brácteas verdes o rojas
<b>Hojas</b>	Hojas alargadas de 30-100 cm, con bordes lisos espinosos, provistas de células especializadas para almacenar agua
<b>Flores</b>	Flores de color blanco o violeta claro de las que más tarde se formarán los frutos, numerosas y de tres pétalos. Se agrupan en inflorescencias en espiga de 30 cm de longitud y de tallo engrosado.
<b>Fruto</b>	Las flores desarrollan frutos en forma de baya sin necesidad de la fecundación, que juntamente con el eje de la inflorescencia y las brácteas dan lugar a una infrutescencia carnosa. En su superficie se distinguen las cubiertas cuadradas y aplanadas de los frutos individuales.
<b>Variedades principales desde la clasificación taxonómica y características morfológicas botánicas</b>	<p>A. <i>A. comosus</i> var. <i>ananassoides</i> (antes dos especies: <i>A. ananassoides</i> y <i>A. nanus</i>)</p> <p>B. <i>A. comosus</i> var. <i>bracteatus</i> (antes dos especies: <i>A. bracteatus</i> y <i>A. fritzmulleri</i>)</p> <p>C. <i>A. comosus</i> var. <i>comosus</i> (antes <i>A. comosus</i>)</p> <p>D. <i>A. comosus</i> var. <i>erectifolius</i> (antes <i>A. lucidus</i>; antes <i>A. erectifolius</i>)</p> <p>E. <i>A. comosus</i> var. <i>parguazensis</i> (antes <i>A. parguazensis</i>)</p> <p>F. <i>A. macrodontes</i> (antes <i>Pseudananas sagenarius</i>)</p> <p>Generalmente las variedades de piña están distribuidas a través de las zonas tropicales y la producción de semilla es poco frecuente, toda vez que presenta fertilidad combinada reducida con autoincompatibilidad.</p>

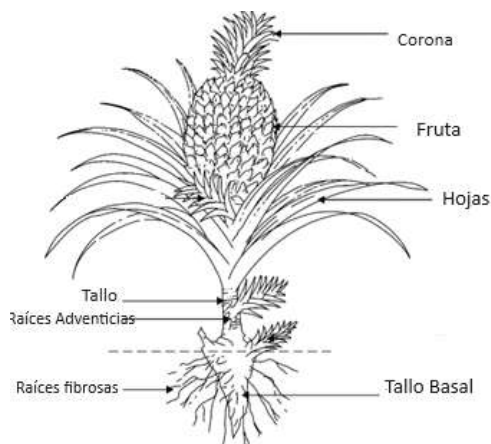
Fuente: (Flórez et al., 2020).

### Descripción del cultivo de piña *Ananás comosus* (L.) Merr

La especie de piña *Ananás comosus* (L.) Merr es una especie típica de las zonas tropicales y se cultiva a una altitud máxima de 800 metros sobre el nivel del mar. Las condiciones óptimas para su cultivo incluyen una temperatura entre 26°C y 30°C, con una precipitación pluvial anual entre 1.500 y 2.000 mm.m<sup>-2</sup> (Flórez et al., 2020).

Esta planta es una especie monocotiledónea, herbácea, perenne y auto-estéril, lo cual significa que no se pueden generar semillas. Su reproducción en campo se realiza vegetativamente a través de brotes producidos en cada planta. Estos brotes se conocen como hijuelos, vástagos, chupones, colinos o coronas, dependiendo de su origen. En algunos cultivos, se pueden producir hasta 10 colinos por año.

El sistema radical de la piña es superficial y está compuesto por raíces axilares desarrolladas en las axilas de las hojas en la parte basal de la planta, así como raíces subterráneas localizadas en la parte inferior del tallo que penetran en el suelo. Las raíces primarias solo son visibles en plantas jóvenes y son reemplazadas por raíces adventicias, también conocidas como "malas hierbas".



**Imagen 1.** Morfología de la piña. Fuente: (Mahazir,.2021).

El tallo de la piña es corto y grueso y constituye el eje principal de la planta. En él se encuentran insertadas las yemas que dan origen a la corona, el fruto, el pedúnculo, los nuevos brotes, las hojas y las raíces. Las hojas son largas, sésiles y acanaladas, se envuelven totalmente en el tallo y están dispuestas en espiral, formando una densa roseta.

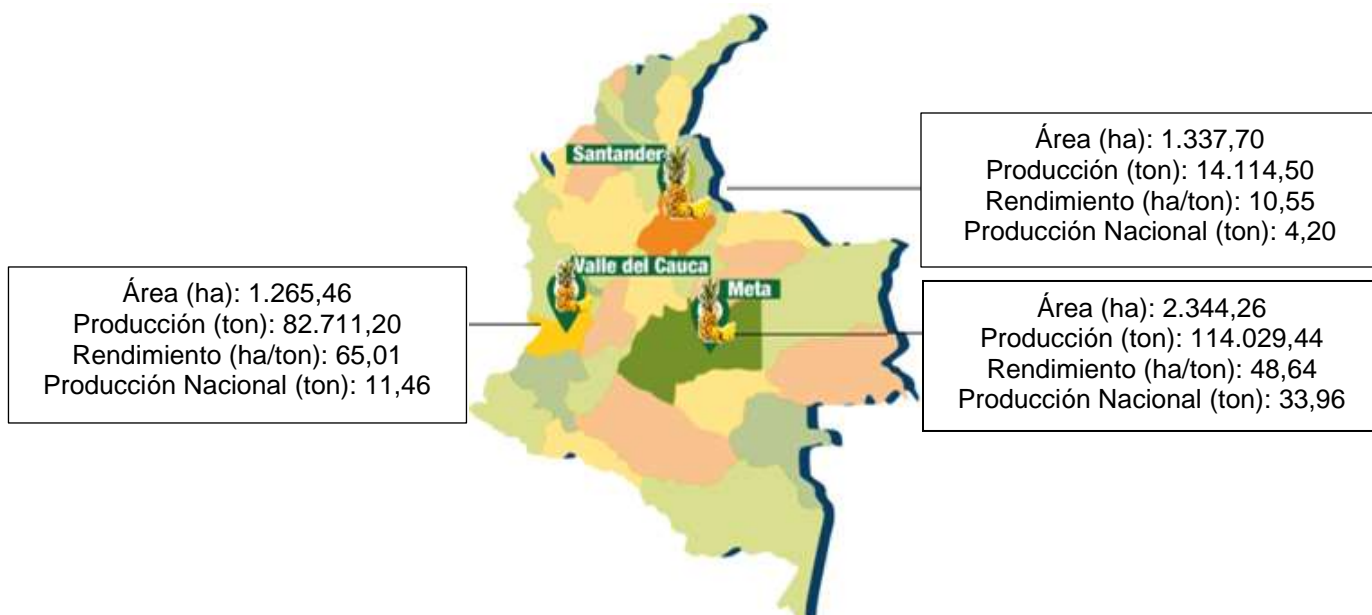
Durante el proceso de la transición de la fase vegetativa a la reproductiva, se producen cambios estructurales en el punto vegetativo de la piña. En esta etapa, se presenta una actividad mitótica acentuada, lo que significa que las células que conforman la cúpula meristemática se especializan y contribuyen a la formación de la inflorescencia. En la parte superior del fruto se producen hojas que forman la corona. El crecimiento de esta zona continúa durante el desarrollo del fruto y finaliza cuando madura. La corona es importante tanto para la propagación vegetativa como para la taxonomía, ya que diferencia al género *Ananás* de otros géneros en la familia de las bromelias (Flórez et al., 2020).

### **Caracterización de la piña cultivada en Colombia**

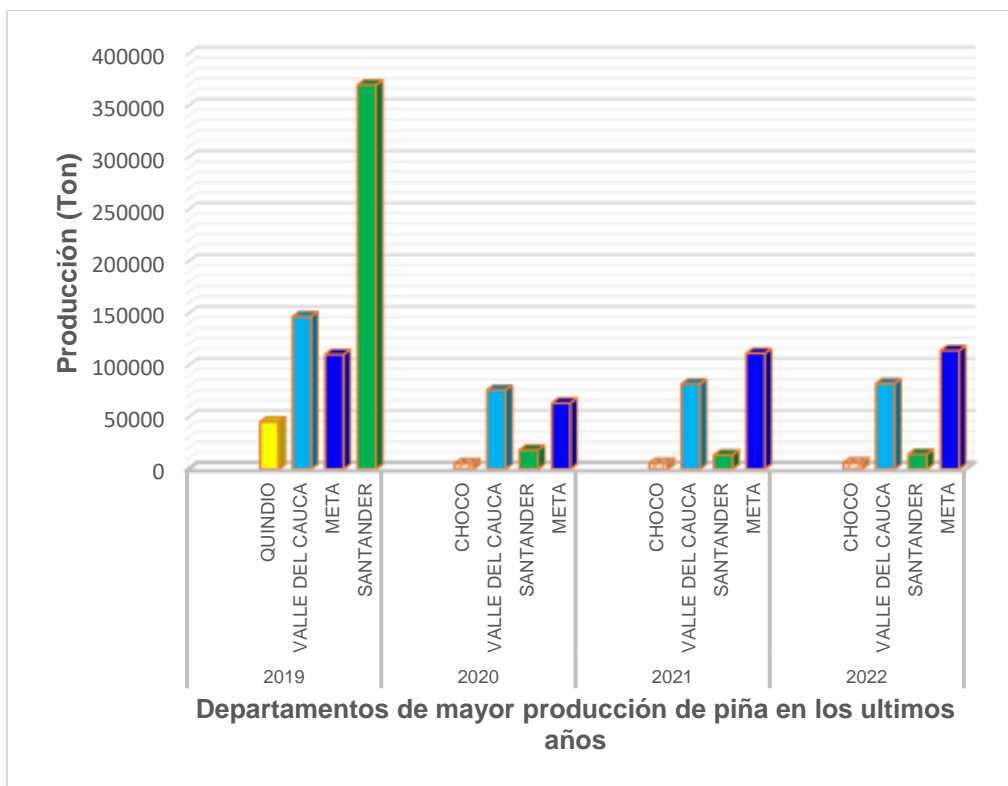
La piña es un cultivo frutal que ha experimentado un notable decrecimiento en producción y diversificación de productos en los últimos años. En Colombia la producción ha tenido un decaimiento principalmente en el departamento de Santander y Meta.

Es una especie típica de las zonas tropicales y su cultivo se realiza principalmente en el departamento de Meta, así como en otras regiones de Colombia. En la imagen 2 se muestra la producción de piña en toneladas y área sembrada en hectáreas referente a la producción nacional de los 3 departamentos con mayor producción en el año 2022. De igual manera, en el gráfico 1 se ve el comportamiento de la producción de piña en toneladas durante los años 2019 al 2022, de los departamentos con mayor producción de piña.

La producción y el cultivo de piña se debe a la implementación de tecnologías y prácticas que mejoran la productividad y el rendimiento del cultivo. En Colombia, se cultivan diferentes variedades de piña, como Cayena Lisa, Perolera, Manzana y Gold MD-2. Cada variedad tiene características específicas en cuanto al tamaño, color y sabor del fruto. Las principales regiones productoras de piña en el país son el Meta y el Valle del Cauca, que se dedican principalmente al cultivo de las variedades Oro miel. También se cultiva piña en la zona del Viejo Caldas, donde se cultiva la variedad Manzana, y en los departamentos de Santander y Norte de Santander, donde se cultiva la variedad Perolera y Cayena lisa.



**Imagen 2.** Área sembrada, producción, rendimiento de la piña en el año 2022 de tres departamentos con mayor producción. Fuente: Elaboración propia a partir de datos ICA.



**Gráfico 1.** Producción de piña en Colombia por departamentos referente a los años 2019, 2020, 2021 y 2022. Fuente: Elaboración propia a partir de datos ICA.

La piña decreció en su producción a partir del año 2020, a causa de los inconvenientes registrados en el departamento de Santander donde la dificultad en la comercialización a nivel local durante la pandemia del SARS-2 Covid-19, que llevó a los productores a cambiar de actividad productiva moviéndose, en gran parte de los casos, hacia la ganadería. El cultivo de piña en el Valle del Cauca para el año 2022 fue de 82.271,20 toneladas, siendo el segundo departamento de Colombia después de Meta en la producción de piña, aunque la variedad que se cultiva es la MD2, a diferencia de Santander donde se cultiva la Perolera, en un área sembrada de 2.344,26 hectáreas, con un rendimiento de 48,64 toneladas por hectárea el cual ha decaído en los últimos cuatro años analizados.

En la tabla 2. Se muestran el área cosechada, producción y rendimiento de los años 2019 al 2022 para cultivos frutales de piña. En la tabla se muestra la evolución de la producción, área cosechada y rendimiento del cultivo y participación porcentual en la producción nacional en el lapso nombrado.

**Tabla 2**

Área cosechada, producción y rendimiento de los años 2019 al 2022 para cultivos frutales de piña, para los 6 departamentos con mayor producción

Año	Departamento	Área cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ha/ton)	Producción Nacional (ton)	área Nacional (ha)
2019	CAUCA	598,50	29.388,00	49,10	3,46	2,81
	CAQUETA	677,00	6.812,50	10,06	0,80	3,18
	QUINDIO	899,90	45.333,50	50,38	5,34	4,23
	VALLE DEL CAUCA	2.371,30	146.840,00	61,92	17,30	11,14
	META	2.711,85	110.219,97	40,64	12,98	12,74
	SANTANDER	8.722,00	369.873,50	42,41	43,57	40,98
2020	GUAVIARE	565,00	11.097,00	19,64	3,77	5,51
	HUILA	580,59	10.677,12	18,39	3,63	5,67
	CHOCO	734,00	5.219,00	7,11	1,78	7,16
	VALLE DEL CAUCA	1.212,21	75.962,97	62,66	25,84	11,83
	SANTANDER	1.411,69	18.141,49	12,85	6,17	13,78
	META	1.425,76	63.490,02	44,53	21,59	13,91
2021	GUAVIARE	635,00	12.359,00	19,46	3,67	5,71
	HUILA	641,87	11.523,78	17,95	3,43	5,77
	CHOCO	813,90	5.458,28	6,71	1,62	7,32
	VALLE DEL CAUCA	1.257,66	81.837,79	65,07	24,33	11,31
	SANTANDER	1.342,70	13.438,50	10,01	4,00	12,08
	META	2.281,76	111.366,82	48,81	33,11	20,52
2022	PUTUMAYO	650,50	7.957,00	12,23	2,37	5,89
	HUILA	654,00	12.970,75	19,83	3,86	5,93
	CHOCO	853,20	5.935,90	6,96	1,77	7,73
	VALLE DEL CAUCA	1.265,46	82.271,20	65,01	24,50	11,46
	SANTANDER	1.337,70	14.114,50	10,55	4,20	12,12
	META	2.344,26	114.029,44	48,64	33,96	21,24

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales, Oficina Asesora de Planeación y Prospectiva - MADR (2023)

La piña tiene diversas características especiales, entre las que se puede destacar su gran adaptabilidad geográfica, por lo que puede ser cultivada en diferentes tipos de suelos incluso aquellos que por sus condiciones no pueden ser empleados para cultivos tradicionales. Desafortunadamente, las grandes ventajas económicas experimentadas con este cultivo contrastan con la problemática ambiental que dicha actividad genera; ya que se incentivó este cultivo sin una planificación adecuada y se promovió la aplicación de altos niveles de agroquímicos para mejorarla, controlar las plagas e incrementar su productividad (Montiel, 2015).

La consecuencia del uso de los plaguicidas en los cultivos no puede ser ignorada. Según la Organización Mundial de la Salud, OMS, en el año 2020, alrededor de un millón de seres humanos se vieron afectados por intoxicaciones agudas por contacto con plaguicidas. Así, cada año se registra una tasa de mortalidad entre 0,4% y 1,9% de la población por causas similares. Adicionalmente, los plaguicidas pueden generar problemas de salud y afectaciones al medio ambiente, por su toxicidad en los ecosistemas acuáticos y terrestres (Hassaan y Nemr, 2020).

### **Factores ambientales**

Los factores ambientales son variables que influyen en el cultivo de la piña, como la temperatura, el suelo, el agua, los insectos, las enfermedades, la luz, las plagas y el clima. A continuación, se describen algunos de estos factores:

**a) Temperatura:** La piña es sensible al frío y no tolera las heladas (Mina, 2017). Su crecimiento se ralentiza a medida que la temperatura desciende. Además, la piña es susceptible al exceso de radiación solar durante la formación de los frutos, lo que provoca el "golpe de sol". Tanto la calidad interna como el color de la pulpa se ven afectados por la temperatura, ya que, a temperaturas más bajas, aumenta la acidez y disminuyen los azúcares. La temperatura y la luminosidad son los principales factores climáticos que determinan el crecimiento de diferentes partes de la planta.

**b) Agua:** La piña es una planta resistente a la sequía y puede tolerar una amplia gama de precipitaciones (Mina, 2017). Sin embargo, en épocas secas es necesario complementar con riego y en épocas lluviosas es importante asegurar un buen drenaje. Las necesidades diarias de agua de la planta se sitúan entre 1,25 y 2 milímetros, por lo que se puede planificar el riego del cultivo de la piña.

**c) Suelo:** La piña se adapta a varios tipos de suelos, pero es importante que sean suelos sueltos y bien drenados. Las raíces de la planta son frágiles y tienen un crecimiento limitado si el suelo no está bien aireado (Mina, 2017). Por lo tanto, la permeabilidad y la aireación del suelo son factores cruciales para el desarrollo del cultivo. Un buen drenaje y una adecuada preparación del terreno permiten cultivar piñas en casi cualquier tipo de suelo, aunque los suelos arcillosos pesados con retención de agua no son recomendables. El pH óptimo para el cultivo de la piña está entre 4,5 y 5,6 unidades.

**d) Plagas y enfermedades:** Los cultivos comerciales de la mayoría de las variedades de Ananás se ven afectados por plagas que inciden en la sanidad de los cultivos, así como por enfermedades causadas por virus, hongos, bacterias y nematodos, algunas de estas enfermedades afectan los cultivos de piña en regiones específicas y restringen la producción y la calidad de la fruta (Mina, 2017).

#### **Plagas:** *Piojo harinoso (dysmicoccus brevipes)*

Es una plaga hemíptera polífaga, conocida como cochinilla. Una de las formas de este insecto se reproduce asexualmente por partenogénesis; sin embargo, en los casos donde los machos están presentes la reproducción es sexual, la forma partenogénica de este insecto está confinada básicamente a las partes inferiores de la planta. A nivel del suelo, el insecto puede desplazarse hacia arriba para alimentarse en la cavidad floral, sobre frutas pequeñas o maduras, y sobre las hojas de la corona. El ataque del insecto genera marchitez y aparecen coloraciones rojizas. Las plantas enfermas presentan reducción en peso, área foliar, número de hojas, longitud y ancho de la hoja y longitud de la raíz.

*Ácaros (dolycotetranychus floridanus)*

Los ácaros se presentan en todas las etapas del cultivo formando colonias sobre los tejidos de la base de las hojas. Los síntomas se reconocen como manchas de color pardo que generan pudriciones. El ataque de estos organismos se incrementa en épocas de sequía.

*Gallina ciega (phyllophage spp)*

Coleóptero que aparece al comenzar las épocas de lluvias. Los adultos se alimentan de las hojas y los frutos, mientras que las larvas atacan las raíces y la materia orgánica. En el tercer estadio larval se alimentan principalmente de las raíces

*Barrenador del fruto (thecla basilides)*

Corresponde al orden Lepidóptera. Los adultos son de hábitos diurnos. Se caracteriza por presentar alas de color dorsal azul metálico. Los huevos son depositados sobre las flores; al eclosionar, la larva de color rosado se introduce en la flor, al salir del fruto, la larva produce un orificio que puede ser la entrada de algunos patógenos

*La mosca del fruto de la piña (Melanoloma viatrix hendel)*

El daño de este insecto es ocasionado por el desarrollo larvario en el fruto, el cual presenta maduración no uniforme y galerías de tamaños pequeños en la parte interna del mismo

**Enfermedades causadas por hongos:** *Phytophthora parasitica dastur*

La infección comienza en la roseta, y se observa una decoloración de las hojas, que cambian de color verde, amarillo y rojo, ocasionando la pudrición del corazón de la roseta y las raíces. A medida que avanza el hongo, se observa debilitamiento de la planta y muerte rápida en suelos mal drenados, con poca permeabilidad y pH alto. Las pérdidas llegan hasta 90% después de la siembra. En plantas adultas también se puede presentar pudrición del corazón, aunque en la mayoría de los casos no les ocasiona la muerte.

*Phithium sp*

La enfermedad se manifiesta por amarillamientos de las hojas hasta tornarse rojas. También se observa secamiento del ápice hacia el tallo. Al eliminar la planta enferma, se desprende con facilidad, puesto que el sistema radical ha sido lesionado. En suelos poco drenados causa podrición de las raíces.

*Fusariosis (fusarium subglutinams)*

El hongo puede infectar todas las partes de la planta. Los tejidos lesionados generan exudados en forma de gomas, observándose un incremento en el número de hojas por espiral, reducción del desarrollo de la planta, acortamiento del tallo, atrofia del meristemo apical y clorosis. Adicionalmente, el fluido del agua disminuye y la planta reduce su crecimiento.

**Enfermedades causadas por virus:** Pudrición rosada (*mealybug wilt pineapple, mwp*)

La pudrición rosada de la piña es una de las enfermedades en la producción mundial; está asociada a cochinillas. En la mayoría de las áreas de producción, la enfermedad viral se caracteriza por presentar senescencia del ápice hacia la base de la planta; se observa además coloración rojiza en la lámina foliar y pudrición de las hojas que, en ocasiones, puede llegar a un colapso total del cultivo. Se reportan las dos especies de cochinillas involucradas en la adquisición y transmisión del virus: *Dysmoccoccus brevipes* (cochinilla rosa de la piña) y *Dysmoccoccus*

*neobrevipes* (cochinilla gris de la piña). Las cochinillas adquieren de forma semipersistente el virus que les sirve de alimento en plantas infectas.

El ritmo cada vez mayor del calentamiento global y la inestabilidad climática desafiarán el manejo de plagas y enfermedades de las plantas cultivadas. Varios informes han demostrado que los aumentos de la temperatura ambiental pueden mejorar la propagación sistémica y de célula a célula de los virus dentro de sus huéspedes infectados. Estas observaciones sugieren que períodos más tempranos y prolongados de clima más cálido pueden causar cambios importantes en la interacción entre los virus y las plantas de sus huéspedes, planteando así riesgos de nuevas enfermedades virales y brotes en la agricultura y la naturaleza. (Amari K, Huang C, Heinlein M 2021)

## Parámetros fisicoquímica de la piña

### Peso

El peso se refiere a la medida de la fuerza de la gravedad que actúa sobre una masa en particular. Es una propiedad que indica la cantidad de materia en un objeto, y como masa designamos la magnitud física con que medimos la cantidad de materia que contiene un cuerpo. Su unidad, según el Sistema Internacional de Unidades, es el kilogramo (kg).

### pH

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia. Se expresa en una escala de 0 a 14, donde 7 es neutro. Valores menores a 7 indican acidez y valores mayores a 7 indican alcalinidad. Conocer el pH de una sustancia es fundamental en química, agricultura, medicina y muchas otras disciplinas ya que ayuda a comprender las propiedades y reacciones de las sustancias. El pH afecta los equilibrios de muchas especies inorgánicas, la solubilidad de los metales, la disponibilidad de nutrientes y la actividad de los microorganismos, El método más popular para determinar el pH es la potenciometría, que utiliza un electrodo de pH de vidrio combinado. El electrodo de pH es muy simple, rentable y tiene un amplio rango dinámico, que cubre varios órdenes de magnitud para la concentración de protones.

### Grados Brix (°Brix) y sólidos solubles

Los °Brix son una unidad de medida utilizada para determinar la concentración de azúcar disuelto en un líquido, generalmente agua. Este término es ampliamente utilizado en la industria agrícola y alimentaria para evaluar la calidad de frutas, jugos, néctares y otros productos relacionados con el azúcar. Los °Brix se miden utilizando un refractómetro, un dispositivo que mide el índice de refracción de la luz en un líquido. Esta medición se utiliza en agricultura para determinar el momento óptimo de cosecha de frutas y cultivos, ya que indica su dulzura y calidad. Un °Brix se define como 1 g de sacarosa en 100 g de solución. Si la solución contiene sólidos disueltos distintos de la sacarosa pura, entonces el °Brix solo se aproxima al contenido de sólidos disueltos. La concentración de sólidos solubles de un alimento con fase líquida suele venir expresada bien por 100 gramos de producto, o bien por 100 gramos de fase líquida del mismo. La concentración de sólidos solubles expresada por 100 gramos de fase líquida se le conoce también como °Brix. Ambas formas de expresar la concentración de sólidos solubles °Brix o g sólidos solubles/100 g de producto) son ampliamente utilizadas en la industria alimentaria. Por ejemplo, una disolución de 30 °Brix contiene 30 gramos de sólidos solubles disueltos por 100 gramos de disolución o fase líquida, de acuerdo con la ecuación 1.

$$\frac{^{\circ}\text{Brix}}{100} = y_{SS} = \frac{X_{SS}}{X_w + X_{SS}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde  $y_{SS}$  son los gramos de sólidos solubles por gramo de fase líquida

$X_w$  es (g agua/g muestra) (%humedad /100)

Los sólidos solubles ( $X_{SS}$ ) por 100 gramos de muestra se calculan despejando  $X_{SS}$

### Porcentaje de humedad (% H)

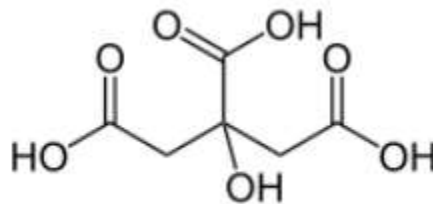
El contenido de humedad natural se refiere a la cantidad de agua presente en un material o sustancia en su estado natural, sin ninguna manipulación adicional y se expresa como un porcentaje del peso total. Esta medida es esencial en numerosos campos, ya que el agua es un factor clave que afecta la calidad y el comportamiento de muchos materiales. El agua desempeña un papel fundamental en la estructura y composición de los alimentos y productos. Afecta su textura, sabor, capacidad de conservación y, en algunos casos, su seguridad. Existen diferentes métodos para medir el contenido de humedad en alimentos y productos. Algunos de los métodos de referencia tradicionales incluyen el método gravimétrico. En las industrias agrícolas y alimentarias, la humedad excesiva puede conducir a productos maltratados y podridos. El método más común para determinar el contenido de humedad es analíticamente a través de la pérdida de peso mediante el método de secado en horno, en el que el contenido de humedad se determina a partir del cambio de peso de la muestra después de la evaporación del agua absorbida en el horno.

### Porcentaje de cenizas (% cenizas)

La determinación de cenizas es una técnica o proceso que permite estimar la cantidad total de minerales presentes en una muestra. Este parámetro corresponde a uno de los análisis de los estudios de calidad y caracterización de la industria alimenticia. Entiéndase por cenizas los residuos no volátiles que se obtienen al incinerar una muestra, y en este caso un alimento. Estas constan en esencia de óxidos metálicos y son ricas de iones metálicos que representan el contenido mineral de los alimentos. Dependiendo del producto, la cantidad de cenizas afecta la calidad de este, siendo un factor para tomar en cuenta en los análisis de calidad.

### Porcentaje de acidez (% acidez en términos de ácido cítrico)

El ácido puede estar presente en los alimentos y las bebidas de forma natural, generado en procesos como la fermentación, o se puede añadir durante el procesamiento como un medio de conservación estándar. La comprobación de la acidez es importante en toda la cadena de valor del procesamiento de alimentos. El ácido cítrico es un ácido orgánico tricarboxílico que está presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en cítricos. Su fórmula química es  $C_6H_8O_7$  (ver imagen 3). La acidez de un producto natural se considera como su contenido en sustancias ácidas. Habitualmente se determina mediante técnicas de valoración ácido-base y se puede expresar como la cantidad equivalente de un ácido (ácido cítrico) característico de ese producto natural.



**Imagen 3.** Estructura de la molécula de ácido cítrico, principal ácido presente en la piña.

### Inocuidad de los alimentos

La inocuidad de los alimentos es una preocupación global tanto para los consumidores como para las autoridades. En este sentido, se enfoca especialmente en la producción primaria, ya que, en la mayoría de los casos, los problemas tienen su origen en las etapas iniciales de las cadenas de producción alimentaria. A pesar de que los plaguicidas desempeñan un papel fundamental en el sector agroalimentario, al garantizar la producción de alimentos, su aplicación es percibida por muchos como un desafío para alcanzar la sostenibilidad. (Lykogianni et al., 2021). Otros problemas adicionales están relacionados con el monocultivo y el uso intensivo de plaguicidas que han reducido la biodiversidad en los agrosistemas y han desequilibrado la relación entre patógenos y otros organismos. (Liang et al., 2019).

La producción de piña en el Valle del Cauca se lleva a cabo bajo prácticas de agricultura, en la agricultura el manejo racional de plaguicidas es fundamental en la práctica agrícola sostenible, ya que desempeña un papel crucial en la protección de los cultivos y la garantía de la seguridad alimentaria

El código de conducta de la FAO sobre distribución y uso de plaguicidas (Código FAO) fija normas para gobiernos, industrias, comerciantes usuarios de plaguicidas, promueve prácticas que minimicen riesgos y fomenta la gestión integrada de las plagas y los sistemas naturales de control de estas. Es así como en mayo del 2001, fue aprobada la Convención de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), (POPs: Persistent Organic Pollutants) por 127 Estados, constituyéndose en la base legal internacional para su futura eliminación. Colombia estableció el Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre los COPs en el año 2008 con la Ley 1196 de 2008 (Colombia. Minambiente; GEF; PNUD, 2017).

Aunque el uso de plaguicidas en la producción de piñas es necesario debido a las plagas, enfermedades y malas hierbas que pueden afectar el cultivo y dificultar su comercialización, es importante utilizar los plaguicidas de manera consciente para minimizar los efectos en la salud humana y en el medio ambiente (Ulibarry G. (31 de 01 de 2019).

La producción de piña es muy rentable, sin embargo, como se ha comentado anteriormente exige de mucha atención y cuidado. Una de las grandes ventajas económicas que proporciona este cultivo, contrastan con la problemática ambiental que dicha actividad puede generar por el uso de los productos agroquímicos (Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales, 2023) (Minagricultura-Normatividad; plaguicidas).

Para analizar los residuos de plaguicidas, se han desarrollado diversos métodos de preparación de muestras en diferentes matrices. Sin embargo, algunos de estos métodos no proporcionan resultados totalmente satisfactorios en términos de precisión en el análisis, especialmente para ciertos plaguicidas ácidos y básicos en matrices con valores extremos de pH. Es importante expandir el monitoreo de residuos para abarcar más productos y rangos de pH, especialmente debido a las alertas registradas en los países de la Unión Europea en los últimos años. A pesar de que en el pasado se utilizaba una gran cantidad de plaguicidas fuera de control para mitigar el impacto de las plagas en las piñas, actualmente se ha reducido y moderado su uso. Para darle continuidad a la segunda etapa de este proyecto se va a realizar el análisis de los plaguicidas por métodos cromatográficos acoplados a espectrometría de masas. Para ello se va a hacer la extracción de los analitos mediante un método QuEChERS validado. En primer lugar, se llevará a cabo una extracción selectiva de los analitos de interés de las muestras de pulpa de piña de los diferentes puntos de ventas de frutas de la ciudad Santiago de Cali, seguidamente se realizará una depuración o limpieza de la matriz. Este procedimiento estratégico tiene como objetivo primordial minimizar la interferencia de compuestos indeseados que pudieran distorsionar los resultados de los analitos, durante el análisis instrumental, y finalmente realizar la identificación y posible cuantificación de estos plaguicidas presentes en la pulpa de fruta.

Entre los objetivos del macroproyecto, se busca fortalecer los datos disponibles sobre la cadena de la piña, a través del programa de Química de la Universidad Santiago de Cali, y el grupo de investigación QUIBIO, en colaboración con el grupo de Ciencia de Materiales Avanzados de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. En este trabajo se establecerá el muestreo y las metodologías analíticas para la caracterización fisicoquímica con el propósito de examinar la posible presencia de compuestos contaminantes de bajo peso molecular en los frutos de piña que pueden tener un impacto significativo en la salud humana y en la economía local. Finalmente, este proyecto contribuirá a fortalecer las redes de investigación y promover el desarrollo de medidas para garantizar la calidad e inocuidad de las piñas comercializadas en la ciudad de Santiago de Cali.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Los reactivos químicos utilizados para esta metodología y análisis fisicoquímicos incluidos los patrones primarios y soluciones de calibración se identifican así; Sodium hydroxide anhydrous pellets, código interno 8-035, almacén laboratorio central, Pureza 97%, producido por CARLOS ERBA Reagents operates with a Certified Quality

Management System. Para la utilización de calibración del refractómetro se utilizó agua Milli-Q Tipo I, agua ultrapura suministrada por del laboratorio de ciencias básicas. El patrón primario para la estandarización de solución de hidróxido de sodio se trabajó con Biftalato de potasio, código interno 3-046, del laboratorio de ciencias básicas, pureza 99,95%, producido por MOL-LABS LTDA, para la calibración de pH-metro, se trabajó con soluciones Buffer pH 4,0; 7,0 y 10 unds; Sobres de solución de calibración, pH 10.01, 7.01 y 4.01 a 25 ° C (cada uno x 20 mL), producido por HANNA Instruments. Precisión de +/- 0.01 pH a 25 ° C, para los análisis de valoración para acidez se utilizó indicador fenolftaleína 0,5% en solución (cantidad 20mL).

### **Equipos y materiales:**

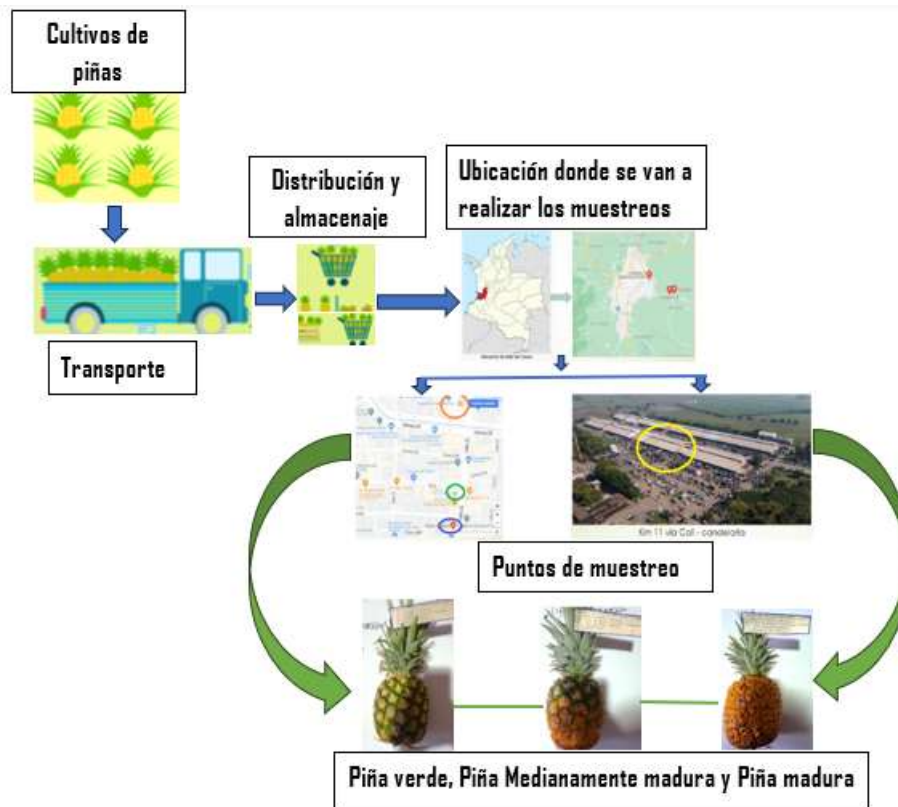
Para la medición se pH se trabajó con pH-Metro Mettler Toledo: código interno P05-04, rango desde 0,00 hasta 16,00, Resolución de pH: 0,01/0,1, exactitud del pH:  $\pm$  0,01, Intervalo de mV: De - 2000 a 2000 Mv, resolución de mV: 1 mV, exactitud de mV:  $\pm$ 1 mV, intervalo de temperatura: -5° hasta +105°C (23°F hasta 221°F). Para la medición de índice de refracción, °Brix se utilizó un Refractómetro Mettler Toledo: Rango de medición índice de refracción en nD 1,3200 - 1,7000, con control automático de temperatura de 5 a 75°C, exactitud nD ( $\pm$ ): 0,0001; repetibilidad nD ( $\pm$ ): 1<sup>-005</sup>. Para la determinación de porcentaje de humedad de cada espécimen se utilizó balanza infrarrojo, balanza de humedad electrónica, 1-Caust\_Balanz Infr\_Int\_Sol lod b/c Lav 1, identificación 66, corrección automática de la temperatura, peso mínimo de la muestra: 0,2g, resolución de la humedad: 0,01%.

Resultados, % humedad, %materia sólida, rango temperatura de trabajo: 30°C a 200°C, también se trabajó con horno de secado Binder: rango de temperatura +7 °C por encima de la temperatura ambiente hasta 250 °C, desviación de temperatura a 150°C  $\pm$  3,4°C, fluctuación de la temperatura a 150 °C  $\pm$  0.8 °C, tiempo de calentamiento a 150 °C 60 min. Para la determinación de peso de cada espécimen se utilizó bascula digital, del centro de entrega de materiales de laboratorio USC, BOECO Germany max 10Kg BWL 60, código interno P17-185, Máx. capacidad 10 kilogramos, capacidad mínima 0,1g, rango de tara (-10 Kilogramos), tiempo de estabilización 3 seg. Para la determinación de cada prueba fisicoquímica se realizó el pesaje respectivo de muestra en balanza analítica Mettler Toledo ME204, capacidad Máxima 220g, legibilidad 0,1 mg; repetibilidad 0,08 mg; tiempo de estabilización 2s. Para la prueba de porcentaje de cenizas se trabajó con Mufla Terrigeno, mufla multipropósito horno de temperatura hasta 1200°C, control digital de temperatura, cámara interior de acero inoxidable, aislamiento térmico de fibra cerámica.

## **PROCESO DE MUESTREO Y FIJACION DE CONDICIONES**

### **MUESTREO**

Se diseñó el muestreo de la siguiente manera, como se muestra en la imagen 4, se recogieron un total de 12 piñas oro miel, en las que comprende 4 piñas maduras, 4 piñas medio maduras y 4 piñas verdes, comprado en 3 locales en mercado de Santa Elena y un local en la Central de Abastecimientos del Valle del Cauca S.A. (CAVASA).

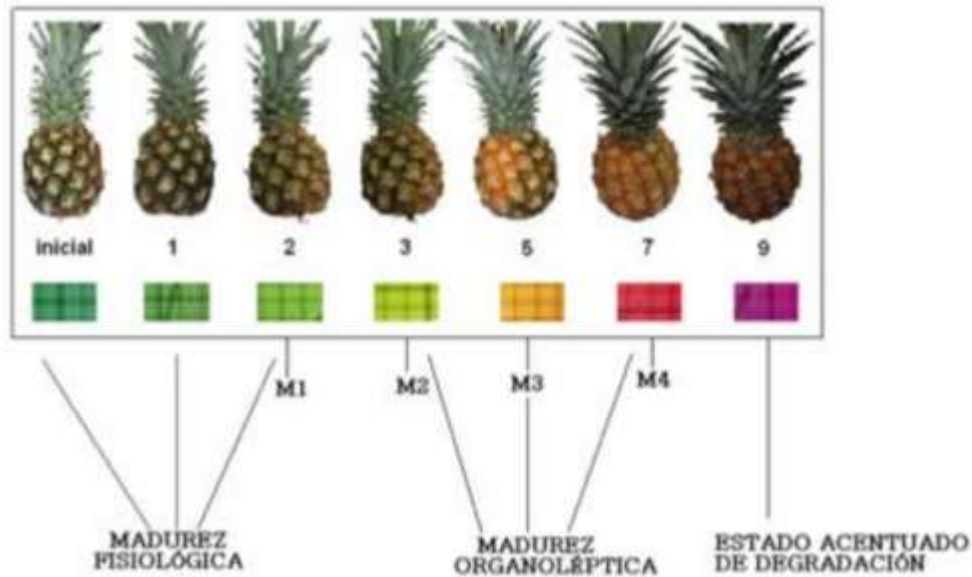


**Imagen 4.** Muestreo de especímenes en cuatro puntos de venta de fruta.  
 Imagen: Elaboración Propia. (Solarte D. 2023)

### Fases del muestreo

Exploratorio: En primer lugar, se llevó a cabo un recorrido en la ciudad de Cali, para llevar a cabo el reconocimiento de los puntos de venta. Durante este proceso, se llevó a cabo un sondeo general y se recopiló información sobre la procedencia de las piñas. Los cuales fueron plaza de mercado (Galería) Santa Elena y CAVASA, donde se identificaron y ubicaron los puntos de venta y distribución de frutas.

Se procedió a seleccionar tres locales en Santa Elena, abarcando un lugar en zona sur, céntrica y norte, del área que comprende Santa Elena, y un local en CAVASA, dada la cantidad de establecimientos disponibles, ya que en este lugar se encuentra dividido por locales, y se muestreo la sección de frutas, como se muestra en la Imagen 6. De las cuales se seleccionaron de acuerdo con la clasificación de la carta de color para la piña, que permite diferenciar los diferentes estados de maduración del fruto. Se establecieron los estados de maduración 1, 3 y 7, correspondientes a los estados verdes, medianamente maduros y maduros como se muestra en la imagen 5.



**Imagen 5.** Escala de maduración y carta de colores de la variedad de piña- Fuente: Revista Técnica Agropecuaria vol. 20.

Al profundizar en la investigación en el lugar de CAVASA, y después de realizar un recorrido en los locales de sección de ventas de frutas, e indagando a las personas que estaban a cargo de estos negocios, y adicional los transportadores de carga que abastecen dichos locales, se pudo confirmar que la variedad de piña de comercialización y venta era Oro miel, con procedencia de Dagua, Valle del Cauca. Además, se conoció que los proveedores en estos lugares distribuían estos productos a Santa Elena, por lo que se llevó a cabo un muestreo adicional de esta variedad. En otro local se encontró la variedad de piña denominada Cayena Lisa, originaria de los llanos. Sin embargo, se encontró que esta variedad no presentaba diferencias claras que permitieran separarlas por grado de madurez con la carta de color. Por lo tanto, se procedió a tomar muestras de dos especímenes maduros y dos especímenes verdes, como se aprecia en la imagen 7.

Las salidas de campo se realizaron durante diferentes semanas en los meses de abril a julio del 2023, en las cuales se llevaron a cabo el muestreo de las piñas que se utilizarían como especímenes de estudio. Posteriormente, estas muestras se trasladaron al laboratorio de la Universidad Santiago de Cali para su análisis.

Una vez que las muestras de piñas fueron recolectadas, se procedió a establecer un cronograma de actividades para llevar a cabo los análisis pertinentes en el laboratorio de la Universidad Santiago De Cali. Estos análisis abarcaron un período académico que comprendió los meses de abril, mayo, junio y julio del año 2023 (periodo académico 2023A). Durante este tiempo, se llevaron a cabo los análisis fisicoquímicos, incluyendo peso, porcentaje de pulpa, porcentaje de cáscara, pH, acidez, sólidos solubles, °Brix, humedad y cenizas. Todos estos análisis se realizaron siguiendo los parámetros establecidos por la norma NTC 729-1 para frutas frescas de piña, así como las directrices estipuladas en el Códex Alimentarius, específicamente en la Norma CXS 182-1993 para piñas.

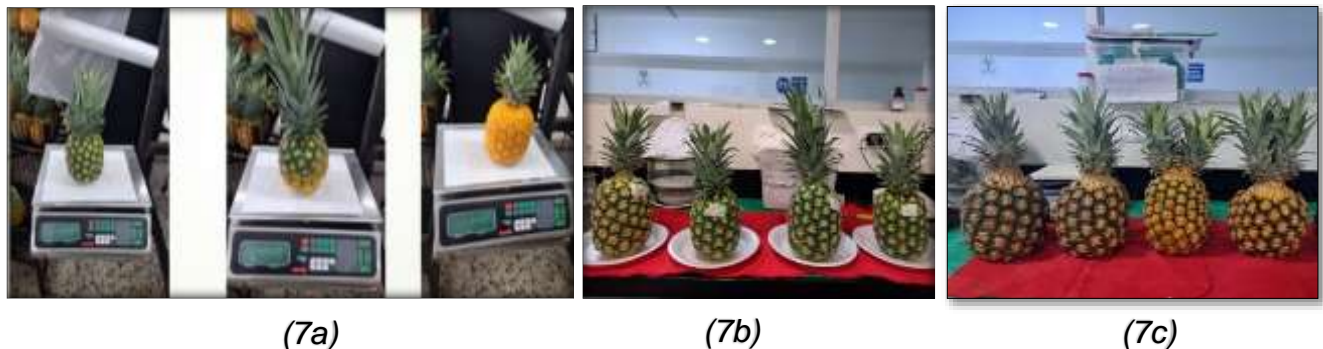


**Imagen 6.** Piña Oro miel MD2 ubicadas en estanterías (Imag. Izquierda), dependiendo del tipo de maduración, piña cayena lisa (Imag. Derecha)

En el local de la bodega de CAVASA, se encontró una variedad distinta de piña que, debido a su menor popularidad en términos comerciales en comparación con la piña oro miel, tenía una presencia limitada en el mercado. Como resultado, se obtuvieron solo cuatro ejemplares de esta variedad: 2 piñas en estado verde y 2 piñas maduras. Estos especímenes fueron posteriormente trasladados a las instalaciones de la Universidad Santiago de Cali para su análisis.

Una vez en el laboratorio de fisicoquímica de la Universidad Santiago de Cali, se procedió a llevar a cabo el pesaje de las piñas. Se consideraron tres categorías de peso: el peso total de la piña, el peso de la piña sin la corona y el peso de la piña sin la corona y sin cáscara. Los resultados de estos pesajes se reflejan en las tablas de resultados correspondientes.

El procedimiento que siguió para hacer cada medición está incluido en los anexos A hasta Anexo G.



**Imagen 7.** 7a). Especímenes de piña, verde, medianamente madura y madura. Para el peso inicial se tomó el de la báscula del lugar donde se realizó la compra. Luego se pesó de nuevo en los laboratorios de la Universidad Santiago de Cali. 7b). Piñas oro miel con tipo de maduración verde, 7c). Piñas cayena lisa (2 verdes, 2 maduras)

Para la caracterización fisicoquímica de la fruta piña, la investigación se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ciencias básicas de la universidad Santiago de Cali, se utilizaron en el desarrollo de la investigación así:

Con el propósito de establecer los parámetros fisicoquímicos, incluyendo peso, pH, humedad, sólidos solubles totales, índice de madurez, acidez total titulable, porcentaje de cáscara, porcentaje de corona y estado de madurez, se diseñó un cronograma de actividades que involucró un proceso en dos etapas: el muestreo previo y la fijación de condiciones.

Para la codificación de las muestras y lugar de muestreo se realizaron así:

Lugares de muestreo en Santa Elena se define nombre de local: R; C; F, para los tres locales correspondientes. Lugar de muestreo en CAVASA, se define el nombre del local como S. Las piñas se seleccionaron de acuerdo con la clasificación de la carta de color para la piña, que permite diferenciar estados de maduración del fruto. Se establecieron los estados de maduración 1, 3 y 7, correspondientes a los estados verdes, medianamente maduros y maduros.

### 3. RESULTADOS

La recolección de los especímenes se realiza durante semanas diferentes en los diferentes puntos de ventas de fruta, ubicada en Santa Elena y CAVASA, se efectúa un lavado de cada producto y luego se secan al aire libre. De allí se pesa cada espécimen por separado y posteriormente se separan y se pesa la corona, y luego es pelada y se realiza el pesaje de pulpa y cáscara por separado para expresar sus pesos como porcentajes. Posteriormente se preparan las muestras para cada uno de los análisis: humedad y cenizas. Otra parte del material es licuado para los análisis en los cuales se utiliza el jugo, tales como pH, densidad, °Brix e índice de refracción y acidez. El material sobrante es conservado en un lugar limpio, fresco y en congelación, para los procedimientos de extracción y posterior análisis de plaguicidas. Los reactivos para emplear se estandarizan cada semana previamente a la realización de las determinaciones.

Para homogenización de la muestra de la pulpa necesaria para los análisis subsiguientes, se procedió a pelar las piñas y luego se trituró la pulpa en fragmentos, que posteriormente se almacenaron en bolsas ziploc, tal como se aprecia en el Imagen 8.

Este producto se obtiene mediante un proceso básico que implica triturar la pulpa de la piña, excluyendo la cáscara. Para garantizar su conservación a largo plazo y su disponibilidad en la segunda fase del proyecto, se decidió congelar las porciones trituradas. Es fundamental destacar que este producto posee una estabilidad inherente y no requiere la adición de aditivos químicos, siempre y cuando se mantenga la cadena de frío durante su manipulación y almacenamiento.



**Imagen 8.** Piña en trozos y almacenada en bolsas resellables.

Los equipos utilizados en los análisis de laboratorio se muestran en la imagen 9.



**Imagen 9.** Equipos de laboratorio utilizados en los análisis fisicoquímicos, 9a). pH-metro, conductímetro, y soluciones buffer para calibración de equipos, 9b). Equipo de filtración al vacío, 9c). Balanza analítica, 9d). Balanza para análisis de humedad y sólidos (Propal), 9e). Horno eléctrico, 9f). Desecador, 9g) parte interna Horno, cápsulas y silica gel, 9h) Mufla, 9i) Refractómetro.

## Peso

Se hace en bascula digital, se pesa cada espécimen recolectado por separado, se realizó el pesaje del fruto total, fruto sin corona, y la determinación de porcentaje de pulpa, porcentaje de corona y porcentaje de cáscara, para luego hacer las medidas estadísticas para reporte del peso total de cada espécimen, según el Códex Alimentarius. En las operaciones para exportación es importante el control del peso de producto. Para los resultados obtenidos se puede ver las tablas de la 4 a la 11. Para cada espécimen se realizó el pesaje por duplicado y en las tablas se reportan el promedio obtenido de cada medición.

**Tabla 4**

Peso total de las piñas oro miel recolectadas en cuatro locales de venta de fruta.

Lugares de muestreo	R			C			F			S		
Estado de maduración	1	3	7	1	3	7	1	3	7	1	3	7
Promedio (g)	1421.1	1239.5	1494.3	1816.9	1669.9	1328.15	1689.3	2051.6	1290.5	1340.3	1734.3	1442.0

**Tabla 5**

Peso total de las piñas cayena lisa recolectadas en un punto de venta en CAVASA

Lugar de muestreo	S			S		
Estado de maduración	1	7	1	7	1	7
Promedio (g)	1937.2	1572.4	1882.1	1572.4	1882.1	1648.9

**Tabla 6**

Resultados de porcentaje de pulpa de piña oro miel, por lugar de muestreo y estado de maduración

Lugar de muestreo	R			C			F			S		
Estado de maduración	1	3	7	1	3	7	1	3	7	1	3	7
Promedio (%)	65.8	70.8	73.8	72.55	75.05	71.6	66.3	73.5	72.3	70.4	72.3	70.1

**Tabla 7**

Resultados de porcentaje de pulpa de piña cayena lisa, por lugar de muestreo y estado de maduración.

Lugar de muestreo	S			S		
Estado de maduración	1		7	1		7
Promedio (%)	70.2		66.1	64.6		62.6

**Tabla 8**

Resultados de porcentaje de cascara de piña oro miel.

Lugar de muestreo	R			C			F			S		
Estado de maduración	1	3	7	1	3	7	1	3	7	1	3	7
Promedio (%)	17.5	15.9	16.8	17.4	14.8	19.1	15.5	17.5	19.3	14.7	17.9	15.2

**Tabla 9**

Resultados de porcentaje de cascara de piña cayena lisa.

Lugar de muestreo	S			S		
Estado de maduración	1		7	1		7
Promedio (%)	19.7		20.9	20.2		21.3

**Tabla 10**

Resultados de porcentaje de corona de piña oro miel.

Lugar de muestreo	R			C			F			S		
Estado de maduración	1	3	7	1	3	7	1	3	7	1	3	7
Promedio (%)	12.9	12.3	11.3	7.55	9.65	9.1	15.1	8.45	6.8	12.1	9.35	13.5

**Tabla 11**

Resultados de porcentaje de corona de piña cayena lisa.

Lugar de muestreo	S			S		
Estado de maduración	1	7	1	7	1	7
Promedio (%)	8.3	12.2	14.5			15.5

**pH**

El pH es posible medirlo por medio un potenciómetro, indicando la actividad del ion hidrógeno de la solución. La conductividad eléctrica en medios líquidos está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos (+) y negativos (-) capaces de transportar la energía eléctrica si a esta sustancia líquida se la somete a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se denominan electrolitos. En las tablas 12 y 13, se plasmaron los resultados obtenidos de este parámetro, se realizó medición por duplicado, se reporta su promedio y su desviación estándar.

**Tabla 12**

Resultados de pH de pulpa de piña oro miel.

Lugar de muestreo	R			C			F			S		
Estado de maduración	1	3	7	1	3	7	1	3	7	1	3	7
pH (und)	3.48	3.30	3.78	3.37	3.60	3.65	3.41	3.45	3.57	3.52	3.45	3.75
	3.49	3.29	3.77	3.38	3.61	3.60	3.44	3.48	3.60	3.51	3.46	3.70
Promedio	3.49	3.30	3.78	3.38	3.61	3.63	3.43	3.47	3.59	3.52	3.46	3.73
Desviación Estándar	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.04

**Tabla 13**

Resultados de pH de pulpa de piña cayena lisa.

Lugar de muestreo	S			S		
Estado de maduración	1	7	1	7	1	7
pH (und)	3.65	3.80	3.63	3.68		
	3.64	3.79	3.64	3.70		
Promedio	3.64	3.80	3.63	3.69		
Desviación Estándar	0.01	0.01	0.01	0.01		

**Porcentaje de Cenizas**

Los elementos minerales que forman parte de compuestos orgánicos e inorgánicos son difíciles de determinar tal y como se presentan en los alimentos. El contenido de cenizas se determina por medio de la incineración del material a una temperatura de 500°C, las cenizas se refiere al residuo inorgánico que queda después de la ignición o la oxidación completa de la materia orgánica en un producto alimenticio, el uso de horno o de mufla capaz de mantener temperaturas de 500 a 550 °C, el agua y los volátiles se vaporizan y las sustancias orgánicas se queman

en presencia de oxígeno en el aire a CO<sub>2</sub> y óxidos, la mayoría de los minerales se convierten en óxidos, sulfatos, fosfatos, cloruros y silicatos, esto forma parte del análisis próximo para la evaluación nutricional. La incineración es el primer paso en la preparación de una muestra de alimento para un análisis elemental específico. Debido a que ciertos alimentos tienen un alto contenido de minerales particulares, el contenido de cenizas se vuelve importante. La variabilidad que se puede presentar depende de las condiciones del suelo, el clima (en cuanto al desarrollo del cultivo) y la utilización de fertilizantes en estos cultivos. Los resultados obtenidos se plasman en la tabla 14 y 15. se realizó medición por duplicado, se reporta su promedio y su desviación estándar.

**Tabla 14**

Resultados de porcentaje de cenizas de piña oro miel.

Lugar de muestreo	R			C			F			S		
Estado de maduración	1	3	7	1	3	7	1	3	7	1	3	7
Porcentaje (%)	0.37	0.26	0.31	0.32	0.28	0.18	0.31	0.24	0.20	0.30	0.29	0.34
	0.28	0.34	0.11	0.34	0.25	0.20	0.33	0.20	0.17	0.28	0.32	0.35
Promedio (%)	0.33	0.30	0.21	0.33	0.27	0.19	0.32	0.22	0.19	0.29	0.31	0.35
Desviación Estándar	0.06	0.06	0.14	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01

**Tabla 15**

Resultados de porcentaje de cenizas de piña cayena lisa\*.

Lugar de muestreo	S			S		
Estado de maduración	1		7	1		7
Porcentaje (%)	3.50		2.63	3.67		3.11
	3.81		2.73	2.89		3.26
Promedio (%)	3.7		2.7	3.3		3.2
Desviación Estándar	0.2		0.1	0.6		0.1

## Humedad

El agua representa el constituyente más abundante en las hortalizas y verduras, en las frutas, tubérculos y leguminosas verdes; sólo las leguminosas secas y los cereales presentan contenidos bajos, del orden del 10%. La determinación de esta propiedad se realiza por evaporación de agua del material en horno, para esto se introdujo una cantidad conocida de piña en el horno, y se determinó la humedad mediante el peso inicial y final al secado en balanza analítica, se realiza muestras por duplicado. Los valores obtenidos se reporten en las tablas 16 y 17.

**Tabla 16**

Resultados de porcentaje de humedad de piña oro miel.

Lugar de muestreo	R			C			F			S		
Estado de maduración	1	3	7	1	3	7	1	3	7	1	3	7

<b>Porcentaje (%)</b>	85.78	87.96	86.20	82.64	85.38	88.46	85.85	85.64	87.30	83.98	86.25	88.15
	85.88	88.37	84.50	83.08	85.58	87.88	84.39	84.50	88.58	83.27	84.50	87.56
<b>Promedio (%)</b>	85.83	88.17	85.35	82.86	85.48	88.17	85.12	85.07	87.94	83.63	85.38	87.86
<b>Desviación Estándar</b>	0.07	0.29	1.20	0.31	0.14	0.41	1.03	0.81	0.91	0.50	1.24	0.42

**Tabla 17**

Resultados de porcentaje de humedad de piña cayena lisa.

<b>Lugar de muestreo</b>	<b>S</b>		<b>S</b>		
<b>Estado de maduración</b>	1		7	1	7
<b>Porcentaje (%)</b>	85.85		87.96	85.32	87.62
	85.80		88.37	84.06	87.96
<b>Promedio (%)</b>	85.83		88.17	84.69	87.79
<b>Desviación Estándar</b>	0.04		0.29	0.89	0.24

### Índice de Refracción, Sólidos Solubles y °Brix

El índice de refracción depende tanto de la sustancia como de la longitud de onda de la luz utilizada. Para las determinaciones en las que no se especifica la longitud de onda, se supone que se trata de la luz amarilla de una lámpara de sodio, es decir de 589 nm. Para su determinación se utiliza un refractómetro. Para piñas maduras se obtuvo un índice de refracción de 1.3537, representando el número de veces que es mayor la velocidad de la luz en el vacío que en este medio. Indican la cantidad de constituyentes solubles de un jugo, en relación con el peso de este; dichos solubles están constituidos principalmente, por sacarosa, además de otros azúcares solubles en agua. Los sólidos solubles se pueden determinar por refractometría. En este caso, se realizó mediante la lectura de una gota de jugo de piña, utilizando para ello un refractómetro digital, midiendo las soluciones por triplicado, Los valores se muestran en las tablas 18 y 19.

**Tabla 18**

Resultados de °Brix piña oro miel.

<b>Lugar de muestreo</b>	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>F</b>
<b>Estado de maduración</b>	1	3	7
<b>° BRIX (°)</b>	8.09	9.40	13.73
	7.49	10.82	13.82
	7.76	10.82	13.76
<b>Promedio ° BRIX (°)</b>	7.78	10.35	13.77

**Tabla 19**

Resultados de °Brix piña cayena lisa.

<b>Lugar de muestreo</b>	<b>S</b>	<b>S</b>
<b>Estado de maduración</b>	1	7
<b>° BRIX (°)</b>	8.08	13.71

	7.51	13.80
	7.74	13.81
<b>Promedio ° BRIX (°)</b>	7.78	13.77

### Acidez Titulable

La medida de la acidez total o acidez titulable por el método de titulación volumétrica se fundamenta en la reacción de neutralización de los ácidos con una solución básica, hasta el punto de equivalencia. La acidez titulable puede ser expresada en g de ácido por 100g o por 100mL de producto, usando el factor apropiado para cada ácido. En este caso, ácido cítrico el cual es el ácido predominante de la piña, la valoración se realizó por triplicado para un espécimen maduro, medianamente maduro y verde respectivamente para piña oro miel, y en el caso de piña cayena lisa dos especímenes, uno verde y maduro.

**Tabla 20**

Resultados de porcentaje de acidez de piña oro miel expresada en ácido cítrico.

Lugar de muestreo	R	C	F
<b>Estado de maduración</b>	1	3	7
	0.43	0.52	0.52
<b>% de acidez</b>	0.44	0.52	0.53
	0.43	0.53	0.52
<b>Promedio</b>	0.43	0.52	0.52
<b>Desviación estándar</b>	0.01	0.01	0.01

**Tabla 21**

Resultados de porcentaje de acidez de piña cayena lisa expresada en ácido cítrico.

Lugar de muestreo	S	S
<b>Estado de maduración</b>	1	7
	0.40	0.40
<b>% de acidez</b>	0.41	0.40
	0.42	0.39
	0.41	0.40
<b>Promedio</b>	0.01	0.01
<b>Desviación estándar</b>		

## 4. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los parámetros fisicoquímicos para medir cada ejemplar se determinaron siguiendo las pautas establecidas en la norma NTC 729-1 para frutas frescas de piña, así como las directrices estipuladas en el Códex Alimentarius, específicamente en la Norma CXS 182-1993 para piñas. Es importante destacar que parte de los resultados fisicoquímicos demuestran que éstos están influenciados por el estado de madurez del fruto.

Se seleccionaron piñas en diferentes estados de madurez para el estudio. Esto incluyó piñas en el punto óptimo de madurez para el consumo, caracterizadas por su dulzura y aroma distintivos, así como piñas en un estado de madurez intermedio y piñas aún verdes.

Teniendo en cuenta el códex 182-1993 como requisito mínimo, se logró evidenciar las categorías de las piñas dispuestas para estos análisis fisicoquímicos. Se obtuvo como descripciones generales, que se trabajó con frutas enteras, todas ellas con corona, se encontraban sanas y exentas de deterioro o podredumbre. Adicionalmente, se encontraban libres de material extraño, de la misma manera considerando los requisitos de madurez y enfocados también a que el consumo de la piña generalmente se lleva con piñas maduras.

La piña ocupa el quinto lugar de los productos más consumidos por los colombianos. Gran parte del crecimiento del área sembrada se dio con la perspectiva de destinar el producto para la exportación, esto dado que se evidenció una oportunidad en los mercados internacionales (Asohofrucol, ene-feb, 2021).

### **Peso de las Piñas**

Con respecto al peso, la variabilidad de ésta es alta. Los resultados muestran que el peso de los especímenes para la piña oro miel está en el rango entre 1239,5g - 2051,6g, y para cayena lisa está en el rango de 1572,4g - 1932,2g viéndose afectado por factores como duración del cultivo, variedad, condiciones de cultivo (fertilizantes, riego, densidad de siembra, entre otros), el tipo de suelo y las condiciones climáticas; por lo tanto, se define un intervalo de peso dentro del que se pueda encontrar. Las piñas oro miel recolectadas en diferentes puntos de venta mostraron variaciones en su peso dependiendo del grado de madurez. Las piñas maduras tienden a tener un peso mayor que las piñas verdes o medianamente maduras, todo esto se comparó con el Codex Alimentarius, para asignarle el calibre a la piña. El tamaño de una piña es uno de los factores más importante es que determina su peso y este parámetro puede variar significativamente, desde piñas pequeñas hasta grandes. En general, el peso de una piña pequeña oscila entre 900g y 1300g, mientras que una piña mediana pesa aproximadamente entre 1300g y 2000g, Por otro lado, una piña grande puede pesar entre 2000g y 3000g. El grado de madurez de una piña también influye en su peso a medida que una piña aumenta su maduración ya que también aumenta, el desarrollo de los azúcares y otros nutrientes de la fruta. Una piña madura tiene un mayor contenido de agua lo que también contribuye a su peso, por lo tanto, una piña madura, generalmente pesará más que una piña verde, o medianamente madura del mismo tamaño. La variedad es otro factor que nos puede brindar un peso diferente, como es el caso de la piña Cayena lisa es conocida por su gran tamaño y suele pesar entre 1500g a 3000g.

### **pH**

El pH de las piñas oro miel variaron según el lugar de muestreo y el estado de madurez. En general, las piñas maduras tienen un pH ligeramente más alto y una conductividad más baja en comparación con las piñas verdes o medianamente maduras, Las piñas maduras presentaron valores más altos de pH: 3,78 para oro miel y 3,80 para Cayena lisa, mientras las medianamente maduras para oro miel se obtuvo un resultado de pH de 3,61 y para las piñas verdes valores de pH de 3,52 para oro miel y 3,64 para cayena lisa. La determinación y control es de suma importancia en la industria de alimentos, en la utilización y control de microorganismos y enzimas, el pH en un alimento es uno de los principales factores que determina la supervivencia y crecimiento de los microorganismos durante el procesado, el almacenaje y la distribución. Los ácidos orgánicos es un grupo denominado ácidos débiles que se pueden encontrar en frutas, los cuales pueden ser ácido cítrico, oxálico, málico, entre otros. Para el pH, se encontró que el jugo es de carácter ácido. Este comportamiento es natural en las frutas frescas cuyos valores según la FDA, cae a 3,5 en la escala de pH, justo en el medio entre lo más ácido y lo neutro, o moderadamente ácido. Por el contrario, la fruta fresca en sí tiene un pH de 3,5 a 5,2, variación que puede relacionarse con los cambios producidos durante el proceso de maduración de la fruta en el que ocurre una disminución en la acidez total titulable y con esto, una disminución de la concentración de iones hidrógenos presentes.

### **Porcentaje de Cenizas**

El porcentaje de cenizas en la pulpa de piña oro miel mostró variaciones en función del lugar de muestreo y el estado de madurez. En algunos casos, las piñas maduras presentaron valores de cenizas ligeramente más altos que las piñas verdes o medianamente maduras. El residuo incinerado o la materia inorgánica está representado en lo minerales. Las cenizas son el resultado final de una cadena de reacciones las cuales consisten en un

procedimiento exotérmico, en el cual se exponen materia orgánica, en este caso la pulpa de piña oro miel, a elevadas temperaturas durante cierto tiempo. Inicialmente se realiza un calentamiento entre 90 a 110°C durante 45 minutos, en los cuales se eliminan por medio de vapor el agua de humedad y compuestos volátiles. Después sigue una pre-calcinación o carbonización que consiste en una descomposición a 250°C durante 2 horas, en las cuales se eliminan en forma de vapor las aguas estructurales, el nitrógeno y el azufre en forma de óxidos que se encuentran en la materia orgánica. Después con la calcinación que sucede a temperaturas de 500°C o superiores, se descompone el resto de materia orgánica en forma de CO<sub>2</sub>, finalizando así con los óxidos de metales presentes, conocidos como las cenizas. Estas últimas realizan una contribución en los minerales y por ende la dieta del ser humano, este fruto posee una fuente nutricional muy importante para el organismo, aporta a la dieta diaria vitaminas y minerales como el magnesio, cobre, potasio y hierro (Peralta, 2020). Los contenidos en frutas y vegetales en general van desde niveles de 0,1% hasta 4,4%. Para las muestras de piña se obtuvo un valor que cabe dentro de este rango, sin embargo, las diferencias presentadas en el contenido de cenizas están dadas por las condiciones del clima, del suelo, prácticas de fertilización del cultivo y edad de la planta.

### **Porcentaje de Humedad**

Uno de los principales componentes de este fruto es el contenido de agua que representa alrededor de 85%, lo que lo convierte en un extraordinario estimulante para eliminar líquidos dañinos del organismo humano (Peralta, 2020). El porcentaje de humedad en la pulpa de piña oro miel varió según el lugar de muestreo y el estado de madurez. Las piñas maduras tendieron a tener un menor porcentaje de humedad en comparación con las piñas verdes o medianamente maduras. El agua que se presenta en la piña tiene características de agua libre, presentando un contenido de 86,90% situación que genera igual comportamiento con respecto a presencia de microorganismos.

### **Índice de Refracción y °Brix**

El índice de refracción y °Brix proporcionan una medida de la concentración de azúcares en la piña. En general, las piñas maduras mostraron valores más altos en estas mediciones en comparación con las piñas verdes o medianamente maduras. Según el Codex, el contenido mínimo de sólidos solubles totales en la pulpa del fruto deberá ser de 12°Brix. Para la determinación de °Brix se tomó una muestra representativa del zumo (jugo) del fruto entero. Los °Brix, indicaron un mayor contenido de azúcares y madurez sensorial. Para piñas maduras se obtuvieron 13,77 °Brix, mientras que las piñas medianamente maduras se halló un valor de 10,35 °Brix y piñas verdes tienen 7,78 °Brix. En general, se aprecia una buena correlación entre estos datos obtenidos, comparándolos con el tipo de maduración ya que la piña madura debe contener un mayor valor de °Brix, y su dulzura es reflejada en este tipo de maduración y el mayor contenido de azúcar en este espécimen. La determinación del punto óptimo de cosecha lo podemos relacionar con base en °Brix (una medida indirecta del contenido de sólidos solubles totales, ver Ecuación. 1). Dentro de los determinantes de la calidad, destacan los SST, mismos que dependen de la cantidad de ácidos, azúcares, minerales, pigmentos, proteínas y vitaminas del fruto, que en conjunto determinan sus propiedades organolépticas, y de forma común se los representa con los °Brix. Asimismo, los azúcares medidos en grados Brix de la piña son muy importantes en su calidad y su sabor. Al cosecharla, la piña suele tener unos 13°Brix, aunque luego puede alcanzar hasta los 15°Brix. Para obtener una piña de calidad, los °Brix no puede bajar de este rango. Este porcentaje de azúcares viene dado por el tipo de maduración de la piña. De acuerdo con el Codex el nivel mínimo de °Brix se encuentra en 12,8°Brix, pero este valor difiere por causas naturales entre países, encontrándose que, para Colombia, según resolución 3929 de 2013, el nivel mínimo para este parámetro es de 9,0°Brix; y 0,3% de acidez titulable mínima. Los °Brix corresponde una medida de la densidad y concentración de sólidos solubles contenidos en una solución líquida, expresados como el porcentaje de peso aproximado del contenido en azúcares; entrega una aproximación de la madurez de la fruta. Según el Codex Alimentarius, el contenido mínimo de sólidos solubles totales en la pulpa del fruto deberá ser, de 12°Brix y según la resolución 3929 deberá ser un mínimo de 9°Brix; contrastando estos datos con los obtenidos en la práctica, es posible evidenciar que la piña analizada (tabla 18-19) cuenta con los °Brix mínimos (entre 7,74 y 13,81°Brix). Si continuamos revisando la resolución en mención, es posible apreciar que los jugos o zumos de fruta concentrados deben cumplir con 15°Brix; esta situación permite intuir que se cuenta con un zumo

de piña, que en un principio está presentando una medida de °Brix que indica concentración de sólidos acorde con la normatividad. El índice de refracción que se obtuvo para las piñas oro miel fue de; 1,3537; 1,3484; 1,3444, para piña madura, medianamente madura y verde respectivamente. Este número representa el número de veces que es mayor la velocidad de la luz en el vacío que en ese medio, por lo cual se puede medir la calidad de un producto. Los resultados también se realizaron teniendo en cuenta un estándar de 2,0181g sacarosa y obteniendo un valor de 1,3359 correspondiente a 2,02°Brix.

### **Porcentaje de Acidez expresada en ácido cítrico**

El porcentaje de acidez en la pulpa de piña oro miel varió entre las muestras, pero en general, las piñas maduras tienden a tener un porcentaje de acidez ligeramente menor en comparación con las piñas verdes o medianamente maduras. Los ácidos orgánicos presentes influyen en el sabor, color, y estabilidad de los mismos. El ácido cítrico también es aplicado para regular la acidez de las bebidas ya que, al agregarle agua y otros ingredientes, la acidez natural de la fruta utilizada se ve afectada, por lo cual se tiene que corregir con un ácido sintético que contribuya a la disminución del riesgo de proliferación de microorganismos causantes de las alteraciones en el producto. La acidez de la piña se debe principalmente a la presencia de ácido cítrico; el ácido cítrico y el ácido málico son los responsables de su sabor ácido y como ocurre en los cítricos potencian la acción de la vitamina C (Contreras, E. & Purisaca, J.P. 2018). La calidad interna de la fruta es un aspecto de suma importancia para la comercialización ya que de esta depende el sabor para un consumidor final. Hoy en día, la calidad del sabor es un factor clave para que el producto sea aceptado por los consumidores, de ahí que se quiera tener el nivel de acidez totalmente bajo control. La piña suele tener un nivel de acidez entre 0,5-1,6%. En el caso de las piñas de la ciudad de Santiago de Cali, se obtuvieron unos valores ligeramente inferiores, pero que están dentro del rango de la desviación, ya que fueron porcentajes de acidez desde 0,40 a 0,52 %.

## **5. CONCLUSIONES**

Se ha desarrollado un método de muestreo, para la adquisición de especímenes de muestras de piña, teniendo en cuenta los diferentes puntos de comercialización de frutas, y el tipo de maduración de esta. Con las muestras obtenidas, se realizaron los análisis fisicoquímicos los cuales son fundamentales para comprender la composición nutricional y características de las piñas en diferentes estados de madurez. Estos datos pueden ser útiles tanto para la industria alimentaria en términos de formulación y procesamiento, como para los consumidores interesados en elegir piñas que se ajusten a sus preferencias. Así mismo, los resultados muestran que el lugar de muestreo también desempeña un papel en las características fisicoquímicas.

El método desarrollado, basado en la norma NTC 729-1 para frutas frescas de piña, así como las directrices estipuladas en el Código Alimentarius, específicamente en la Norma CXS 182-1993 para piñas, presentó los resultados de las características fisicoquímicas de los especímenes de dos variedades de piña que se comercializan en la ciudad Santiago de Cali, logrando de esta manera obtener resultados, que nos servirán para tener en cuenta para las siguientes fases de investigación. Los resultados no evidencian una marcada variabilidad en los parámetros fisicoquímicos de las piñas oro miel y cayena lisa. De esta manera se logró caracterizar, cualitativa y cuantitativamente, las propiedades fisicoquímicas de muestras de piñas comercializadas en la ciudad de Santiago de Cali, recolectadas en cuatro puntos de ventas de frutas.

Los resultados de caracterización fisicoquímica obtenidos muestran que el peso de los especímenes para la piña oro miel está en el rango entre 1239,5g - 2051,6g, y para cayena lisa está en el rango de 1572,4g - 1932,2g. Las piñas maduras presentaron valores de pH: 3,78 para oro miel y 3,80 para Cayena lisa, mientras las medianamente maduras para oro miel se obtuvo un resultado de pH de 3,61 y para las piñas verdes valores de pH de 3,52 y 3,64 para oro miel y cayena lisa respectivamente. El porcentaje de cenizas de la pulpa fue entre 0,11 a 0,37%, y la humedad está calculada en el rango entre 82,86 - 88,17 %. Los °Brix, indicaron un mayor contenido de azúcares y madurez, para piñas maduras con valor de 13,77 °Brix, mientras que las piñas medianamente maduras un valor de 10,35 °Brix y piñas verdes tienen 7,78 °Brix. Finalmente, en cuanto al porcentaje de acidez, se obtuvo un valor promedio de 0,52% sin variabilidad entre piñas maduras y medianamente maduras, y un valor de 0,40% para

pulpa de piña verde. Estos análisis, nos permitieron caracterizar fisicoquímicamente dos variedades de piña comercializadas en la ciudad de Santiago de Cali.

## 6. AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fortaleza de haber culminado otra etapa en mi vida. A mi Familia: mi papá Tito Solarte, mi mamá Teófila Benavides, mis hermanos: David y Juan; mi novia: Angie Ordoñez; y toda aquella persona dentro de la familia que me inspiraron y me dieron todo su apoyo durante todos mis estudios y conclusión de este trabajo. A mis directores de tesis Dra Nini Gutiérrez y Dr Juan Manuel Peña, por tener el privilegio de conocerlos y de brindarme todo su apoyo durante el desarrollo de este trabajo, por sus consejos, su direccionamiento que me llevaron a presentar la primera parte de este gran proyecto, por brindarme de su conocimiento para superarme y surgir profesionalmente, por todo su apoyo y ser una guía en la elaboración y corrección de este trabajo. Al personal de la industria papelera, por brindarme la oportunidad de utilizar equipos y materiales para y utilización de equipos de laboratorio para análisis de humedad y cenizas, y a la universidad de Santiago de Cali, por el financiamiento del proyecto, por permitir la utilización de sus laboratorios y de igual manera todos sus materiales para poder realizar las pruebas fisicoquímicas, y a todo el personal del almacén de laboratorio que siempre me brindaron de su apoyo para solicitud de material y la ayuda en manejo de los equipos.

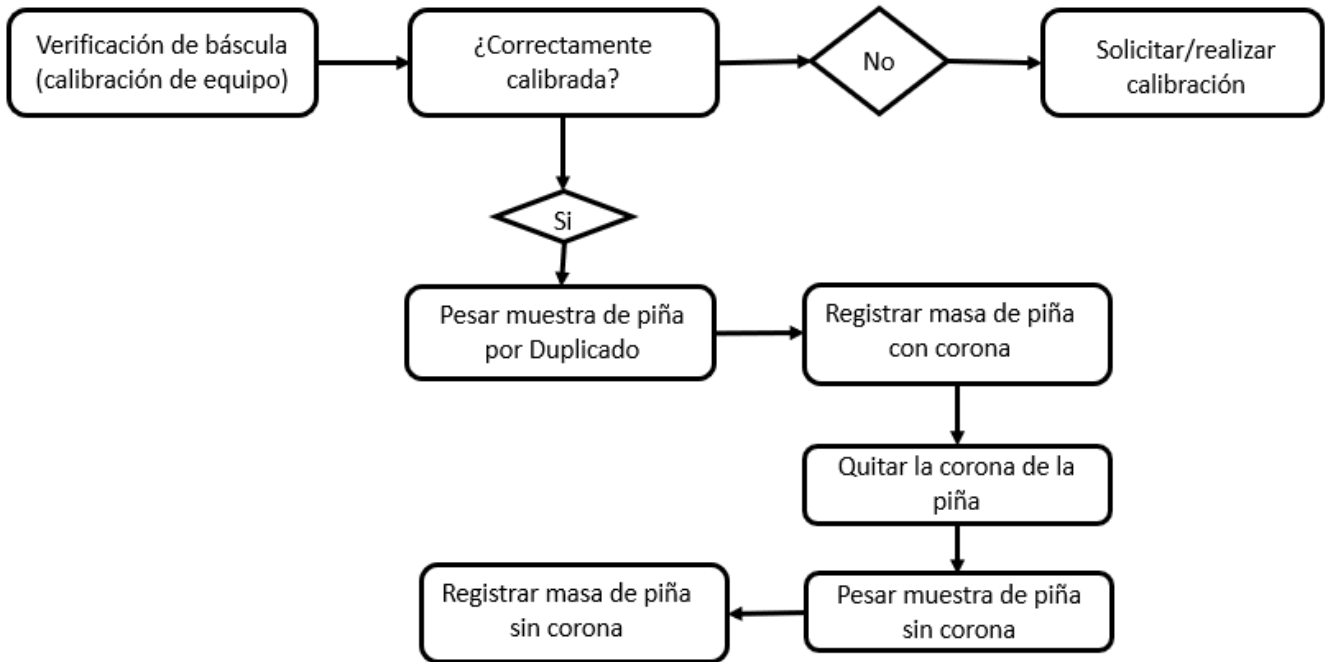
## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amari K, Huang C, Heinlein M (2021) Impacto potencial del calentamiento global en la propagación de virus en plantas infectadas y la productividad agrícola. *Ciencia de la planta* 12:649–768.
- Análisis de resultados, Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, evaluaciones agropecuarias municipales, (EVA 2021), Consultado en línea: [https://upra.gov.co/esco/Evas\\_Documentos/20220511\\_Resultados\\_EVA\\_2021.pdf](https://upra.gov.co/esco/Evas_Documentos/20220511_Resultados_EVA_2021.pdf).
- Asohofrucol, ene-feb, 2021, *Revista frutas y Hortalizas*, No. 75. Fecha de consultado 10 de agosto 2023. <https://www.asohofrucol.com.co/img/pdfrevistas/79.pdf>.
- Atlasbig. Consultado el 21/10/2023. <https://www.atlasbig.com/es-mx/paises-por-produccion-de-pina>.
- C. Manterola, G. Quiroz, P. Salazar y N. García, «*Metodología de los tipos y diseños de estudio más frecuentemente utilizados en investigación clínica*,» *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 30, nº 1, pp. 36-49, 2019.
- Cadena de la Piña, Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales, junio 2019
- Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Plaguicidas COP aspectos básicos. Bogotá D.C.: Minambiente; GEF; PNUD, 2017. 28 p.
- Contreras, E. & Purisaca, J.P. (2018). Elaboración y evaluación de una bebida funcional a partir de yacón (*Smallantus sonchifolius*) y piña (*Ananas comusus*) endulzado con Stevia. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa. Chimbote - Perú]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3060>
- Flórez, D., González, S., Ruíz, D., y Uribe, C. (2020). Perspectivas tecnológicas y comerciales para el cultivo de piña en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Hassaan, M., y Nemr, A. (2020). Pesticides pollution: *Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques*. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(3), 207-220. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.007>.
- Liang, Y., Wu, W., Cheng, X., y Hu, J. (2019). *Residues, fate and risk assessment of spirotetramat and its four metabolites in pineapple under field conditions*. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 100, 900-911. <https://doi.org/10.1080/03067319.2019.1645839>.
- M. Hassaan y A. Nemr, «*Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques*.» *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, vol. 46, nº 3, pp. 207-220, 2020.
- M. Lykogianni, E. K. F. Bempelou y K. Aliferis, «*Do pesticides promote or hinder sustainability in agriculture? The challenge of sustainable use of pesticides in modern agriculture*,» *Science of the Total Environment*, 2021.
- Mahazir, Nur & Othman, Siti. (2021). Non-Wood for Paper Making: A Review. 28-38.

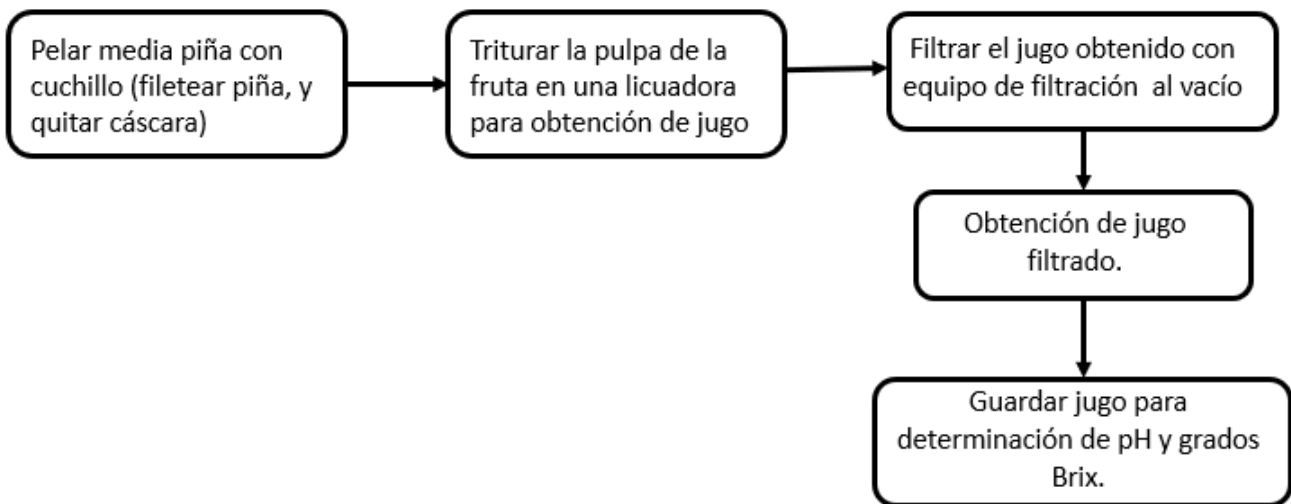
- Mina, M. (2017). *Propuesta de un modelo de presupuesto en la producción de una hectárea de piña oro miel MD2 en la vereda Alegrías en el municipio de Santander de Quilichao Cauca*. [Tesis de Pregrado]. Universidad del Valle.
- Minagricultura.gov.co/Normatividad/Paginas/Decreto-1071-2015/CAPITULO-1-Registro-y-Control-de-plaguicidas-Quimicos-de-Uso-Agricola.aspx, (consultado en septiembre 2023).
- MITECO. (21 de 03 de 2023). Gobierno de España. Obtenido de Plaguicidas en el agua de consumo humano: <https://acortar.link/eb33sh>.
- Mohsin, A. y col. (2020). Piña. En: Nayik, GA, Gull, A. (eds) *Antioxidantes en las frutas: propiedades y beneficios para la salud*. Springer.
- Montiel, M. (2015). Uso de agroquímicos en la producción intensiva de piña en Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual*, 15(25), 183-195.
- OMS. (15 de 09 de 2022B). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de Residuos de plaguicidas en los alimentos; <https://acortar.link/gJ4DTb>.
- Peralta, A. (2020). *Composición Química de la Piña (Ananas comosus) y los Subproductos a Nivel de Campo como Materia Prima Alternativa para la Producción Animal*. [Tesis para licenciatura, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo - Ecuador]. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5289/1/T-UTEQ0084.PDF><https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5289/1/T-UTEQ-0084.PDF>
- Plan de investigación y desarrollo de la cadena productiva de la piña en el Valle del Cauca a partir de sus principales brechas tecnológicas / Lizette Díaz Ramírez, Matthias Jäger, Jhon Jairo Hurtado. Primera edición. — Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia; Palmira: Universidad Nacional de Colombia. Proyecto Incremento de la Competitividad Sostenible, 2021.
- RODRÍGUEZ, Romelio et al. Producción de frutos de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) MD-2 a partir de vitroplantas. *cultrop* [en línea] . 2016, vol.37, supl.1, págs.40-48. ISSN 0258-5936.
- Sereshti, H., Jamshidi, F., Nouri, N., y Nodeh, H. (2020). *Hyphenated dispersive solid- and liquid-phase microextraction technique based on a hydrophobic deep eutectic solvent: application for trace analysis of pesticides in fruit juices*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(6), 2534-2543. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10279>.
- Ulibarry G. (31 de 01 de 2019). Efecto de los plaguicidas sobre la salud\_Pág 3 y 4, Pág 3 y 4. Obtenido de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile: <https://acortar.link/N4C88a>.

## ANEXOS

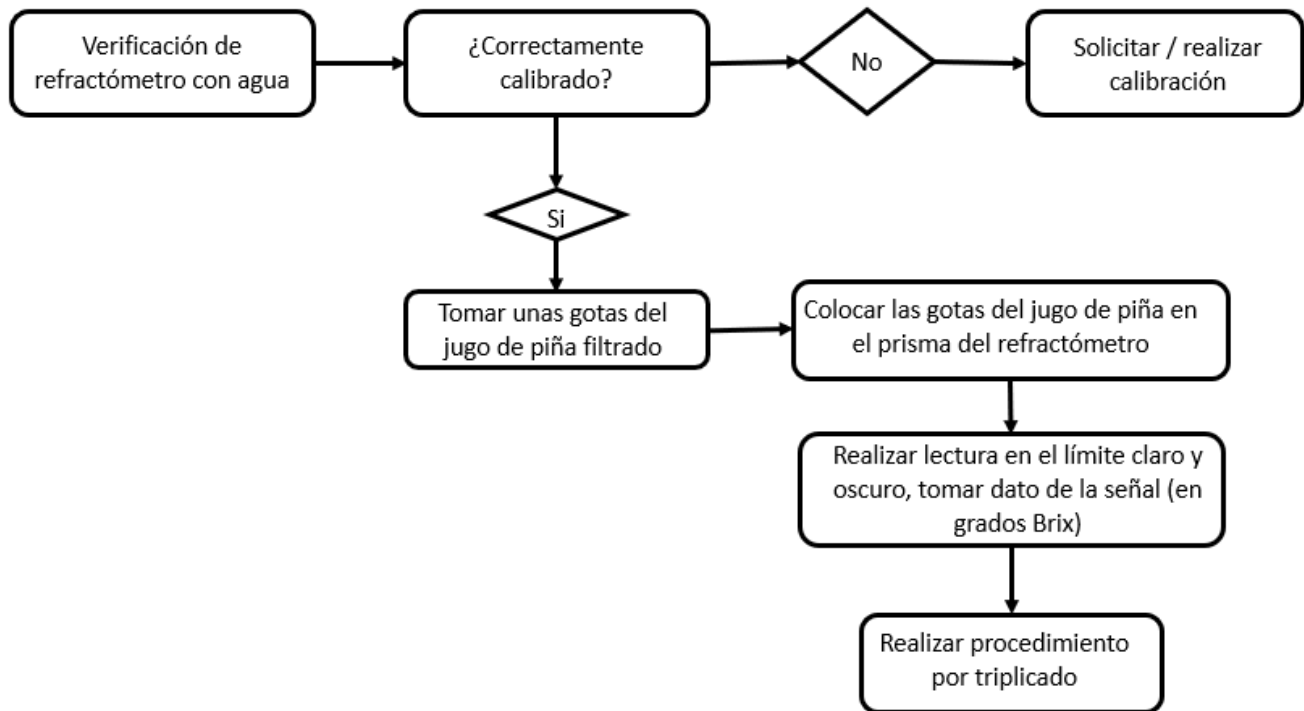
### A- DETERMINACIÓN DE PESO POR CADA UNIDAD DE PIÑA.



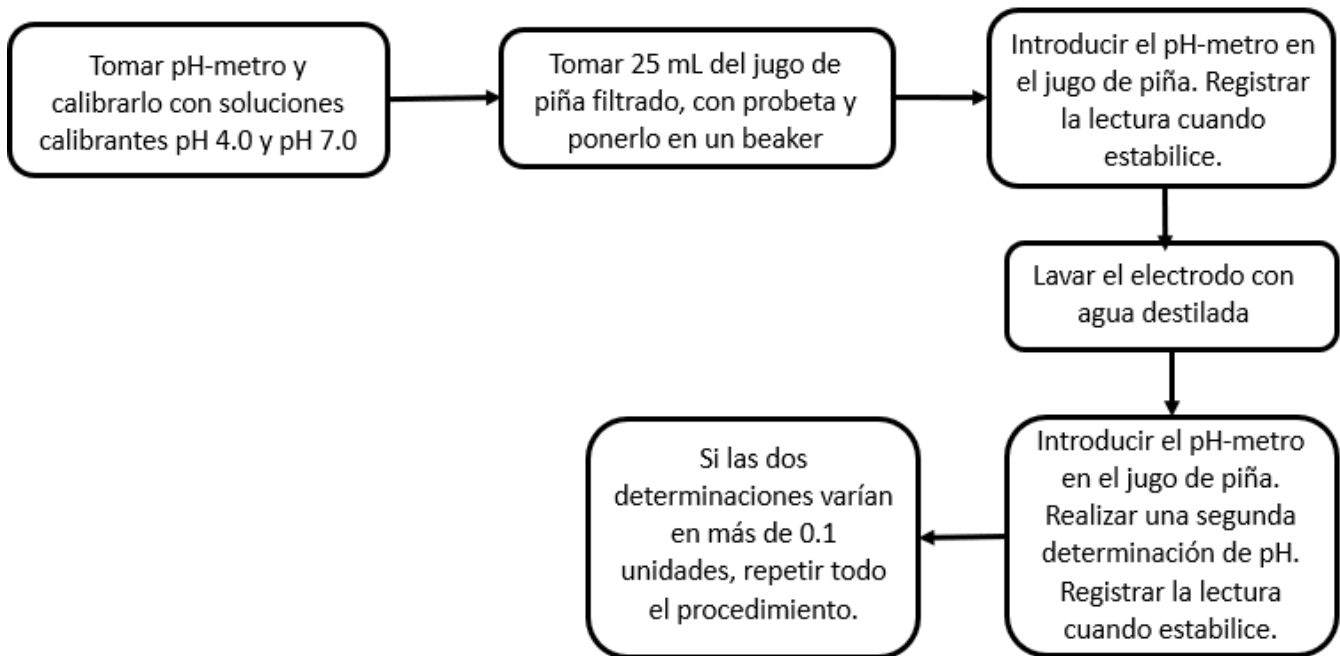
### B- DETERMINACIÓN DE pH y °BRIX



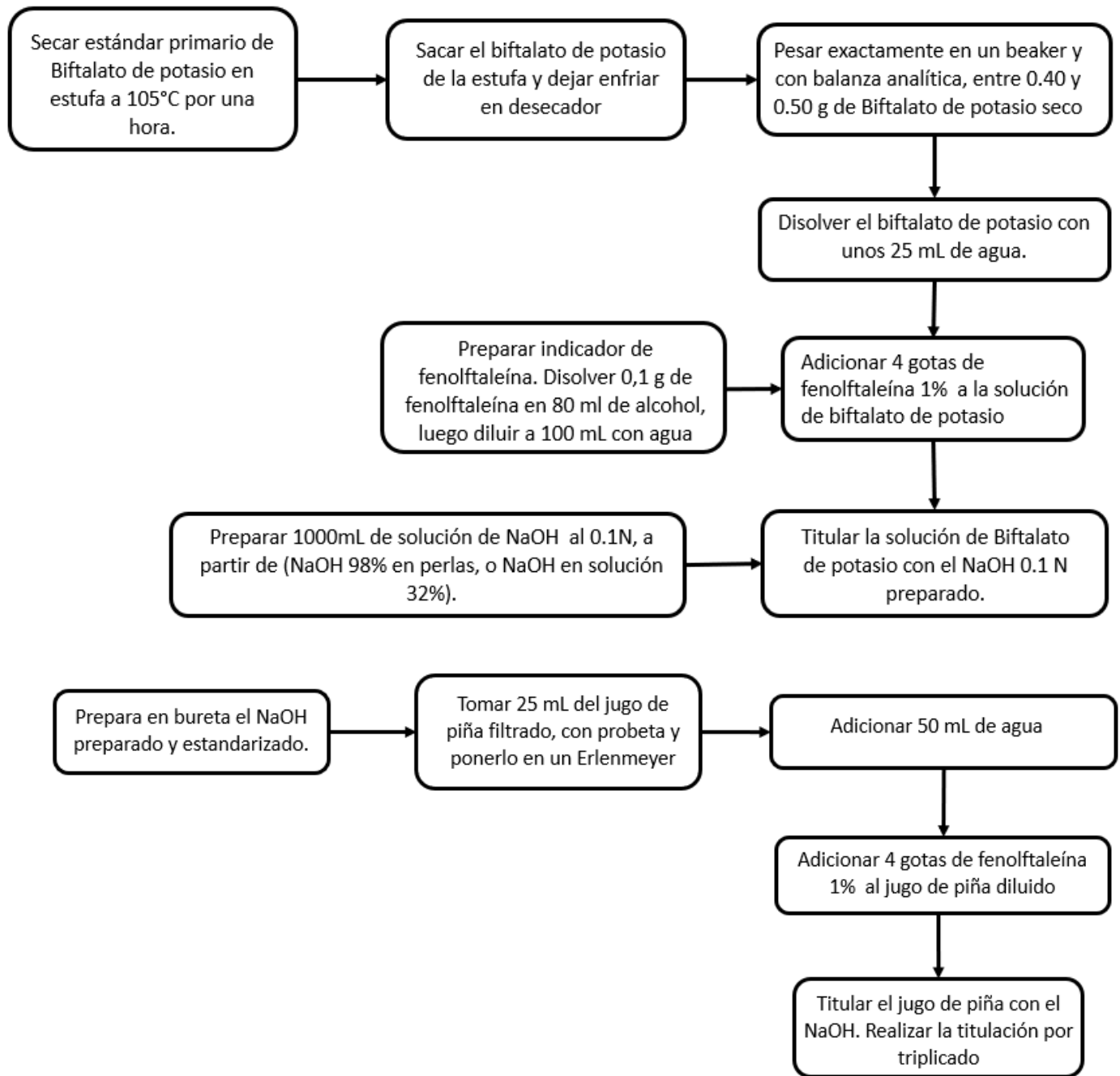
### C- DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN



### D- DETERMINACIÓN DE pH



## E- DETERMINACIÓN DE ACIDEZ EN TERMINOS DE ÁCIDO CITRICO



$$\% \text{ Acidez} = \frac{A \times N \times Peq}{B} \times 100$$

Donde

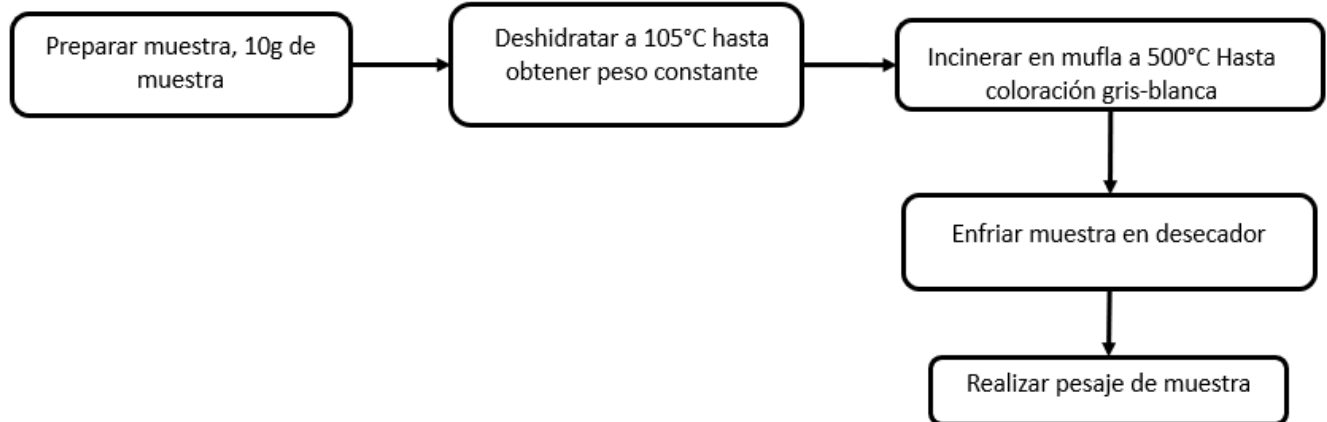
*A* = Volumen de NaOH consumidos (mL).

*N* = Normalidad del agente titulante. (0,1N)

*Peq* = Unidad de masa atómica del ácido de muestra (ácido cítrico)

*B* = Alícuota en mL de muestra (titulada).

### F- DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE CENIZA



Calcule el contenido de cenizas según la siguiente fórmula:

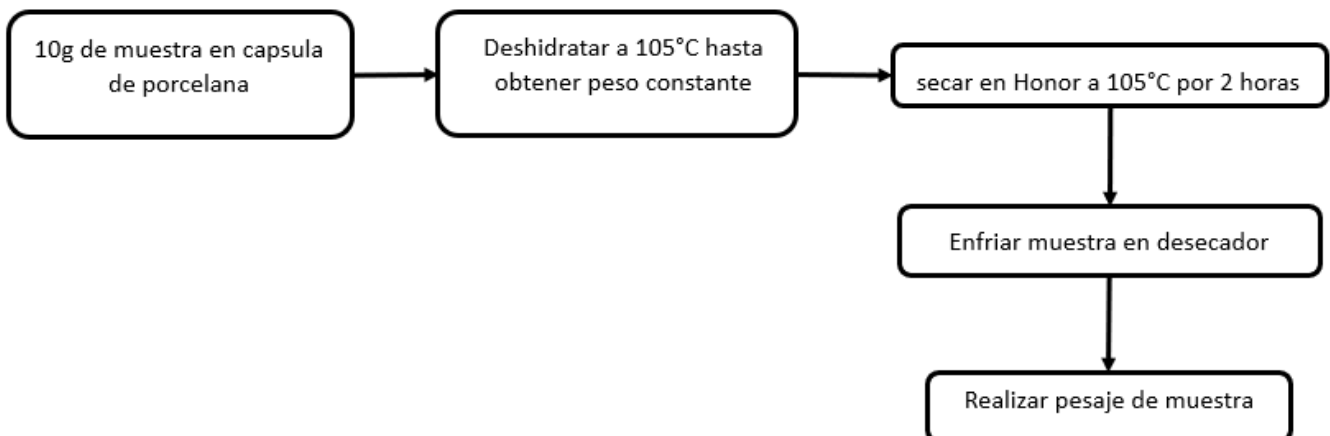
$$\% \text{ de cenizas} = \frac{Wf - Wc}{Wm} \times 100$$

*Wm*: peso de muestra

*Wc*: peso crisol vacío

*Wf*: peso crisol con residuo incinerado

### G- DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE HUMEDAD



Calcule el contenido de humedad como el peso perdido de la muestra durante el secado según la siguiente fórmula:

$$\frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 = \% \text{ de humedad}$$

En donde: ***P<sub>i</sub>*** : *Peso inicial*

***P<sub>f</sub>*** : *Peso final*