

**República Dominicana**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL**  
**Universidad Patrimonio de la Comunidad**



**Facultad de Postgrado y Educación Continuada**  
**Departamento de Postgrado**

**Trabajo de postgrado para Optar por el Título de**  
**Magister en Química.**

**Título:**

Evaluación del efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la calidad de la  
piña (*Ananas comosus*) en el Municipio de Cevicos

**Sustentantes:**

Carmen María López Suárez  
Helmut Vladimir Santos Reyes

**Asesora:**

Dr. Laura Méndez

**Cotuí, Prov. Sánchez Ramírez.**

**Año Académico 2023.**

## **TÍTULO**

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS E  
INORGÁNICOS EN LA CALIDAD DE LA PIÑA (*ANANAS COMOSUS*) EN EL  
MUNICIPIO DE CEVICOS

## **Dedicatoria**

**A Dios:** Por una vez más demostrarme que su amor y misericordia me acompañan, por su protección y por permitirme subir este otro peldaño para mi vida profesional.

**A mis padres:** Ramón López y Altagracia Suárez, por seguir siendo ejemplo en mi vida, por su confianza y por su apoyo incondicional en cada una de mis metas.

**A mis hermanos:** Por siempre estar ahí para mí, colaborando y aconsejándome, especialmente mi querida hermana María Altagracia.

**A mi amado hijo Jonás:** Por servirme de inspiración, por hacerme querer ser ejemplo para él y por motivarme en este proceso.

**A mi esposo Jacobo:** Por siempre estar ahí para mí, por motivarme y demostrarme que puedo dar más de lo que imagino.

**A mis sobrinos:** Alma Shannelle y Andreudy, por ser un motivo más para seguir avanzando en mi vida personal y profesional, para así ser ejemplo para ellos.

**A mis amigos y colegas:** Merichel Sosa, Elivany Agramonte, Edily Rodríguez, María Angélica Cruz y José Agustín Vásquez, por ser mis hermanos en este proceso tan bonito de enseñanza, espero seguir coincidiendo con ustedes.

**A mi compañero de tesis Helmut:** Gracias por ser mi cómplice en esta hermosa travesía y por confiar en mí.

**Carmen María López Suárez**

## **Dedicatoria**

### **A Dios:**

Quien siempre me guio por buen camino, me dio fortaleza para seguir adelante y nodesmayar ante las adversidades, Él es el centro de mi vida, sin él nada es posible.

### **A mis padres:** Milagros Reyes y Bladimir Tomás Santos Aquino

Por su apoyo incondicional, comprensión, consejos y amor en todo el transcurso delcamino, por su esfuerzo para que todo esto fuera posible y hoy ser la persona que soy.

### **A mi padrastro:** Román Saya

Por estar siempre apoyándome y dándome buenos consejos.

### **A mis abuelas:** Antonia Santa Ella Reyes y Paula Concepción Aquino

Por su incondicional apoyo, su cariño, amor y motivación.

### **A mis hermanos:** Josnery Milady Mora Reyes y Alfredo Antonio Reyes

Por ayudarme en todo lo que estuvo a su alcance, por ser cómplices al andar este camino y verme como una persona capaz de lograr grandes proyectos y sueños.

### **A mis tías:** Victoriana Reyes, Patria María Altagracia Reyes, Cristina Gil Reyes y Severina Altagracia Gil Reyes

Por sus buenos consejos, cariño, amor y motivación.

### **A mis primas:** Rosa Yubelkis Gil **Gil**, Wilmary Collado Gil y Yesbely Santos

Por brindarme su apoyo, cariño y motivación en este trayecto.

### **A mis amigos y colegas:**

Por siempre brindarme su apoyo, su compañerismo y los bellos momentos que compartimos juntos, momentos de tristezas y alegrías, serán inolvidables y que perduran

en mi memoria.

**A mi compañera de tesis Carmen María López Suárez:** Por sus consejos y amistad incondicional. Muchas gracias.

**A mis maestros:** Amable Santos, Rosa Aura Recio, Jorge Emilio Cuevas Remigio y Jairo Utate.

Quienes supieron dar sabios consejos y lo mejor de ellos al utilizar las mejores estrategias para prepararme como buen profesional.

**A mi asesora de tesis:** Laura Méndez

Por asesorarme durante todo este trayecto, por brindarme su tiempo y dedicación para poder llevar a cabo con éxito este trabajo de investigación.

**Helmut Vladimir Santos Reyes**

## **Agradecimientos**

**A Dios:** Por darnos la vida, brindándonos cada día la dicha de un nuevo amanecer, permitiéndonos llegar a lograr cada uno de los objetivos que nos hemos propuesto, en especial este, ya que hoy culminamos con mucho éxito nuestra maestría. Gracias, señor por todo lo que nos brindas.

**A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO):** Por brindarnos este recinto en el cual hemos desarrollado nuestros conocimientos, por acogernos una vez más para seguir fortaleciéndonos personal y profesionalmente y por enseñarnos que nada es tan grande como parece, que nuestros sueños se pueden hacer realidad sin importar los obstáculos que se nos presenten.

**A nuestra asesora Laura Méndez:** Por ser nuestra guía, por siempre estar pendiente a que todo salga bien, por motivarnos para dar lo mejor de nosotros y por cada uno de sus consejos y recomendaciones. Gracias.

**A nuestros profesores:** Por dar lo mejor de cada uno para que nosotros pudiéramos desarrollar nuestras capacidades y poder culminar satisfactoriamente. Gracias por sus enseñanzas la cual nunca vamos a olvidar.

**Al MESCyT:** Por beneficiarnos con esta beca para el logro de la realización y culminación de esta maestría en Química Pura. Muchas gracias.

### **Sustentantes:**

Carmen María López Suárez

Helmut Vladimir Santos Reyes

## Hoja de Evaluación

Evaluación del efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la calidad de la piña (*Ananas comosus*) en el Municipio de Cevicos

Carmen María López Suárez

Helmut Vladimir Santos Reyes

Trabajo de maestría sometida a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO).  
Como requisito parcial para obtener el título de Magíster en Química.

---

Laura Méndez  
Asesora

---

Miembro de Comité Evaluador

---

Miembro de Comité Evaluador

---

Miembro de Comité Evaluador

**Licda. Yuderka Altagracia Reyes**  
Directora de Postgrado

**Dionisio Ripoll, M.A**  
Decano de la Facultad de Postgrado y Educación Continuada

Calificación: \_\_\_\_\_

Cotuí, Prov. Sánchez Ramírez. República Dominicana  
Julio del 2023.

### **Declaración de autoría**

Los conceptos emitidos en la presente tesis, son responsabilidad de los sustentantes del mismo. Las citas, consultas bibliográficas se han realizado respetando el derecho de autor, por tanto, se libera a la universidad UTECO de su responsabilidad, sin embargo, para la reproducción total o parcial se requiere de su autorización.

---

Carmen María López Suárez

---

Helmut Vladimir Santos Reyes

## Resumen

Esta investigación titulada Evaluación del efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la calidad de la piña (*Ananas comosus*) en el Municipio de Cevicos, tuvo por objetivo evaluar el efecto de esos fertilizantes en la calidad de la piña. Para el logro de este objetivo fue usado un diseño no experimental, con tipo de estudio descriptivo-correlacional y enfoque cuantitativo. La población estuvo conformada por una plantación de piña del Municipio de Cevicos. De manera general, para la obtención de los datos fueron seguidos los siguientes pasos: acondicionamiento del material vegetal, obtención del extracto de piña, medición de las características fisicoquímicas (pH, densidad, conductividad eléctrica y color), identificación de metabolitos secundarios (saponinas, flavonoides, taninos, antocianinas-betalaínas y quinonas) y cuantificación de carotenoides. Los datos fueron analizados a partir de estadística descriptiva, en los casos que correspondía. Fueron obtenidos los valores de pH, densidad, conductividad eléctrica y color de cada uno de los extractos de piña analizados de acuerdo al tipo de fertilizante utilizado; hubo variaciones apreciables en cuanto al pH y la conductividad eléctrica de los extractos de piña con fertilizantes orgánicos y los extractos de piña con fertilizantes inorgánicos; se logró identificar la presencia de diversos metabolitos secundarios como saponinas, taninos, antocianinas-betalaínas y quinonas; en el caso de los flavonoides, la reacción presentó el burbujeo indicativo, pero no hubo cambio de coloración, por lo que se dedujo que los flavonoides pudieron haberse volatilizado, algo notorio es que no hubo diferencias entre los extractos de piña con fertilizantes orgánicos e inorgánicos; fue cuantificado el contenido de carotenoides en los extractos de las diferentes partes de la piña, siendo el extracto de cáscara + pulpa de piña el que presentó la concentración más elevada; se detectó que los extractos de piña con fertilizantes inorgánicos presentaron alrededor de un 40 % menos de carotenoides, lo que podría indicar que la presencia de estos compuestos están reduciendo la capacidad de las plantas para sintetizar carotenoides.

## ÍNDICE GENERAL

| <b>Contenido.....</b>                                              | <b>Página</b> |
|--------------------------------------------------------------------|---------------|
| TÍTULO .....                                                       | ii            |
| Dedicatoria.....                                                   | iii           |
| Agradecimientos .....                                              | vi            |
| Resumen.....                                                       | ix            |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....                                     | 1             |
| 1.1 Antecedentes .....                                             | 1             |
| 1.1.1 Antecedentes académicos .....                                | 1             |
| 1.2. Planteamiento del problema .....                              | 4             |
| 1.3. Formulación del problema .....                                | 5             |
| 1.4. Sistematización del problema.....                             | 5             |
| 1.5. Justificación.....                                            | 5             |
| 1.6. Objetivos .....                                               | 6             |
| 1.6.1 Objetivo general .....                                       | 6             |
| 1.6.2 Objetivos específicos.....                                   | 6             |
| 1.7. Operacionalización de las variables e indicadores .....       | 7             |
| 1.8. Alcance y límite de la investigación .....                    | 7             |
| 1.9. Definición de términos .....                                  | 8             |
| 1.8 Marco contextual.....                                          | 10            |
| Ubicación geográfica: Municipio de Cevicos .....                   | 10            |
| CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA .....                          | 12            |
| 2.1. Introducción .....                                            | 12            |
| 2.2. La piña.....                                                  | 12            |
| 2.2.2. Descripción botánica y ubicación taxonómica de la piña..... | 13            |
| 2.3. Variedades .....                                              | 16            |
| 2.4. Composición química de la piña .....                          | 18            |
| 2.4.1. Celulosa .....                                              | 18            |
| 2.4.2. Hemicelulosa .....                                          | 20            |
| 2.4.3. Lignina .....                                               | 21            |
| 2.5. Propiedades fisicoquímicas y fitoquímicas .....               | 22            |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.7. Los Fertilizantes .....                                                  | 24 |
| 2.7.1. Fertilizantes Orgánicos y Fertilizantes Inorgánicos .....              | 26 |
| 2.8. Metabolitos Primarios y Secundarios.....                                 | 27 |
| 2.8.1. Diferencias con los metabolitos primarios .....                        | 28 |
| 2.8.2. Funciones que cumplen los metabolitos secundarios en las plantas ..... | 28 |
| 2.9. Flavonoides .....                                                        | 29 |
| 2.9.1. Clasificación.....                                                     | 30 |
| 2.10. Taninos .....                                                           | 32 |
| 2.10.1. Clasificación .....                                                   | 32 |
| 2.10.1.1. Taninos Hidrolizables.....                                          | 32 |
| 2.10.1.2. Taninos Condensados.....                                            | 33 |
| 2.11. Análisis Fitoquímico.....                                               | 33 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....                                               | 34 |
| 3.1 Introducción .....                                                        | 34 |
| 3.2 Diseño de investigación .....                                             | 34 |
| 3.3. Población y Muestra.....                                                 | 34 |
| 3.3.1. Población .....                                                        | 34 |
| 3.3.2. Muestra .....                                                          | 35 |
| 3.4. Técnicas y recolección de datos .....                                    | 35 |
| 3.4.1. Materiales, Equipos y Reactivos .....                                  | 35 |
| 3.4.2. Recolección del material vegetal .....                                 | 35 |
| 3.5. Validez y Confiabilidad .....                                            | 36 |
| 3.6. Procedimiento.....                                                       | 36 |
| 3.6.1. Acondicionamiento del material vegetal .....                           | 36 |
| 3.6.2. Obtención del Extracto de piña .....                                   | 37 |
| 3.6.3. Medición de las características fisicoquímicas.....                    | 38 |
| 3.6.3.1. pH.....                                                              | 38 |
| 3.6.3.2. Densidad .....                                                       | 38 |
| 3.6.3.3. Conductividad eléctrica .....                                        | 39 |
| 3.6.3.4. Color .....                                                          | 39 |
| 3.6.4. Identificación de los metabolitos secundarios .....                    | 40 |

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 3.6.4.1. Saponinas .....                        | 40 |
| 3.6.4.2. Flavonoides .....                      | 40 |
| 3.6.4.3. Taninos.....                           | 40 |
| 3.6.4.4. Antocianinas-Betalaínas .....          | 40 |
| 3.6.4.5. Quinonas .....                         | 41 |
| 3.6.5.6. Cuantificación de carotenoides .....   | 41 |
| 3.7. Análisis de los datos.....                 | 41 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....       | 42 |
| 4.1. Propiedades Fisicoquímicas .....           | 42 |
| 4.1.1. Características de las Piñas.....        | 47 |
| 4.2. Metabolitos Secundarios .....              | 48 |
| 4.3. Contenido de Carotenoides .....            | 52 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 54 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                 | 56 |
| ANEXOS .....                                    | 62 |

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

| Figura/Tabla                                                                                                                           | Página |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Figura 2.1</b> <i>Cultivo de piña en campo.....</i>                                                                                 | 13     |
| <b>Figura 2.2</b> <i>Morfología de la piña.....</i>                                                                                    | 14     |
| <b>Figura 2.3</b> <i>Variedades de piña más importantes.....</i>                                                                       | 18     |
| <b>Figura 2.4</b> <i>Estructura de la celulosa.....</i>                                                                                | 20     |
| <b>Figura 2.5</b> <i>Estructura de la hemicelulosa.....</i>                                                                            | 21     |
| <b>Figura 2.6</b> <i>Estructura de la lignina.....</i>                                                                                 | 22     |
| <b>Tabla 2.1</b> <i>Composición nutricional de la piña.....</i>                                                                        | 23     |
| <b>Tabla 2.2</b> <i>Ventajas y desventajas de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos.....</i>                                       | 25     |
| <b>Tabla 2.3</b> <i>Diferencias entre los metabolitos primarios y secundarios.....</i>                                                 | 28     |
| <b>Figura 2.7</b> <i>Estructura básica del esqueleto flavonólico.....</i>                                                              | 30     |
| <b>Figura 2.8</b> <i>Estructura central del esqueleto flavonólico de los principales subgrupos de flavonoides.....</i>                 | 31     |
| <b>Figura 2.9</b> <i>Estructuras del ácido gálico y elágico respectivamente.....</i>                                                   | 33     |
| <b>Tabla 3.1</b> <i>Materiales, equipos y reactivos utilizados.....</i>                                                                | 35     |
| <b>Figura 3.1</b> <i>Proceso de limpieza, desinfección y secado del material vegetal.....</i>                                          | 37     |
| <b>Figura 3.2</b> <i>Círculo cromático.....</i>                                                                                        | 39     |
| <b>Figura 4.1</b> <i>pH, densidad y conductividad eléctrica de los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña.....</i>      | 42     |
| <b>Figura 4.2</b> <i>Color de los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña.....</i>                                       | 45     |
| <b>Tabla 4.1</b> <i>Características de los frutos de piña utilizadas en el experimento.....</i>                                        | 47     |
| <b>Tabla 4.2</b> <i>Metabolitos secundarios identificados en los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña.....</i>        | 48     |
| <b>Tabla 4.3</b> <i>Resultados para el contenido de carotenoides en los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña.....</i> | 52     |

## ÍNDICE DE ANEXOS

| <b>Anexo</b>    |                                                                                      | <b>Página</b> |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Anexo 1</b>  | <i>Características fisicoquímicas de los extractos de piña.....</i>                  | 62            |
| <b>Anexo 2</b>  | <i>Metabolitos secundarios presentes en los extractos de piña.....</i>               | 63            |
| <b>Anexo 3</b>  | <i>Contenido de carotenoides en los extractos de piña.....</i>                       | 64            |
| <b>Anexo 4</b>  | <i>Fotos del cultivo de piña en la finca de donde fueron seleccionadas.....</i>      | 65            |
| <b>Anexo 5</b>  | <i>Frutos de piña utilizados para la preparación de los extractos...</i>             | 67            |
| <b>Anexo 6</b>  | <i>Preparación de las muestras para la elaboración de los extractos de piña.....</i> | 68            |
| <b>Anexo 7</b>  | <i>Pesada de las muestras para la elaboración de los extractos de piña.....</i>      | 70            |
| <b>Anexo 8</b>  | <i>Cálculos de las cantidades de solventes para mezclar.....</i>                     | 74            |
| <b>Anexo 9</b>  | <i>Preparación de los extractos de piña.....</i>                                     | 75            |
| <b>Anexo 10</b> | <i>Extractos elaborados a partir de diferentes partes del fruto de piña.....</i>     | 77            |
| <b>Anexo 11</b> | <i>Cálculo de las propiedades fisicoquímicas de los extractos.....</i>               | 79            |
| <b>Anexo 12</b> | <i>Identificación de metabolitos secundarios en los extractos.....</i>               | 80            |
| <b>Anexo 13</b> | <i>Cálculo de los carotenoides en los extractos.....</i>                             | 81            |

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

A continuación, se presentan una serie de investigaciones que han sido recopiladas por los autores de este estudio para presentarlas como antecedentes, esto debido a que, por sus objetivos, permiten una ampliación de las ideas que se quieren investigar.

#### 1.1.1 Antecedentes académicos.

Domínguez (2019) realizó una investigación titulada “Estudio de las características fisicoquímicas de la piña (*Ananas comosus* y *Cayena lisa*) para la obtención de pulpa celulósica”, realizada en Ecuador. El estudio experimental se llevó a cabo mediante un diseño completamente al azar con arreglo (A\*B\*C), con 12 tratamientos y 2 repeticiones, para 24 unidades experimentales. Entre los principales resultados: la variedad *Ananas comosus* tuvo un gramaje de 677.452 g/m<sup>2</sup>, en espesor 0.825mm, considerándolo como cartón, en cuanto al subproducto de la piña la corona presentó un gramaje 589.029 g/m<sup>2</sup>, pH de 6.47, el subproducto de la cáscara de piña en los análisis de ceniza se obtuvo 2.186 %, densidad aparente tuvo 1.065 g/cm<sup>3</sup> usando una concentración de hidróxido de sodio (NaOH) en el proceso y reproceso al 1 normal, donde eliminaron la mayor parte de lignina. Con base a los resultados se acepta la hipótesis alternativa Ha: las concentraciones de hidróxido de sodio en los procesos (proceso y reproceso) influyen en el blanqueado de la pulpa celulósica. La corona obtuvo un pH de 6.47 que está por debajo de las normas; un 2.186 % de cenizas; 1.065 g/cm<sup>3</sup> de fue su densidad aparente.

Según Hernández *et al.* (2021) presentaron una investigación titulada “Composición nutricional y compuestos fitoquímicos de la piña (*Ananas comosus*) y su potencial emergente para el desarrollo de alimentos funcionales”. Este fue un estudio documental en el que fueron recolectadas informaciones de diversas fuentes para contribuir al conocimiento que se tiene sobre la piña. Concluyeron que la fruta de la piña se puede considerar como una gran fuente de nutrientes, así como de compuestos bioactivos. Por lo tanto, su consumo debe ser recomendado por diversas organizaciones de la salud por sus

propiedades funcionales. Del mismo modo es importante crear conciencia sobre el efecto beneficioso de los compuestos fitoquímicos eso se podría obtener por consumo de piña.

Zambrano y Ruilova (2022) realizaron un estudio titulado “Extracción y Caracterización de la Fibra de la Hoja de *Ananas comosus* (Piña) por Métodos Químicos”, en la Universidad de Guayaquil. Se utilizaron los métodos con hidróxido de sodio y bisulfito de sodio como alternativa a métodos de extracción manuales. El diseño fue experimental. De acuerdo con los resultados de la caracterización fisicoquímica realizada a las fibras se determinó que el proceso químico seleccionado como óptimo fue con bisulfito de sodio, ya que presentaron mejores resultados en comparación al método con hidróxido de sodio. Siendo el más importante de ellos el porcentaje de celulosa, aportándole mayor resistencia y rigidez a las fibras. Además, se observó una coloración blanca de las fibras, sin necesidad de un blanqueamiento químico con peróxido de hidrógeno como se realiza en las fibras obtenidas por otros métodos químicos y manuales.

Trujillo (2021) realizó un estudio titulado “Evaluación de la capacidad antioxidante de extractos de la cáscara de piña (*Ananas comosus*), frente a un producto comercial”, frente a un producto comercial, para uso en la industria cosmética; la investigación fue de tipo explicativa, pues se realizó con base a la evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos de la cáscara de piña; las variables estudiadas fueron el solvente, la capacidad antioxidante, la temperatura, tiempo de maceración. El ácido ascórbico presentó una menor capacidad antioxidante (15.58 %) que el extracto hidroalcohólico de cáscara de piña (46.85 %). Al obtener los resultados de las muestras analizadas se aplicó el método estadístico “análisis de dos muestras” dando un valor de p de 0.0001 por lo que resulta un nivel de significancia menor, por lo que se acepta la hipótesis alternativa, el extracto alcohólico de la cáscara de piña presentó un porcentaje mayor y se evidenció mayor capacidad antioxidante que el producto comercial.

Lazo *et al.* (2018) presentaron un estudio que llevó por título “Caracterización fermentativa y nutricional de mezclas ensiladas de corona de piña con guineo cuadrado Musa (ABB) I. Parámetros fermentativos, análisis bromatológico y digestibilidad *in vitro*”. Se utilizó un diseño irrestricto al azar con 4 tratamientos de mezclas en base fresca de

corona de piña y guineo cuadrado inmaduro en relación 100:0; 85:15; 70:30; y 55:45 con cinco repeticiones por tratamiento. A las mezclas se les adicionó un 1% de melaza y se fermentaron durante 70 días. No se utilizó inóculo bacterial. Se utilizaron silo bolsas de 50 kg para el almacenamiento del material. Se cuantificó un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) en los contenidos de materia seca, digestibilidad in vitro de la materia seca, pectinas, carbohidratos no fibrosos en los ensilajes conforme se aumentó el nivel de sustitución de guineo cuadrado en la mezcla. Los contenidos de proteína cruda, cenizas y ácido acético, ácido propiónico, disminuyeron significativamente ( $p < 0,05$ ) conforme se aumentó el nivel de sustitución de guineo cuadrado. No se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para los contenidos de nitrógeno amoniacal, ácido butírico, ácido láctico, extracto etéreo ni para el pH entre las cuatro mezclas evaluadas. Se concluye que mezclas de la corona de piña (70 %) con el guineo cuadrado (30 %) *Musa* (ABB) se preservan mediante el proceso del ensilaje y representa una opción el mejoramiento nutricional de la corona en la alimentación de rumiantes. Se recomienda aumentar los niveles de inclusión de melaza para promover una mejor fermentación del ensilaje.

Por otro lado, Guevara *et al.* (2020) en su estudio titulado “Extracción y caracterización de pectina a partir de residuos de cáscaras de piña (*Ananas comosus*) por el método de hidrólisis ácida”. Se empleó un diseño experimental 22 para el proceso de extracción de pectina con la combinación de variables de temperatura y tiempo donde se encontró que el factor determinante en la extracción de pectina por hidrólisis ácida es la temperatura dando un mejor rendimiento a 90 °C. El proceso de extracción y caracterización fisicoquímica de la pectina obtenida a partir de cascará de piña se realizó en el laboratorio multipropósito 1 de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia Nodo Acacias, donde se obtuvo resultados como los siguientes: rendimiento de extracción de 1.15 %, grado esterificación de 45.324, solidos solubles de 0,366 °Brix, una acidez titulable de 0.0768 g de ácido cítrico/100 mL y una viscosidad de 83.324 Cp. Los resultados se compararon con una muestra de pectina cítrica ligera de alto metoxilo comercial, con la cual se pudo concluir que la pectina obtenida a partir de la cascará de la piña corresponde a una pectina de bajo metoxilo teniendo en cuenta la diferencia en el resultado de grado de esterificación para las dos pectinas.

## 1.2. Planteamiento del problema

La piña es una de las frutas tropicales que más se consume y exporta a nivel nacional e internacional, por ello, es necesario que se profundicen investigaciones que ayuden a que ésta tenga más desarrollo y mejore cada vez más la calidad de la misma. Conocer productos que sean buenos para mejorar el tamaño, la calidad y mayor producción de la piña, es algo que ayudaría mucho a que los agricultores respondan a la gran demanda de la piña (Xavier y Edison, 2017).

Después del plátano o la banana, la piña es la segunda fruta tropical más popular en el mundo. Es nativa de Sudamérica, particularmente de Brasil y Paraguay. Es consumida en todos los rincones del mundo no sólo porque es deliciosa, también es sana y nutritiva. La piña tiene vitaminas, minerales, fibra y enzimas que son buenas para el sistema digestivo, lo que ayuda a mantener el peso ideal y una nutrición equilibrada. Es una fuente natural de vitamina C y puede comerse cruda o ser utilizada en la cocina. Además, tiene poquísima cantidad de grasa, sodio y cero de colesterol.

Actualmente, el productor de piña en nuestra región, debido a las exigencias del mercado y al constante aumento en el precio de los fertilizantes es que debe utilizar éstos en forma racional, con un objeto básico: mayor eficiencia de su uso, para obtener una adecuada producción que cubra los costos económicos y que permita a la planta expresar su mayor potencial productivo (Tutorial, 2020). Por lo tanto, se hace necesario mejorar las prácticas de suministro de fertilizantes a la plantación durante su ciclo de crecimiento para así hacer más eficiente la absorción de los nutrientes por parte de las mismas. Es importante destacar que los elementos minerales como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, zinc, boro, manganeso, cobre, molibdeno actúan en el metabolismo de la piña en forma similar como lo hacen en otros cultivos (García, 2021).

La piña es un cultivo altamente extractor de nutrientes, siendo el potasio y el nitrógeno los elementos utilizados en mayores cantidades, por lo cual se requiere de un cuidadoso plan de fertilización para restituir al suelo los nutrientes extraídos y mantener su fertilidad. Sin embargo, en los sistemas de producción se hace un manejo inadecuado de la fertilización, lo cual afecta negativamente la producción de frutos y de hijos y ha

degenerado en una agricultura itinerante, en busca de tierras más fértiles, con el consecuente e irreversible daño ambiental. Por otra parte, los ingresos generados por este cultivo se derivan principalmente de la venta del fruto y en segundo lugar de la semilla cada vez más escasa en la zona, y en estos dos aspectos la fertilización nitrogenada es fundamental, ya que una deficiencia genera hojas pequeñas y estrechas, crecimiento lento, atraso en la floración frutos pequeños y reduce la producción de semilla necesaria para futuras siembras y un exceso genera hojas muy desarrolladas, en la etapa de fructificación coronas muy grandes y frutos muy pequeños (Betancourt *et al.*, 2005), todas estas dificultades son provocadas por una disminución de la cantidad de compuestos bioactivos presentes en la planta.

### **1.3. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la calidad de la piña (*Ananas comosus*) en el Municipio de Cevicos?

### **1.4. Sistematización del problema**

1- ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas que caracterizan la piña (*Ananas comosus*) presentes en cultivos fertilizados?

2- ¿Cuáles son los metabolitos secundarios presentes en la piña (*Ananas comosus*) en relación con el efecto de los diferentes tipos de fertilizantes en la calidad del cultivo?

3- ¿Cuál será el contenido de carotenoides presentes en la piña (*Ananas comosus*) evaluando el impacto de los diferentes tipos de fertilizantes en los niveles de antioxidantes presentes en la calidad del cultivo?

### **1.5. Justificación**

El cultivo de la piña cobra cada vez mayor importancia a nivel mundial y nacional, siendo una de las frutas tropicales más apetecidas por su excelente sabor, sus propiedades culinarias y medicinales. La fruta de la piña ha sido considerada como una buena fuente de macro y micronutrientes, lo que la convierte en un producto altamente nutritivo y valioso. Usando ese estándar, la piña sería considerada como una buena fuente de vitaminas

(vitamina C, tiamina y riboflavina) y minerales (potasio, calcio y magnesio). Los compuestos bioactivos son constituyentes extra nutricionales, éstos compuestos están asociados con sus efectos positivos en la salud humana, particularmente en enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer (Hernández *et al.*, 2021).

Por lo dicho anteriormente, a partir de la realización de esta investigación se pretende dilucidar cuáles son aquellas características y propiedades fisicoquímicas que son propias de este cultivo; además, el conocimiento de aspectos como los compuestos bioactivos (metabolitos secundarios y carotenoides) es un plus que plantea un valor agregado para este cultivo.

Este estudio sentará las bases para los análisis fisicoquímicos de frutos y alimentos que son de interés común y que a veces tenemos en nuestra cotidianidad, pero no se le da la importancia que amerita, por cuestiones de desconocimiento.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo general.**

Evaluar el efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la calidad de la piña (*Ananas comosus*) en el Municipio de Cevicos.

### **1.6.2 Objetivos específicos.**

1. Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la piña (*Ananas comosus*) presente en cultivos fertilizados.
2. Identificar los metabolitos secundarios presentes en la piña (*Ananas comosus*) en relación con el efecto de los diferentes tipos de fertilizantes en la calidad del cultivo.
3. Cuantificar el contenido de carotenoides presentes en la piña (*Ananas comosus*) evaluando el impacto de los diferentes tipos de fertilizantes en los niveles de antioxidantes presentes en la calidad del cultivo.

### 1.7. Operacionalización de las variables e indicadores

| Objetivos específicos                                                                                                                                                                                                         | Variables                                       | Indicadores                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la piña ( <i>Ananas comosus</i> ) presente en cultivos fertilizados.                                                                                                        | Propiedades fisicoquímicas de la piña.          | -pH<br>-Densidad<br>-Conductividad eléctrica<br>-Viscosidad<br>-Color           |
| 2. Identificar los metabolitos secundarios presentes en la piña ( <i>Ananas comosus</i> ) en relación con el efecto de los diferentes tipos de fertilizantes en la calidad del cultivo.                                       | Metabolitos secundarios presentes en la piña.   | -Saponinas<br>-Flavonoides<br>-Taninos<br>-Antocianinas-Betalaínas<br>-Quinonas |
| 3. Cuantificar el contenido de carotenoides presentes en la piña ( <i>Ananas comosus</i> ) evaluando el impacto de los diferentes tipos de fertilizantes en los niveles de antioxidantes presentes en la calidad del cultivo. | Contenido de carotenoides presentes en la piña. | -Cantidad de carotenoides.                                                      |

### 1.8. Alcance y límite de la investigación

**Delimitación espacial:** Esta investigación se desarrollará en la Evaluación del efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la calidad de la piña (*Ananas comosus*) en el Municipio de Cevicos.

**Delimitación temporal:** Esta investigación se realizará en el año 2023.

**Alcance investigativo:** Esta investigación pretende analizar el nivel de Evaluación del efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la calidad de la piña (*Ananas comosus*) en el Municipio de Cevicos.

### 1.9. Definición de términos

**Celulosa:** La celulosa fue descubierta mediante el aislamiento de materia vegetal por el químico francés Anselme Payen en 1838. Es el biopolímero orgánico más abundante en la tierra y se aprecia que la producción total de biomasa celulósica es de aproximadamente  $1.5 \times 10^{12}$  toneladas por año, se estima que es una fuente inagotable de materia prima para la demanda del desarrollo de productos químicos amigables con el medio ambiente (Morales, 2015). La celulosa se encuentra en la naturaleza como material de apoyo en árboles, arbustos, hierbas, entre otros. Estos se llaman celulosas nativas. A su vez, la hemicelulosa se une a la lignina por medio de enlaces cruzados. La producción y obtención de celulosa es principalmente conocida en todo el mundo, principalmente de fuentes de madera (Prieto, Jiménez, Prieto, Acevedo y Rodríguez, 2017).

**Fruto.** Agregado de 100 o más bayas carnosas provenientes de cada una de las ores, en la superficie del fruto solo se observan las cubiertas cuadradas y planas de los frutos individuales pero unidos íntimamente entre sí, los cuales constituyen la corteza dura y cerosa del fruto. El fruto en estado maduro el borde de sus escudetes llamados también ojos presentan una delineación amarillo-verde desprendiendo a la vez un aroma dulce, el color de la pulpa es de blanca a amarillo dependiendo de la variedad (Cerrato, 2013).

**Hemicelulosa:** es una estructura de carbohidratos compleja y heterogénea, su estructura tiene diferentes polímeros de pentosas y hexosas, principalmente D-xilosa, L-arabinosa, D-manosa, D-glucosa, D-galactosa y ácido D-galacturónico entrelazado que aparece glicosídicamente en las paredes celulares amorfa (Ramírez y Reyes, 2017).

**Hijo de Corona.** Es la corona del fruto, no es recomendable debido a su producción tardía (entre 25 y 26 meses) su peso varía entre 150 y 400 gramos (Cerrato, 2013).

**Hijos Basales.** Son llamados también bulbillos o slips, nacen debajo del fruto y los que se desarrollan a partir de yemas laterales de la parte superior del tallo son denominados chupones o hapa (se producen de 4 a 9 hijuelos con un peso de 100 a 300 gr.), producen frutos más o menos entre los 16 y 18 meses. Posee gran capacidad de enraizamiento, estos

son los que se dejan para conseguir la segunda cosecha y además de ello son los más adecuados para asegurar un cultivo (Lombana, 2016).

**Hojas.** Su color puede variar denominando el color verde, rojizo y púrpura. Estas pueden ser espinosas o no dependiendo de la variedad y pueden llegar a medir entre 60 y 120 centímetros de largo, su estructura alargada y en forma de canal le permiten recolectar agua de esta manera, aunque la lluvia sea poca el agua cae al pie de la planta permitiendo ser absorbida por las raíces. Una planta adulta presenta de 70-80 hojas (Lombana, 2016).

**Lignina:** es un polímero natural que se encuentra en las paredes celulares de las plantas vasculares. Este polímero confiere resistencia y rigidez a las especies vegetales, junto con la hemicelulosa. Su contenido puede variar entre el 15 y el 40% en masa de las materias secas de las plantas (Estrella, 2014).

**Pedúnculo.** Une al fruto con el tallo de la planta, posee entrenudos relativamente largos, presenta algunas hojas cortas, de ésta proceden los llamados retoños basales (Carmona, 2016).

**Piña.** Planta monocotiledónea, herbácea y perenne perteneciente a la familia Bromeliaceae compuesta de 46 géneros y 2,00 especies aproximadamente, pertenece al género *Ananas* y especie *comosus*, a esta especie corresponden todos los cultivares, varíes e híbridos de uso comercial originaria de las zonas tropicales de Brasil (Cerrato, 2013).

Es una fruta rica en agua (aproximadamente el 87% de la piña), aminoácidos, carbohidratos (aproximadamente el 11% de la piña), ácidos orgánicos, vitaminas y minerales. La cáscara y la corona de la piña están compuestas principalmente de celulosa, hemicelulosa y compuestos de lignina no aptos para el consumo humano, pero potencialmente utilizables para obtener productos de valor agregado (Ramírez y Reyes, 2017).

**Raíces.** Son cortadas, delgadas y con muchas raicillas bastante superficiales se localizan en los primeros 15 cm superiores al suelo, aunque puede profundizar hasta 60 cm o más, éstas se renuevan constantemente. Presenta raíz primaria solamente en plantas obtenidas a partir de semilla, pero ésta muere pronto (Carmona, 2016).

**Tallo.** Es una estructura en forma de mazo con la parte superior más ancha generalmente de 30-60cm de altura, emite brotes laterales que reciben el nombre de hijos, chupones o retoños que serán el medio propagativo de la planta. Después de 1 a 2 años crece longitudinalmente y forma en el extremo una inflorescencia (Carmona, 2016).

## **1.8 Marco contextual.**

### **1.8.1. Ubicación geográfica: Municipio de Cevicos.**

Según Hernández (2004) el municipio de Cevicos está situado en la parte Oriental del Cibao. Y posee un territorio de 204.45 km<sup>2</sup>. Datos encontrados en los Archivos del Ayuntamiento revelan que Cevicos fue fundado durante el gobierno de Nicolás de Ovando en 1596, su nombre se debe al nombre de un hacendado español propietario de todos los territorios, pero también se le atribuye el nombre del municipio a un indígena de Cevicos.

En España se registra el nombre de Cevicos en una familia como apellido, además, existe una comunidad con el mismo nombre, lo que nos hace pensar que el origen del nombre proviene de un español. Desde el 1503 Cevicos fue el sitio cantonal, era el lugar más cercano para viajar desde el Cibao a la capital o viceversa. Desde esta época hasta la época de la independencia, los transeúntes viajaban y se comunicaban por las tierras de Cevicos en donde descansaban los caballos. Descansaron personajes como: Nicolás de Ovando, Pedro Santana, Juan Pablo Duarte, Rafael Leónidas Trujillo y otros. Cevicos fue un punto clave para la organización de la Guerra Restauradora. Este camino fue hecho carretera en el año 1922 con el nombre de San Rafael (Hernández, 2004).

El 9 de septiembre de 1907 Cevicos fue convertido en Común de La Vega. Para 1952 fue convertido en municipio y pasó a formar parte de la Provincia Sánchez Ramírez. Según Díaz (2013) Cevicos consta de siete secciones registradas en el Archivo de la Nación las cuales son Abadesa, Arenoso, Batero, Las Guáyigas, Sabana del Río, Sabana Grande y Los Peralejos. Cuenta con un distrito municipal (La Cueva). Se plantea que las actividades económicas del municipio se encuentran enmarcadas, actualmente, en el sector agropecuario los principales rubros los cítricos: chinola, naranja y piña.

El clima de este municipio, es tropical y su temperatura oscila entre los 24 y 26 grado centígrados, con temperaturas máximas de 39 °C y una mínima de 10 °C. Según el censo de población del año 2002, este municipio tenía una población de 18,565 habitantes (Díaz, 2013).

El municipio de Cevicos posee una agricultura basada en la siembra de productos agrícolas y cítricos, sus principales cultivos son: cítricos (piñas, naranjas y chinola), y rublos agrícolas como: yautía amarilla, yuca, maíz, arroz entre otros. Además, en este municipio existe una gran cantidad de terreno dedicado a la producción de ganado como son la comunidad de Batero, Sabana Grande, La Cueva, Abadesa y Los Peralejos. La hidrografía del municipio de Cevicos la conforman varios ríos y afluentes como son: Río Cevicos, Payabo, Barranca, Piedra y Don Luis, de los cuales algunos tienen partes subterráneas, mientras que otros aparecen en los períodos lluviosos (Hernández, 2004).

En cuanto al sector comercial existen algunos establecimientos comerciales entre los más importantes están almacenes, plazas, farmacias, colmados, tiendas, repuestos, supermercados, comedores, salones de belleza, etc. Existen dos parroquias de la iglesia católica Nuestra Señora del Pilar y la Iglesia San Martín, y varias capillas dispersas en toda la geografía del municipio, así como otras iglesias evangélicas, de los Testigos de Jehová, entre otras. El terreno donde se encuentra ubicado el cultivo de piña, situado en la citada comunidad, se encuentra en las coordenadas geográficas 18°53'22.5"N; 69°57'28.5"W.

## CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Introducción

Este capítulo contiene todos los aspectos de la literatura que permiten documentar al lector sobre las variables objeto del estudio, las mismas han sido fruto de una ardua búsqueda y selección, de modo que sirva de marco teórico referencial para los lectores.

### 2.2. La piña

Este fruto de origen americano también responde a los nombres de ananás y piña americana. La piña es una planta con flores de color púrpura, hojas rígidas y espinosas y su fruto es muy grande, carnoso y con un sabor muy apreciado. Esta fruta aparece en los mercados durante todo el año, sin interrupción, aunque las mejores cualidades se adquieren de octubre a mayo, que es cuando está perfectamente madura (Avelino *et al.* 2009).

La piña es una fruta tropical, su nombre científico es *Ananas comosus*, es una planta que pertenece a la familia de las Bromeliáceas, género *Ananas*, especie *Sativa* presente en los trópicos y subtrópicos, originaria de Suramérica (Bartholomew, 2009).

La planta crece en el suelo donde adopta la forma de una roseta compuesta por múltiples hojas rígidas, largas dotadas con espinas. En la parte central de la planta emerge un tallo sobre el cual se desarrolla la fruta que tiene una forma ovalada con una corona de hojas. Esta planta requiere un clima cálido y una elevada humedad ambiental para desarrollarse, se obtienen dos cosechas al año.

La piña forma parte de la familia de las bromelias. Los tipos cultivados pertenecen al género *Ananas* que reagrupa varias especies, entre ellas, la *Ananas comosus*, que es la que se explota con fines comerciales. Las principales variedades se clasifican en cinco grupos de acuerdo con sus hábitos de crecimiento, la forma de la fruta, las características de la pulpa y la morfología de las hojas y se han propagado por todo el mundo en función de su capacidad de adaptación a las condiciones pedoclimáticas locales: 1- Cayena 2- Española 3- Queen 4- Pernambuco 5- Perolera (Aragón *et al.*, sf). En la imagen 2.1 se muestran ejemplares de cultivo de piña sembradas en campo.

**Figura 2.1**

*Cultivo de piña en campo*



### **2.2.2. Descripción botánica y ubicación taxonómica de la piña**

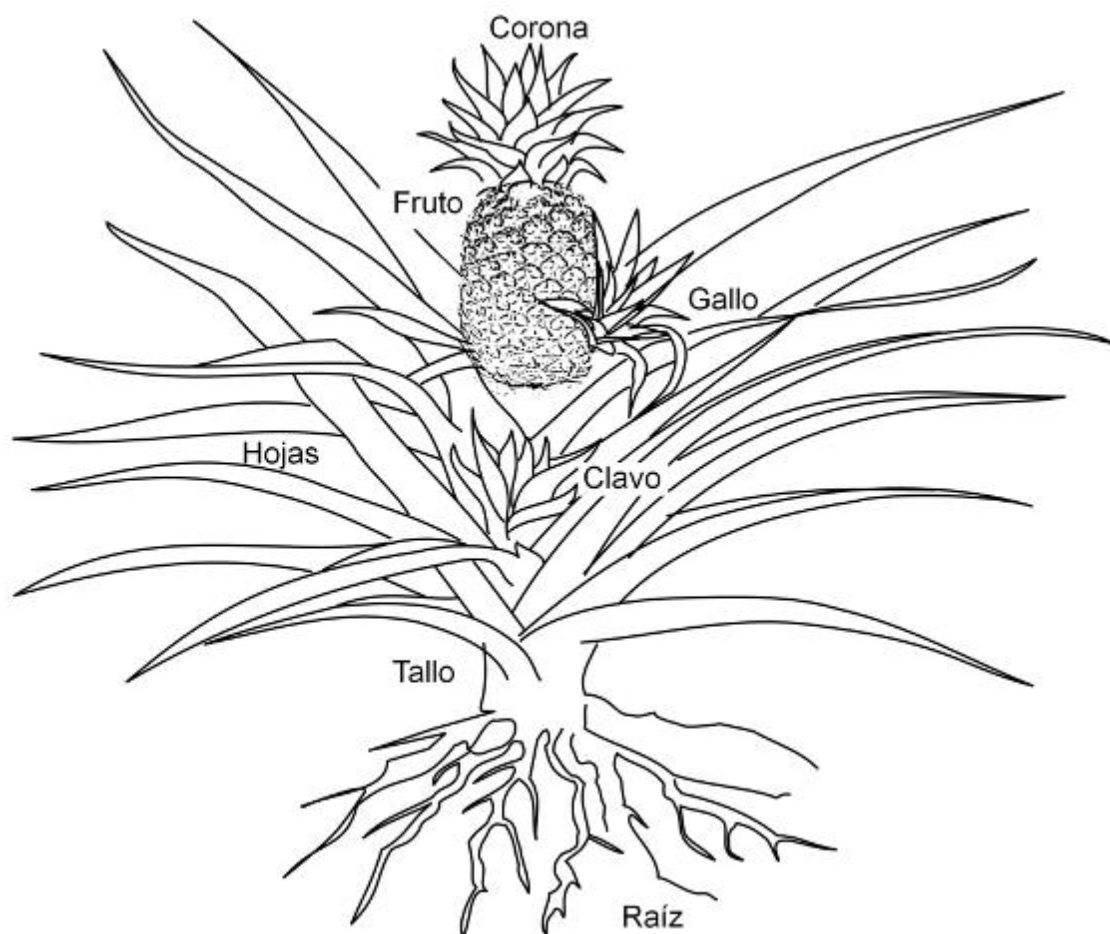
La piña es una planta que incluye alrededor de 1,400 especies en todo el mundo, muchos de los miembros de esta familia son epifitos, es decir, viven encima de otras plantas en zonas de clima tropical, nace sobre tierra firme. Es una planta que llega a alcanzar hasta 1.5 metros de altura, los frutos pueden ser de más de 30 centímetros de largo y existen diferentes variedades del cultivo. La piña pertenece a la familia de las Bromeliáceas, su género es *Ananá* y especie *Comosus* (Hernández, 2008).

Por su parte, la piña está formada por una roseta de hojas duras, lanceoladas y más o menos espinosas, organizadas alrededor de un tallo que constituye el eje de la planta. En su prolongación crece un ápice en cuyo extremo nace la fruta terminada en una corona. La

inflorescencia es racimosa y puede producir más de cien flores. En la imagen 2.2 se muestra una representación de la morfología de la piña.

**Figura 2.2**

*Morfología de la piña*



**Hojas:** son generalmente espinosas, colocadas en forma de espiral, aunque dependiendo de la variedad pueden ser lisas, alcanzando una longitud final de entre 30 y 100 cm de largo. La forma alargada y acanalada de las hojas se debe a su adaptación para poder acumular nutrientes y también el aprovechar mejor el agua de la lluvia y del rocío, la cual es usada durante la época seca. Una planta adulta posee entre 70 a 80 hojas lanceoladas (Paucar, 2022).

**Tallo:** crece longitudinalmente después de 12 a 24 meses, es corto y robusto. Del centro de la planta sale un eje que sostiene una inflorescencia o espiga con brácteas verdes o rojas (Avelino *et al.*, 2009).

**Fruto:** las flores dan fruto sin necesidad de fecundación, es decir, se autofecunda de manera asexual (Avelino *et al.*, 2009).

**Raíz:** el sistema radicular de la piña es muy superficial, generalmente las raíces se localizan en los primeros 16 cm del suelo, pero pueden explorar hasta 60 cm o más, por lo que se recomienda una buena permeabilidad y aireación del suelo al menos durante los primeros 50 cm, con un nivel freático a profundidad no menor de 2 metros, para que no se humedezca demasiado, ya que es muy susceptible a hongos del suelo.

**Floración:** la piña florece de forma espontánea, después de un período prolongado de sequía, sin embargo, la floración puede ser inducida (inducción floral), atendiendo a necesidades comerciales y considerando correctamente su desarrollo fisiológico. Cuando la inducción floral es practicada la planta florece después de los 30 o 40 días de realizada.

**Retoños:** se diferencian tres tipos de vástagos, retoños o hijuelos en la piña los cuales son las estructuras de reproducción vegetativa por excelencia, éstos son:

- Coronas, localizadas en la parte superior del fruto, sólo recomendables para ser utilizadas en plantaciones cuando existe actividad en la agroindustria local. A la hora de plantar (sembrar) deben desecharse las coronas múltiples, las muy pequeñas, descogolladas y aquellas que tengan residuos del fruto (a menos que se les retire). Su desarrollo como planta en general es el más lento, pero uniforme y tienen bajo porcentaje de floración natural.
- Gallos o bulbillos, son los retoños que crecen o desarrollan a partir de yemas localizadas en el pedúnculo y la base del fruto, son de vigor intermedio. Sin embargo, en muchas regiones del mundo es el más usado, por su facilidad de traslado y de siembra.
- Clavos o hijo axilar, son los vástagos generalmente más grandes, que crecen y se desarrollan de yemas axilares en todo el tallo. Por ser más vigorosos,

se asocian mayormente a las floraciones naturales que ocurren durante los meses de noviembre a febrero, los hijuelos que aparecen en la base del tallo y presentan raíces propias generadas debido a su proximidad al suelo, lo que los hace altamente recomendables para la próxima siembra.

### 2.3. Variedades de piña (*Ananas comosus*)

Existen numerosas variedades de piña que derivan de los diferentes grupos. Cada grupo contiene más de diez variedades o cultivares repartidos a través de la zona intertropical según su capacidad de producción, relacionada con las condiciones pedoclimáticas locales. (PIP- Coleacp, (2011).

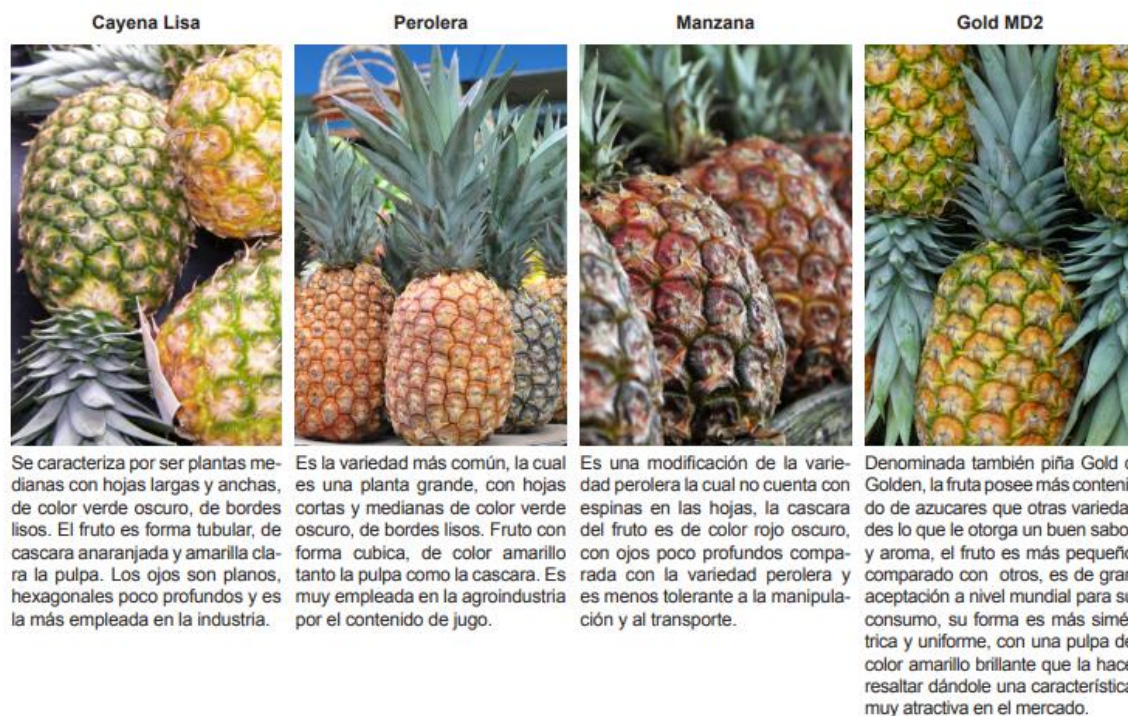
Las variedades más extendidas en los cultivos comerciales frescos o transformados se limitan a algunos tipos. La Cayena Lisa abarcaba la mayor parte de la producción mundial en la segunda mitad del siglo XX. Su fuerte rendimiento, su buen potencial de conservación, su forma cilíndrica, la escasa presencia de espinas y sus buenas calidades organolépticas la convirtieron en el prototipo de piña destinada al comercio de masas. En cambio, su sensibilidad a la mancha negra, a la *Phytophthora* y a los parásitos telúricos requiere un seguimiento minucioso del cultivo.

A finales de los años 1980, una nueva variedad de híbrido natural creado por el programa de investigación del Pineapple Research Institute de Hawái apareció. Cultivada desde principios de los años 1990 como MD-2 o Extra Sweet por la empresa Del Monte, revolucionó el sector de la piña transformándolo de forma considerable y duradera. Esta variedad medio espinosa se impuso gracias a su buen rendimiento, su poca sensibilidad a la mancha negra y a los parásitos telúricos y su estupendo potencial de conservación. Su sabor dulce y azucarado, muy apreciado por el consumidor, la propulsó a la cima de las variedades producidas con fines comerciales. Su único inconveniente es su gran sensibilidad a la *Phytophthora*.

Las variedades Cayena Lisa y MD-2 abarcan la mayor parte de la piña destinada al comercio, pero existen otras variedades que se transportan por vía aérea y que ocupan dichos comerciales:

- La Queen Victoria pertenece al grupo Queen y es una piña pequeña y espinosa que gusta por sus cualidades organolépticas. Esta variedad poco extendida se produce principalmente en la zona del océano Índico (Sudáfrica, Mauricio y la Reunión) y se exporta en estado fresco a los mercados europeos. Es bastante productiva pero sensible a la mancha negra, a la *k* y a los parásitos telúricos.
- Desde hace algunos años empieza a exportarse una nueva variedad al mercado europeo: la Pan de Azúcar, que pertenece al grupo Pernambuco, más conocido en el Brasil. La denominación deriva de su forma sin escarpadura. Tiene una carne más clara que las demás, casi blanca y gusta por su dulzura y su sabor. Procede principalmente de África Occidental (Benín y Togo). (PIP- Coleacp, 2011).

Las variedades cultivadas para la transformación son bastante limitadas. Como la Champaka produce frutas grandes, se suele preferir a la Cayena Lisa, aunque ésta se utiliza en algunos países. Igual que en el mercado fresco, la variedad MD-2 se está extendiendo en detrimento de la Champaka, principalmente en los países asiáticos. (PIP- Coleacp, 2011). En la imagen 2.3 se muestran las principales variedades de piña.

**Figura 2.3***Variedades de piña más importantes*

**Fuente:** Principales características del cultivo de la piña (*Ananas comosus*) (DANE, 2016).

## 2.4. Composición química de la piña

La piña es una fruta rica en agua (aproximadamente el 87% de la piña), aminoácidos, carbohidratos (aproximadamente el 11% de la piña), ácidos orgánicos, vitaminas y minerales. La cáscara y la corona de la piña están compuestas principalmente de celulosa, hemicelulosa y compuestos de lignina no aptos para el consumo humano, pero potencialmente utilizables para obtener productos de valor agregado (Ramírez y Reyes, 2017).

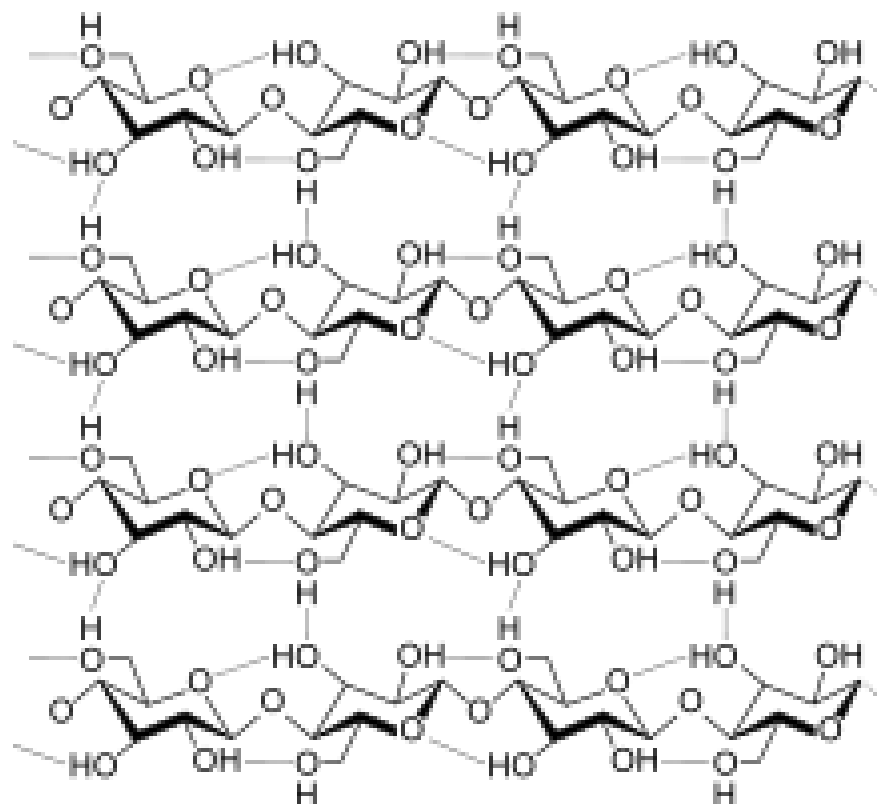
### 2.4.1. Celulosa

La celulosa fue descubierta mediante el aislamiento de materia vegetal por el químico francés Anselme Payen en 1838. Es el biopolímero orgánico más abundante en la tierra y se aprecia que la producción total de biomasa celulósica es de aproximadamente  $1.5 \times 10^{12}$  toneladas por año, se estima que es una fuente inagotable de materia prima para

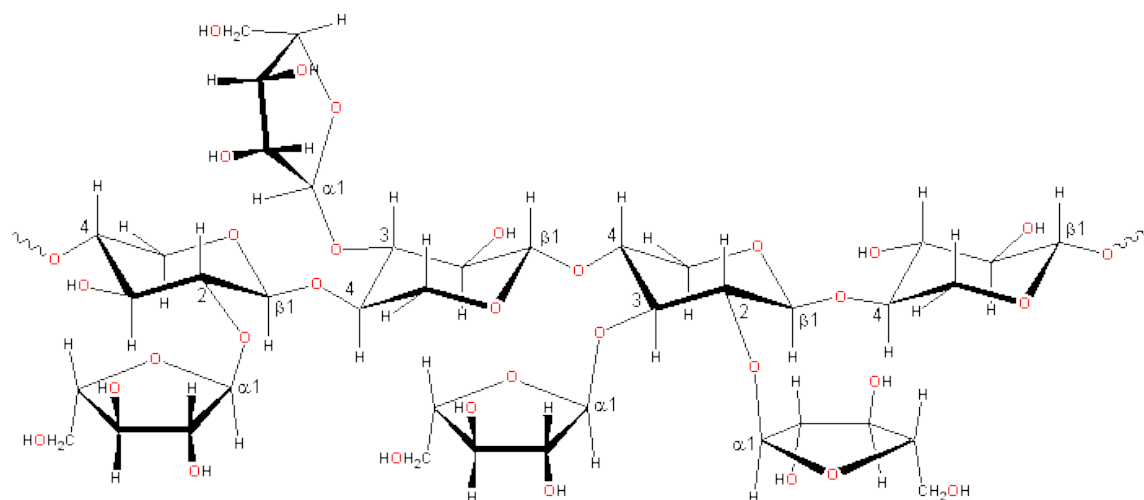
la demanda del desarrollo de productos químicos amigables con el medio ambiente (Morales, 2015).

La celulosa se compone de una extensa cadena de carbohidratos de polisacáridos ( $C_6H_{10}O_5$ ). Su estructura está formada por la unión de moléculas de  $\beta$ -glucosa a través de enlaces  $\beta$ -1,4-glucosídicos, lo que la hace insoluble en agua. Su estructura es lineal o fibrosa, estableciendo múltiples enlaces de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de diferentes cadenas yuxtapuestas de glucosa, lo que las hace muy resistentes e insolubles al agua, originando fibras compactas que constituyen la pared celular de las células vegetales, lo que les confiere rigidez (Badui, 2006).

La celulosa se encuentra en la naturaleza como material de apoyo en árboles, arbustos, hierbas, entre otros. Estos se llaman celulosas nativas. A su vez, la hemicelulosa se une a la lignina por medio de enlaces cruzados. La producción y obtención de celulosa es principalmente conocida en todo el mundo, principalmente de fuentes de madera (Prieto *et al.*, 2017). En la imagen 2.4 se puede apreciar la estructura de la celulosa:

**Figura 2.4***Estructura de la celulosa***2.4.2. Hemicelulosa**

La hemicelulosa es una estructura de carbohidratos compleja y heterogénea, su estructura tiene diferentes polímeros de pentosas y hexosas, principalmente D-xilosa, L-arabinosa, D-manosa, D-glucosa, D-galactosa y ácido D-galacturónico entrelazado que aparece glucosídicamente en las paredes celulares amorfa (Ramírez y Reyes, 2017). En la imagen 2.5 se puede apreciar la estructura de la hemicelulosa:

**Figura 2.5***Estructura de la hemicelulosa***2.4.3. Lignina**

La lignina es un polímero natural que se encuentra en las paredes celulares de las plantas vasculares. Este polímero confiere resistencia y rigidez a las especies vegetales, junto con la hemicelulosa. Su contenido puede variar entre el 15 y el 40% en masa de las materias secas de las plantas (Prieto *et al.*, 2017). En la imagen 2.6 se puede apreciar la estructura de la lignina:



(Lu *et al.*, 2014). Para la calidad de la piña, el perfil de azúcar juega un papel importante con respecto a su sabor y su aceptabilidad comercial, debido a que la piña es una fruta no climatérica, el nivel de azúcar en esta fruta depende el tiempo de cosecha, por lo tanto, para obtener piña dulce es necesario cosecharlos a medida que se acercan a la etapa madura (Cordenunsi *et al.*, 2010).

En la tabla 2.1 se presenta la composición nutricional de la piña, haciendo alusión a los nutrientes, minerales y vitaminas que tiene una porción de 100 g de esta.

**Tabla 2.1**

*Composición nutricional de la piña*

| Nutrientes            | Unidades | Valor por cada 100 g de piña |
|-----------------------|----------|------------------------------|
| Agua                  | g        | 86                           |
| Energía               | Kcal     | 50                           |
| Proteína              | g        | 0.54                         |
| Lípidos               | g        | 0.12                         |
| Carbohidratos         | g        | 13.12                        |
| Fibra dietética total | g        | 1.4                          |
| Azúcares totales      | g        | 9.85                         |
| <b>Minerales</b>      |          |                              |
| Calcio                | mg       | 13                           |
| Hierro                | mg       | 0.29                         |
| Magnesio              | mg       | 12                           |
| Fósforo               | mg       | 8                            |
| Potasio               | mg       | 109                          |
| Sodio                 | mg       | 1                            |
| Zinc                  | mg       | 0.12                         |
| <b>Vitaminas</b>      |          |                              |
| Vitamina C            | mg       | 47.8                         |
| Vitamina B1           | mg       | 0.079                        |
| Vitamina B2           | mg       | 0.032                        |

|               |    |       |
|---------------|----|-------|
| Vitamina B3   | mg | 0.5   |
| Vitamina B6   | mg | 0.112 |
| Ácido fólico  | mg | 18    |
| Vitamina A    | mg | 3     |
| Vitamina E    | mg | 0.02  |
| Vitamina K    | mg | 0.7   |
| Ácidos grasos | mg | 0.025 |

Fuente: Recuperado de Hernández *et al.* (2021).

## 2.7. Los Fertilizantes

El manejo de fertilizantes es uno de los factores de mayor relevancia en el cultivo de piña. Una fertilización equilibrada asegura una buena producción y, en consecuencia, una alta rentabilidad para los agricultores que dependen de este cultivo (Bello, 2020).

Asimismo, los fertilizantes inorgánicos o químicos son sustancias naturales o sintéticas de origen inorgánico, es decir que no son de origen animal o vegetal. Los naturales se encuentran en yacimientos como el salitre (nitrato de sodio), la roca fosfórica y el cloruro de potasio. Los fertilizantes sintéticos son aquellos elaborados artificialmente y están compuestos principalmente por sales minerales de nitrógeno, fósforo y potasio; cuando contienen uno solo de estos elementos se les conoce como simples y cuando contienen más de uno se les conoce como compuestos (Flores, 2018).

Por lo tanto, el desconocimiento de las dosis ideales de fertilización, en función del tipo de suelo donde está plantada esta especie, puede acarrear grandes perjuicios para los productores, pues el exceso o falta de nutrientes, puede causar una baja en la productividad, aumentar los costos de producción, bajar la calidad de los frutos y contaminar los suelos y aguas. Estos perjuicios no solo pueden afectar la economía del pequeño agricultor sino también al propio agroecosistema (López, 2018).

Los fertilizantes orgánicos son los que se obtienen a partir de organismos vivos, como son animales, plantas, hongos y bacterias. Entre los principales fertilizantes orgánicos o biofertilizantes tenemos los siguientes: abonos verdes, bioinoculantes, cenizas,

carbón vegetal, estiércoles, compostas, lombricompostas, extractos húmicos, entre otros (Flores, 2018).

Una de las formas de disminuir los posibles perjuicios económicos y ambientales, causados por la mala utilización de fertilizantes sintéticos, es el empleo de forma simultánea de fuentes sintéticas y orgánicas, de forma que se tenga un menor uso de las primeras (Marca-Huamancha, 2020). A continuación en la tabla 2.2 se describen las principales ventajas y desventajas de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos:

**Tabla 2.2**

*Ventajas y desventajas de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos*

| <b>Fertilizantes Orgánicos (Ventajas)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Fertilizantes Inorgánicos (Ventajas)</b>                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Son ideales para ofrecer una solución a los cultivos en el momento de mayor necesidad ya que el fertilizante se libera a medida que se descompone, proporcionando los nutrientes en las proporciones adecuadas. También funcionan como un tratamiento para los suelos, pues ayuda a recuperar su capacidad para retener el agua y los nutrientes. | Este tipo de fertilizantes tienen una acción concentrada que se especifica únicamente en la necesidad de los cultivos, por lo que proporcionan una solución eficaz y rápida. Además, su absorción es fácil, rápida y funciona con la misma efectividad en los diferentes climas y tipos de suelos. |
| <b>Fertilizantes Orgánicos (Desventajas)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Fertilizantes Inorgánicos (Desventajas)</b>                                                                                                                                                                                                                                                     |
| La liberación de macronutrientes en los fertilizantes de origen natural depende de las condiciones del suelo, pues una de las principales características del abono orgánico es que funcionan de forma eficiente en suelos húmedos y cálidos.                                                                                                     | Los fertilizantes inorgánicos al concentrar su acción únicamente en las plantas no proporcionan ningún nutriente al suelo. También pueden generar residuos químicos en el suelo.                                                                                                                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>Esto reduce su funcionalidad en lugares donde se presentan cambios estacionales de clima.</p> <p>El tiempo de efectividad también puede resultar una limitante, ya que, aunque presenta excelentes resultados en condiciones adecuadas, pueden tomar más tiempo del esperado debido a que el proceso de liberación de nutrientes no se da de forma ágil.</p> |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

### 2.7.1. Fertilizantes Orgánicos y Fertilizantes Inorgánicos

Los fertilizantes orgánicos se obtienen a partir de materiales de origen natural, como estiércol, compost, restos de plantas y animales, entre otros. Estos materiales se descomponen gradualmente en el suelo, liberando nutrientes de manera lenta y sostenida (Marca-Huamancha, 2020). Algunas de las principales características de los fertilizantes orgánicos son:

- **Nutrientes lentamente disponibles:** Los nutrientes que proporcionan los fertilizantes orgánicos se liberan gradualmente a medida que los materiales se descomponen en el suelo. Esto asegura una liberación lenta y constante de nutrientes, lo que es beneficioso para el crecimiento de las plantas a largo plazo.
- **Mejora de la estructura del suelo:** Los fertilizantes orgánicos aportan materia orgánica al suelo, lo que ayuda a mejorar su estructura y capacidad de retención de agua. Esto es especialmente importante en suelos compactados o pobres en materia orgánica.
- **Menor riesgo de contaminación ambiental:** Los fertilizantes orgánicos son menos propensos a contaminar las aguas subterráneas o cuerpos de agua cercanos debido a su liberación lenta y natural. Además, ayudan a fomentar la biodiversidad y la presencia de microorganismos beneficiosos en el suelo.

Por otro lado, los fertilizantes inorgánicos son productos químicos sintéticos que contienen nutrientes minerales en formas fácilmente asimilables por las plantas (Marca-Huamancha, 2020). Algunas de las principales características de los fertilizantes inorgánicos son:

- Liberación rápida de nutrientes: Los fertilizantes inorgánicos proporcionan nutrientes de manera rápida y fácilmente asimilable por las plantas. Esto puede ser beneficioso en situaciones donde las plantas necesitan rápidamente un aporte nutricional.
- Mayor concentración de nutrientes: Los fertilizantes inorgánicos suelen tener una mayor concentración de nutrientes en comparación con los fertilizantes orgánicos. Esto permite aplicar cantidades más pequeñas de fertilizantes, lo que reduce costos y facilita su manejo.
- Mayor riesgo de contaminación ambiental: Los fertilizantes inorgánicos son más propensos a lixiviar y contaminar las aguas subterráneas o cuerpos de agua cercanos si se aplican en exceso o incorrectamente. También pueden afectar negativamente la biodiversidad y la presencia de microorganismos beneficiosos en el suelo.

## **2.8. Metabolitos Primarios y Secundarios**

Cualquier organismo viviente contiene en su estructura productos químicos, en su mayoría orgánicos. Estos compuestos químicos son el resultado de la actividad metabólica, por ello es frecuente denominarlos metabolitos (Mcknight *et al.*, sf).

Los compuestos orgánicos que se encuentran en los organismos vivos se pueden dividir en dos tipos principales: primarios y secundarios. Los metabolitos primarios son los más abundantes y se denominan así por formar parte de la base fundamental de los procesos vitales, ya que intervienen en la supervivencia, crecimiento y reproducción de las plantas; siendo parte de ellos, las proteínas, los ácidos nucleídos y los tipos más frecuentes de carbohidratos y lípidos. Por el contrario los metabolitos secundarios se dan de manera restringida, generalmente en pequeñas cantidades, a diferencia de los metabolitos primarios, la ausencia de algún metabolito secundario no le impide la supervivencia siendo no esenciales para la vida como tal, aunque ello no excluye la posibilidad de que puedan ser de utilidad para el organismo.

particular que lo produce (Mcknight *et al.*, sf).

### 2.8.1. Diferencias con los metabolitos primarios

Mediante la siguiente tabla presento las diferencias que existe entre los metabolitos primarios y secundarios (Tabla 2.3).

**Tabla 2.3**

*Diferencias entre los metabolitos primarios y secundarios*

| <b>Metabolitos Primarios</b>                                               | <b>Metabolitos Secundarios</b>                            |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Productos del metabolismo general.                                         | Productos del metabolismo especial.                       |
| Ampliamente distribuido en plantas y animales.                             | Biosintetizados a partir del metabolismo primario.        |
| Distribución taxonómica no restringida.                                    | Distribución taxonómica restringida.                      |
| Indispensables para la vida.                                               | No indispensables para la vida.                           |
| Aminoácidos de proteínas, monosacáridos, lípidos, glucósidos, entre otros. | Saponinas, Alcaloides, Taninos, Flavonoides, entre otros. |

### 2.8.2. Funciones que cumplen los metabolitos secundarios en las plantas

Las plantas al igual que los animales, las algas, los hongos y las bacterias, realizan funciones fisiológicas en las que están implicadas rutas metabólicas. Estas funciones son fundamentales para que estos organismos se mantengan con vida; las plantas son poseedoras casi exclusivas de otras rutas metabólicas por las que sintetizan una variedad de sustancias llamadas metabolitos secundarios (Alberto, 2006).

Todas las sustancias que el hombre ha obtenido a partir de las plantas y a empleado para diferentes fines son productos del metabolismo secundario, por ejemplo a través de los taninos los hombres curtieron pieles de animales que luego utilizaron para cubrirse, los flavonoides otorgan propiedades antioxidantes combatiendo el estrés oxidativo y son los aceites esenciales metabolitos secundarios que dan el aroma a las flores (Alberto, 2006).

Estos metabolitos cumplen funciones importantes en las plantas, como es el mecanismo de defensa contra microorganismos patógenos e insectos para una contención rápida frente a algún daño ya sea local o en sitios lejanos al daño, esto es conocido como la respuesta sistemática. Otra de las funciones es la interacción entre las plantas cuando se presentan fenómenos de alelopatía, finalmente son responsables de los diversos colores de las flores, así como también facilitar la polinización (Almaraz *et al.*, sf).

## 2.9. Flavonoides

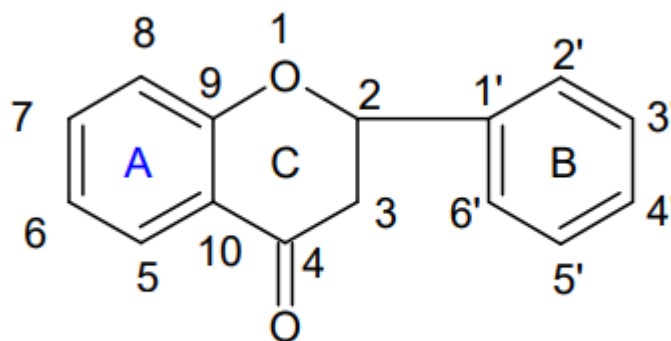
Los flavonoides forman parte de una clase muy abundante de productos naturales presentes en las plantas superiores, así también en helechos, pero no en hongos, mohos ni bacterias. Químicamente, estas sustancias son de naturaleza fenólica y se caracterizan por poseer dos anillos aromáticos bencénicos unidos por un puente de tres átomos de carbono, con la estructura general C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>, los cuales pueden o no formar un tercer anillo (Sepúlveda *et al.*, 2003).

Los anillos son denominados A, B y C; los átomos de carbono individuales son referidos por un sistema numérico, el cual emplea números ordinarios para los anillos A y C y números primos para el anillo B (Figura 2.1) (Cartaya y Reynaldo, 2001).

Los flavonoides suelen presentar al menos tres hidroxilos fenólicos y se encuentran generalmente combinados con azúcares en forma de glicósidos, aunque también se presentan como agliconas libres (Cartaya y Reynaldo, 2001). En la figura 2.1 se muestra la estructura básica del esqueleto flavonólico:

**Figura 2.7**

*Estructura básica del esqueleto flavonólico*



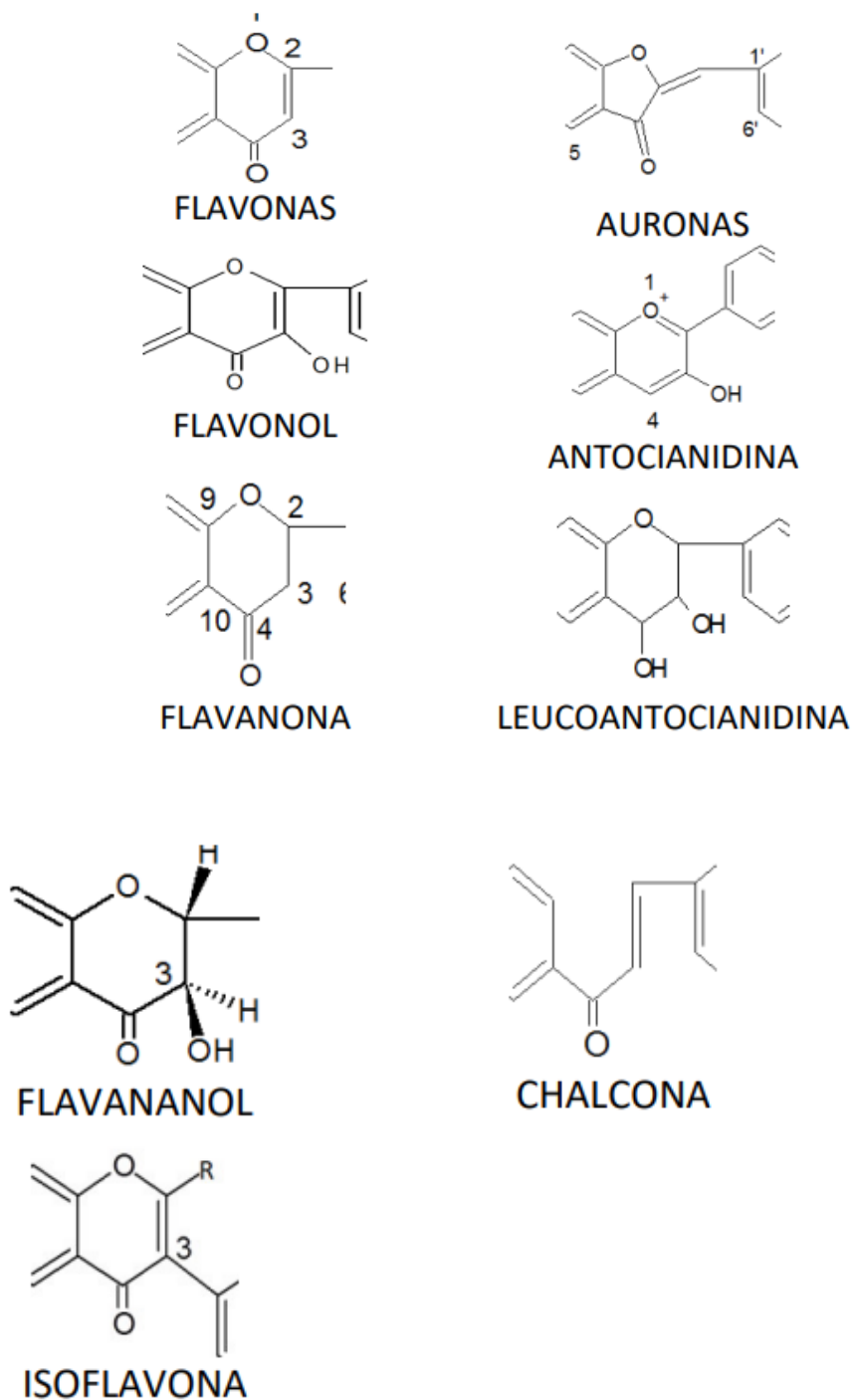
### 2.9.1. Clasificación

Varios subgrupos de flavonoides son clasificados de acuerdo con la sustitución del anillo C. En esta clasificación es importante el estado de oxidación del anillo heterocíclico y la posición del anillo B (Figura 2.2).

Los tipos de flavonoides están relacionados por una ruta biosintética común, la que incorpora precursores de las rutas del shiquimato y la de acetato- malonato. Posteriores modificaciones ocurren en varios estados, lo que resulta en la extensión de la hidroxilación, metilación, isoprenilación, dimerización y glicosilación, produciendo O y C-glicósidos. La glicosilación de los flavonoides produce que sean menos reactivos y más solubles en agua. El azúcar que generalmente está presente en los flavonoides es la glucosa, aunque también se puede encontrar galactosa, ramnosa y xilosa. En el caso de los flavonoides C-glicósidos, los azúcares pueden unirse al núcleo bencénico del flavonoide por enlaces carbono-carbono, con la diferencia de que el ataque se realiza sólo a las posiciones 6 y 8 del núcleo del flavonoide (Cartaya y Reynaldo, 2001). En la Figura 2.2 se presenta la estructura central del esqueleto flavonólico de los principales subgrupos de flavonoides:

**Figura 2.8**

*Estructura central del esqueleto flavonólico de los principales subgrupos de flavonoides*



## **2.10. Taninos**

Los taninos son metabolitos secundarios polifenólicos de origen vegetal, masa molecular relativamente elevada y con sabor astringente. Pueden encontrarse en todas las partes de la planta, por ejemplo en tallos, madera, hojas, semilla y cúpulas. Dentro de los vegetales los taninos suelen encontrarse en las vacuolas celulares, combinados con alcaloides, proteínas u otros (De La Rosa, 2012; y Carretero, 2013).

### **2.10.1. Clasificación**

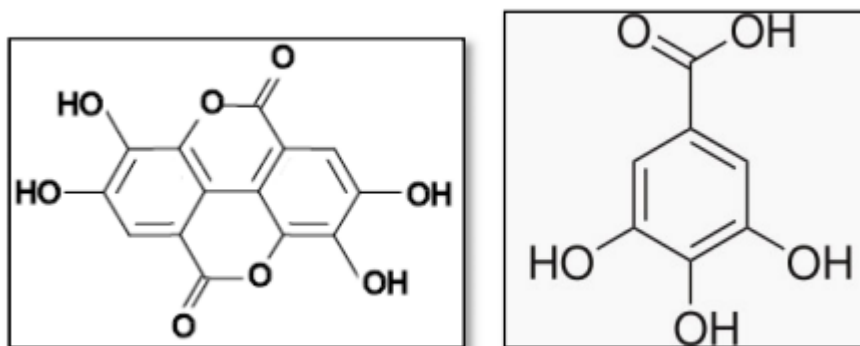
La clasificación de Freudenberg, tiene su fundamento en el tipo de estructura base del tanino. Agrupando en dos clases: taninos hidrolizables y condensados (De La Rosa, 2012).

#### **2.10.1.1. Taninos Hidrolizables**

Se hidrolizan por la acción de los ácidos, bases o enzimas en un azúcar un polialcohol y un ácido fenolcarboxílico. Dependiendo del ácido utilizado se produce una subclasificación, los galotaninos (ácido gálico) y elagitaninos (ácido elágico). Se conoce que no precipitan con soluciones de bromo y que al reaccionar con  $\text{FeCl}_3$  dan una coloración azul (Figura 2.3) (De La Rosa, 2012). En la Figura 2.3 se muestran las estructuras del ácido gálico y elágico respectivamente:

**Figura 2.9**

*Estructuras del ácido gálico y elágico respectivamente*



#### 2.10.1.2. Taninos Condensados

Los Taninos condensados, son derivados de unidades de flavan-3,4- dioles, conocidos como proantocianidinas condensadas, al ser tratados con ácidos en caliente se origina una polimerización progresiva hasta dar taninos amorfos o taninos rojos. Al reaccionar con  $\text{FeCl}_3$  se produce una coloración verde y precipita con soluciones de bromo (De La Rosa, 2012).

#### 2.11. Análisis Fitoquímico

Existen diferentes métodos cualitativos para la detección preliminar de los diferentes metabolitos secundarios que pueden encontrarse en las plantas, basados en la extracción de estos mediante solventes orgánicos de diferentes polaridades y aplicando pruebas de coloración (Yagye, 2003; y Lock, 2005).

Respecto a las pruebas cualitativas, estas son realizadas para identificar la presencia de el o los tipos de metabolitos secundarios que presentan las plantas, cabe mencionar la prueba de espuma en el caso de saponinas, la reacción de los flavonoides con el reactivo de Shinoda, la reacción de los taninos con gelatina- cloruro de sodio, entre otros.

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1 Introducción**

En este capítulo se describe el diseño metodológico que se siguió al realizar la investigación. Con diseño se hace referencia al plan o estrategia concebida para obtener los datos requeridos con el propósito de responder a la pregunta de investigación, así como la manera en que serán analizados los resultados (Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres, 2018).

### **3.2 Diseño de investigación**

Este estudio se corresponde con un diseño no experimental, pues no fueron controladas ninguna de las variables bajo estudio (propiedades fisicoquímicas, metabolitos secundarios y contenido de carotenoides en la piña), sino que estas fueron medidas en función del efecto que podría estar provocando los fertilizantes utilizados en la finca.

El tipo de estudio fue descriptivo-correlacional, en este se describirán los resultados obtenidos y se correlacionarán cada una de las variables evaluadas y/o analizadas.

El estudio está sustentado bajo el enfoque cuantitativo, esto en consecuencia de que se pretenden hacer mediciones y análisis de datos por medio de procesos estadísticos; del mismo modo, el método de estudio es el deductivo, este es propio de los estudios cuantitativos.

### **3.3. Población y Muestra**

#### **3.3.1. Población**

La población en este estudio estuvo conformada por una plantación de piña del Municipio de Cevicos.

### 3.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por la plantación de piña de la finca Payabo ubicada en el sector Los Polleros en el Municipio de Cevicos, en la localidad de Sánchez Ramírez.

### 3.4. Técnicas y recolección de datos

#### 3.4.1. Materiales, Equipos y Reactivos

**Tabla 3.1**

*Materiales, equipos y reactivos utilizados*

| <b>Materiales</b> | <b>Instrumentos</b>    | <b>Equipos</b>              | <b>Reactivos</b>          |
|-------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Papel de filtro   | Vasos de precipitados  | Potenciómetro               | Etanol                    |
| Papel secante     | Matraces de Erlenmeyer | Conductímetro               | Metanol                   |
| Papel aluminio    | Micropipetas           | Trituradora de alimentos    | Limadura de magnesio      |
| Rotuladores       | Matraces aforados      | Deshidratadora de alimentos | Ácido clorhídrico         |
|                   |                        | Viscosímetro                | Gelatina cloruro de sodio |
|                   |                        | Balanza analítica           | Hidróxido de sodio        |
|                   |                        | Agitador                    | Ácido acético             |
|                   |                        |                             | Anhídrido acético         |
|                   |                        |                             | Ácido sulfúrico           |

#### 3.4.2. Recolección del material vegetal

Las piñas de las que fue tomada la cáscara para ser analizadas, fueron recolectadas en horas de la mañana en la finca productora Payabo, entre los meses de junio y julio del 2023, según las recomendaciones de Crespo (2016). El material recolectado fue trasladado en bolsas de nylon a los laboratorios de Biología de UTECO y posteriormente fue lavado con abundante agua potable. Luego de lavadas, las piñas fueron peladas y la cáscara (material de interés) estuvo almacenada a una temperatura de 4°C.

### **3.5. Validez y Confiabilidad**

La validez y confiabilidad de un proceso experimental son dos aspectos cruciales para determinar la calidad y credibilidad de los resultados obtenidos. La validez se refiere a la capacidad del experimento para medir o probar lo que pretende medir o probar. Para lograr una alta validez, es necesario diseñar cuidadosamente el experimento de manera que los procedimientos y las mediciones estén estrechamente relacionados con el objetivo del estudio. También es importante considerar las posibles variables y fuentes de error que podrían influir en los resultados y tomar medidas para controlarlos o eliminarlos.

Por otro lado, la confiabilidad se refiere a la consistencia y estabilidad de los resultados obtenidos a través de la repetición del experimento. Para lograr una alta confiabilidad, es necesario llevar a cabo el experimento de manera precisa y consistente, manteniendo las mismas condiciones y procedimientos en cada repetición. También es importante considerar la variabilidad inherente en las mediciones y tomar medidas para minimizarla, como el uso de técnicas estadísticas para analizar los datos y determinar la variabilidad.

Asegurar la validez y confiabilidad de un proceso experimental requiere un enfoque cuidadoso y meticuloso en el diseño, ejecución y análisis del experimento. Esto garantizará que los resultados obtenidos sean confiables y puedan ser utilizados de manera efectiva en la toma de decisiones o en la generación de conocimiento científico.

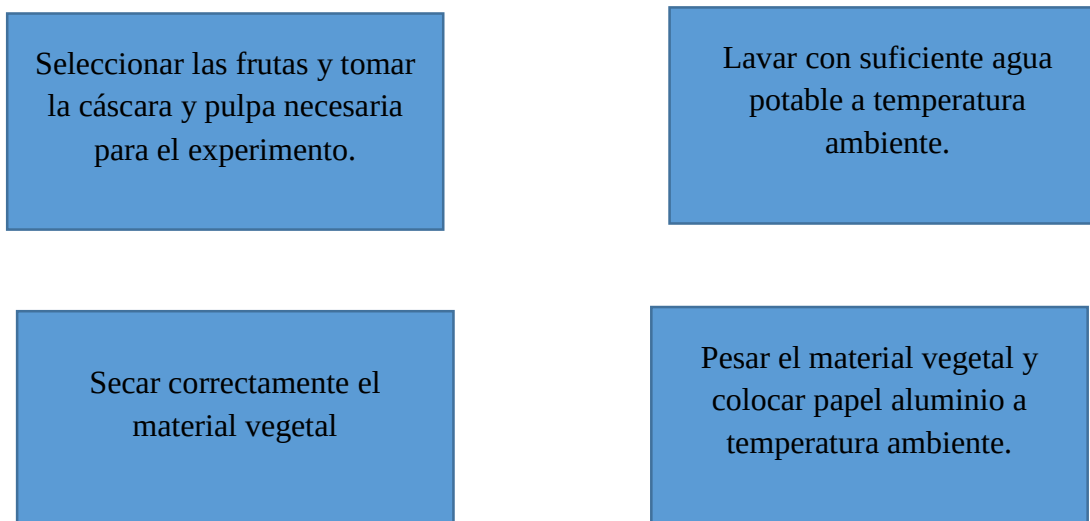
### **3.6. Procedimiento**

#### **3.6.1. Acondicionamiento del material vegetal**

En el siguiente diagrama de flujo de la figura 3.1, se muestra el proceso que se llevará a cabo para: la limpieza, desinfección y secado de la muestra vegetal.

**Figura 3.1**

*Proceso de limpieza, desinfección y secado del material vegetal*



### **3.6.2. Obtención del Extracto de piña**

Para la obtención de los extractos vegetales, se utilizaron los procesos descritos por Iglesias *et al.* (2017), con algunas modificaciones:

- a) Se pesaron 10 gramos del material obtenido de la cáscara y pulpa de piña se colocó en matraces de Erlenmeyer.
- b) Se añadió como solvente etanol al 80 % en una relación 1:10 (m/v) y se tapó con papel aluminio y parafilm para limitar la evaporación.
- c) La mezcla fue colocada para su maceración en una agitadora, con una agitación de 100 rpm y una temperatura de 45 °C, durante 3 horas.
- d) Una vez concluido el tiempo, el macerado se filtró con papel filtro de celulosa y el filtrado se recolectó en matraces de Erlenmeyer.
- e) Luego se procedió a realizar las mediciones de lugar.

### 3.6.3. Medición de las características fisicoquímicas

#### 3.6.3.1. pH

Para la determinación del pH del extracto, se tomaron en cuenta los siguientes pasos:

- a) En un beaker de 25 mL se colocaron 10 mL del extracto.
- b) Se procedió a introducir el sensor del potenciómetro en el extracto, luego se registraron los resultados.

#### 3.6.3.2. Densidad

Para la determinación de la densidad relativa, se siguió la metodología planteada por Ochoa *et al.* (2013), con algunas modificaciones:

- a) Se pesó un Erlenmeyer de volumen conocido vacío y seco (denominado m).
- b) Se agregaron 2 mL de agua al Erlenmeyer y se tomó su peso (Erlenmeyer + agua), (denominado m2).
- c) Se eliminó el total de los 2 mL de agua del Erlenmeyer, asegurándose que esté completamente seco (m).
- d) Después que se secó el Erlenmeyer, se agregaron 2 mL de extracto vegetal y se tomó su peso (Erlenmeyer + Extracto) (denominado m1).
- e) La densidad relativa fue calculada mediante la siguiente fórmula:

**Donde:**

Dr: densidad relativa.

m: masa del Erlenmeyer vacío (g).

m1: masa del Erlenmeyer con la muestra de extracto (g).

m2: masa del Erlenmeyer con agua (g).

### 3.6.3.3. Conductividad eléctrica

Para la determinación de la conductividad eléctrica del extracto, se tomaron en cuenta los siguientes pasos:

- En un beaker de 25 mL se colocaron 10 mL del extracto.
- Se procedió a introducir el sensor del conductímetro en el extracto, luego se registraron los resultados.

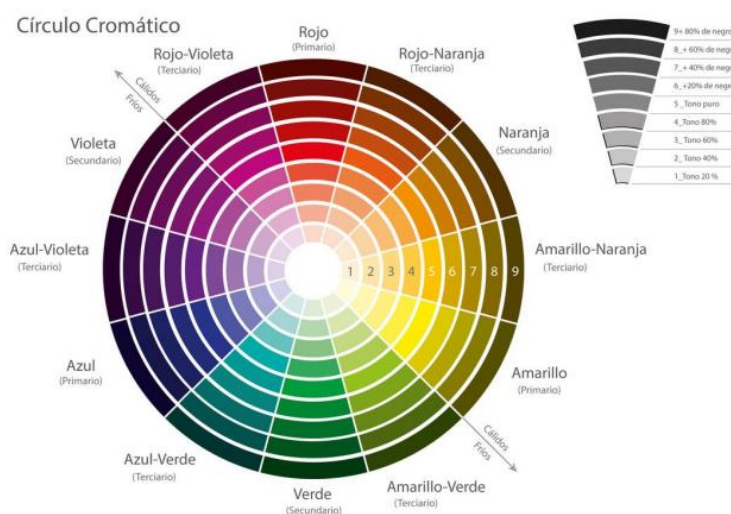
### 3.6.3.4. Color

La determinación del color del extracto fue realizada utilizando el círculo cromático presentado por Aparicio (2017):

- Se rellenaron tubos de ensayo con 2 mL del extracto.
- Los tubos de ensayo (conteniendo el extracto), se colocaron en un lugar claro donde penetraba abundante luz.
- Se comparó el color del extracto con los colores del círculo cromático.

**Figura 3.2**

*Círculo cromático*



### **3.6.4. Identificación de los metabolitos secundarios**

#### **3.6.4.1. Saponinas**

Para la identificación de saponinas, se utilizó el método del reactivo de Liebermann-Burchard, descrito por Colina (2016):

Al extracto fueron añadidos 5 gotas de ácido acético, más 2 mL de anhídrido acético/ácido sulfúrico (50:1). Si el color va del rosado al púrpura son saponinas triterpenoidales, mientras que las esteroidales cambian a azul-verdoso.

#### **3.6.4.2. Flavonoides**

Para la identificación de flavonoides, se utilizó el método del reactivo de shinoda, descrito por Colina (2016):

A 1 mL del extracto etanólico y metanólico se agrega limadura de magnesio y 3 gotas de ácido clorhídrico concentrado. Al observar un intenso burbujeo por la reacción de la limadura y la solución adquiere una débil coloración naranja al principio; conforme va reaccionando la coloración naranja se va intensificando, lo que indica la presencia de flavonoides.

#### **3.6.4.3. Taninos**

Para la identificación de taninos, se utilizó el método de reacción con gelatina-cloruro de sodio, descrito por Colina (2016):

A 1 mL del extracto etanólico y metanólico fueron añadidas 3 gotas de gelatina-cloruro de sodio, en un principio se formó una sustancia en forma de nube en la solución, luego de centrifugar se observó un precipitado de color blanco. Éste confirma la presencia de taninos.

#### **3.6.4.4. Antocianinas-Betalainas**

Para la identificación de antocianinas-betalainas, se utilizó el método de adición de álcali: NaOH 20 %, descrito por Colina (2016):

A 1 mL del extracto etanólico y metanólico le fueron añadidas 5 gotas de hidróxido de sodio al 20%, la decoloración lenta de violeta, azul, verde y amarillo indica fenolatos alcalinos. Una decoloración rápida a amarillo es para el caso de betacianinas.

#### **3.6.4.5. Quinonas**

Para la identificación de quinonas, fue utilizado el método reacción con NaOH al 5 %, descrito por Colina (2016):

Fueron pesados 2 mg del extracto etanólico y metanólico, se añadieron 0.2 mL de etanol y 0.4 mL de NaOH al 5%, el cambio de coloración indicó la presencia de compuestos quinónicos.

#### **3.6.4.6. Cuantificación de carotenoides**

Para la cuantificación del contenido de carotenoides, fue seguida la metodología recomendada por Moreno *et al.* (2006):

Los extractos obtenidos, fueron concentrados en un equipo rotavapor, a una temperatura de  $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.1$ . Los extractos concentrados fueron colocados en embudos de separación, se mezclaron con 100 mL de una mezcla de KOH metanólico al 1 % p/v.

Los extractos fueron evaluados mediante espectrofotometría ultravioleta visible, utilizando un espectrofotómetro UV-Visible, marca génesis, con celda de 1 cm de espesor contra sus respectivos blancos. La determinación de los carotenoides totales se efectuó usando la ecuación de la regresión de una curva de calibración estándar  $Y = 0.0219 + 28.138 X$ , a una longitud de onda de 440 nm.

### **3.7. Análisis de los datos**

Los datos correspondientes a las variables de los diferentes objetivos específicos, fueron analizados usando estadística descriptiva para los casos que correspondía, esto debido a que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los datos, por lo tanto, no fue necesario aplicar un análisis de varianza.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

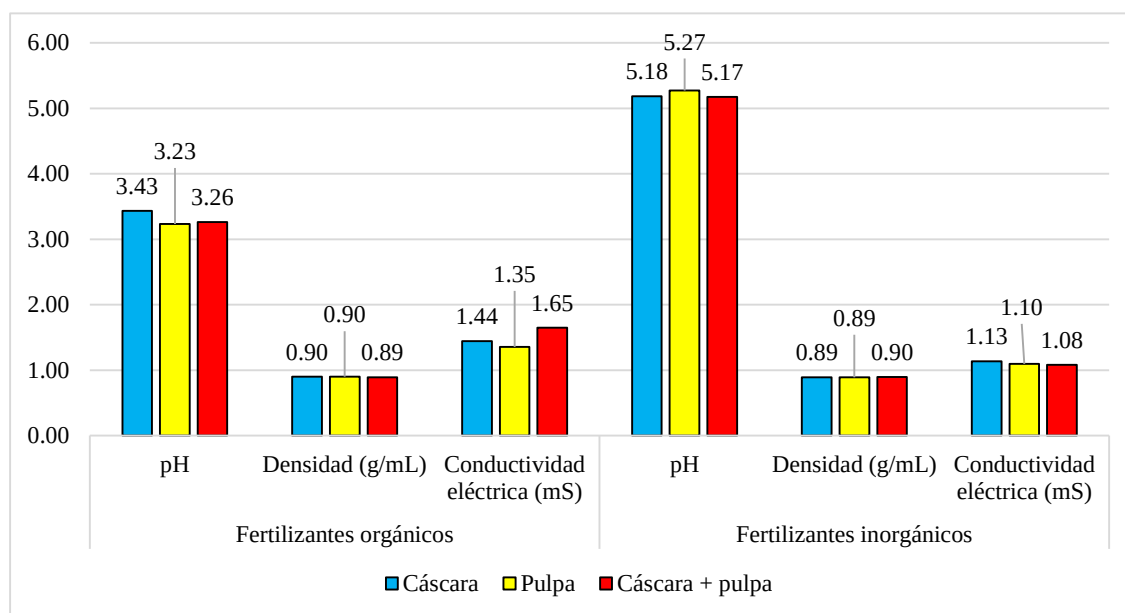
En este capítulo son presentados y posteriormente discutidos los resultados tras finalizado el proceso de evaluación del efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la calidad de la piña. Los datos recolectados y los resultados de los análisis estadísticos se encuentran en Anexos.

### 4.1. Propiedades Físicoquímicas

El presente apartado sobre las propiedades físicoquímicas de los extractos aborda lo que es el pH, densidad, conductividad eléctrica y color de los diversos extractos.

**Figura 4.1**

*pH, densidad y conductividad eléctrica de los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña*



**Leyenda:** mS: miliSiemens.

Como se muestra en la Figura 4.1, los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña con fertilizantes orgánicos presentaron valores de pH de 3.43, 3.23 y 3.26 respectivamente; por otro lado, los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña

con fertilizantes inorgánicos presentaron valores de pH de 5.18, 5.27 y 5.17 respectivamente (Anexo 1).

Para la densidad, los extractos de cáscara y pulpa de piña con fertilizantes orgánicos presentaron valores de 0.90 g/mL, mientras que el extracto de cáscara + pulpa de piña con fertilizantes orgánicos presentó un valor de 0.89 g/mL; por su parte, los extractos de cáscara y pulpa de piña con fertilizantes inorgánicos presentaron valores de 0.89 g/mL, mientras que el extracto de cáscara + pulpa de piña con fertilizantes inorgánicos presentó un valor de densidad de 0.90 g/mL (Anexo 11).

En cuanto a la conductividad eléctrica, los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña con fertilizantes orgánicos presentaron valores de 1.44, 1.35 y 1.65 mS respectivamente; mientras que los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña con fertilizantes inorgánicos presentaron valores de 1.13, 1.10 y 1.08 mS (Anexo 1).

La piña es una fruta tropical muy popular y sabrosa que se consume en todo el mundo. Al ser una fruta, tiene un nivel de acidez natural que puede variar según su grado de madurez y otros factores. En la piña fresca, su pH se sitúa entre 3.3 y 5.2, lo que indica que es una fruta ácida. Esto se debe a la presencia de ácidos orgánicos, como el ácido cítrico y el ácido málico. Estos ácidos le proporcionan su sabor característico y su perfil ácido (García *et al.*, 2013).

Sin embargo, cuando la piña está en su punto máximo de madurez, su pH puede aumentar ligeramente debido a la acción enzimática. Las enzimas presentes en la piña, como la bromelina, pueden romper las moléculas de ácido cítrico y ácido málico, lo que provoca un aumento en el pH. Esto también puede resultar en una piña más dulce y menos ácida. Es interesante destacar que el pH de la piña puede afectar su sabor y calidad.

Además del sabor, el pH también es importante para la conservación de la piña. Un pH bajo puede ayudar a inhibir el crecimiento de microorganismos, lo que significa que la fruta se mantendrá fresca por más tiempo.

Por otro lado, el pH de la piña también es importante para su uso en la cocina y la repostería. Al ser ácida, la piña puede afectar la textura de ciertos alimentos, como la

gelatina, ya que esta proteína se distribuye de manera diferente en medios ácidos. Además, la piña tiene la capacidad de ablandar los alimentos, ya que la bromelina puede descomponer las proteínas, lo que es beneficioso para adobos y marinados.

Observando los resultados presentados en la Figura 4.1, se evidencia que las piñas cultivadas con fertilizantes inorgánicos presentan valores de pH más elevados que las piñas cultivadas con fertilizantes orgánicos, esta elevación en los valores de pH podría provocar una proliferación de microorganismos que pudieran no ser beneficiosos para los consumidores finales de esta fruta.

Por otro lado, la densidad de una solución hidroalcohólica al 70-80 % es de aproximadamente 0.84 g/mL (Ochoa *et al.*, 2013), por lo tanto, densidades de soluciones hidroalcohólicas superiores a esta implica la presencia de sustancias bioactivas. En este particular, los tres extractos (extracto de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña, tanto las cultivadas con fertilizantes orgánicos como las cultivadas con fertilizantes inorgánicos) presentaron densidad superior a la mencionada con anterioridad, lo que es indicativo de la presencia de compuestos bioactivos en los citados extractos.

Además, en el caso de la piña, la conductividad eléctrica se debe a la presencia de iones y sustancias ácidas en su composición. Los iones más comunes encontrados en la piña son el potasio y el ácido cítrico. Estos iones son solubles en agua y se encuentran en alta concentración en el interior de la fruta.

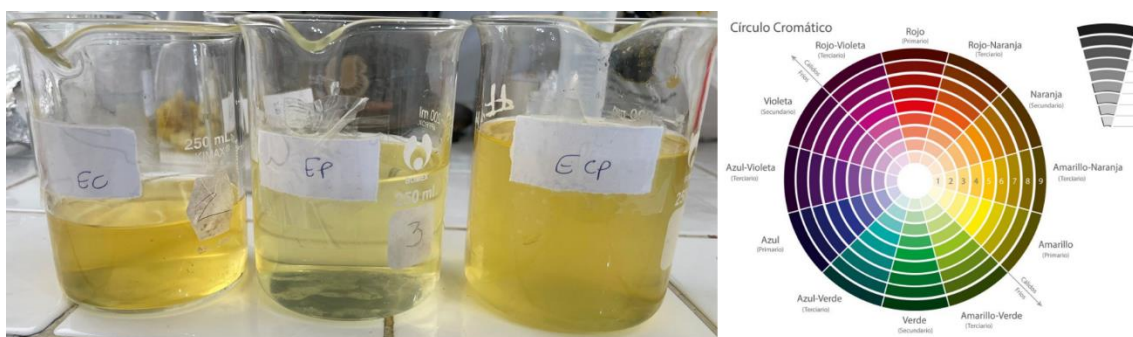
Cuando se aplica una corriente eléctrica a través de una piña, los iones presentes en su interior se mueven y contribuyen al flujo de electricidad. Este fenómeno se conoce como conductividad iónica y es responsable de la capacidad de la piña para conducir la electricidad (González *et al.*, 2023).

La conductividad eléctrica en la piña puede variar dependiendo de su grado de madurez, variedad y condiciones de almacenamiento. La conductividad eléctrica de la piña no tiene aplicaciones prácticas directas en la industria o en la vida cotidiana. Sin embargo, el estudio de la conductividad eléctrica de la piña puede tener implicaciones importantes en el campo de la biología y la química de los alimentos.

Como se evidencia en la Figura 4.1, la conductividad eléctrica de los extractos de piña cultivada con fertilizantes inorgánicos es inferior a la conductividad eléctrica de los extractos de piña cultivada con fertilizantes orgánicos, esto es un indicativo de las desventajas palpables que puede provocar el cultivo de plantas con fertilizantes inorgánicos.

**Figura 4.2**

*Color de los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña*



**Leyenda:** EC: extracto de cáscara de piña; EP: extracto de pulpa de piña; ECP: extracto de cáscara + pulpa de piña.

Como se aprecia en la Figura 4.2, y tomando en consideración el círculo cromático, el extracto de cáscara de piña presenta un color amarillo-naranja con grado de saturación 5; el extracto de pulpa de piña presenta un color amarillo con grado de saturación 2; y el extracto de cáscara + pulpa de piña presenta un color amarillo-naranja con grado de saturación 6, estos colores se mantuvieron constantes en los extractos de piña con fertilizantes orgánicos y en los extractos de piña con fertilizantes inorgánicos, por lo que se deduce que el tipo de fertilizante empleado no influye de forma directa en el color de los extractos y consecuentemente en la composición de la fruta.

El color de los extractos de la piña es una característica importante que a menudo se pasa por alto, pero que puede proporcionar información significativa sobre su composición química. Como se puede apreciar en la Figura 4.2, los extractos presentan

diferentes tonalidades, que van desde el amarillo con grado de saturación 2 hasta el amarillo-naranja con grado de saturación 6. Estos colores están asociados a diferentes niveles de madurez, la parte de la piña usada para la elaboración de los extractos y a la presencia de compuestos químicos específicos.

El color amarillo de los extractos de piña es un indicador de su contenido de carotenoides. Los carotenoides son pigmentos naturales que se encuentran en muchas frutas y verduras y que son responsables de su coloración amarillo, naranja y rojo. En el caso de la piña, los carotenoides más comunes son el betacaroteno y la luteína. Estos compuestos no solo proporcionan color a la fruta, sino que también tienen propiedades antioxidantes y son beneficiosos para la salud ocular.

Además de los carotenoides, la piña también contiene otros compuestos que contribuyen a su coloración. Uno de ellos es la bromelina, una enzima que ayuda en la digestión de las proteínas y que también tiene propiedades antiinflamatorias. La bromelina es responsable de la característica coloración amarillo-verdosa que se puede encontrar en algunas partes de la piña, especialmente en su centro. Esta enzima también es termolábil, es decir, se destruye con el calor, por lo que al cocinar la piña, su color puede cambiar.

#### 4.1.1. Características de las Piñas

En este pequeño apartado se destacan algunas características que fueron medidas de los frutos de piña que fueron utilizados en los diferentes ensayos.

**Tabla 4.1**

*Características de los frutos de piña utilizadas en el experimento*

|                        | <b>Peso fresco (g)</b> | <b>Diámetro ecuatorial (mm)</b> | <b>Diámetro distal (mm)</b> | <b>Relación De/Dd</b> |
|------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| <b>Piña orgánica</b>   | 1273                   | 155                             | 178                         | 0.87                  |
| <b>Piña inorgánica</b> | 1044                   | 137                             | 152                         | 0.90                  |

Como se evidencia en la Tabla 4.1, las piñas cultivadas con fertilizantes orgánicos presentan mejores características que las piñas cultivadas con fertilizantes inorgánicos, presentando las primeras mayor peso, diámetro ecuatorial y diámetro distal que las segundas; aunque es de destacar que la relación entre el diámetro distal y ecuatorial es mejor para las piñas cultivadas con fertilizantes inorgánicos (Anexo 11).

El diámetro y peso de la piña son dos factores importantes y altamente relacionados que afectan tanto a los productores de piña como a los consumidores. En primer lugar, el diámetro de la piña es una medida crucial que determina la calidad y el valor comercial del fruto. Un diámetro adecuado indica que la piña ha alcanzado la madurez y está lista para ser cosechada.

Los agricultores y productores de piña están constantemente buscando piñas con un diámetro óptimo, ya que estas son más atractivas para los consumidores y se venden a un precio más alto en el mercado. Además, un diámetro adecuado también influye en el contenido de azúcar y sabor de la fruta, ya que las piñas más grandes tienden a ser más dulces y jugosas.

Por otro lado, el peso de la piña también es relevante tanto para los productores como para los consumidores. El peso está directamente relacionado con el tamaño y la

cantidad de jugo que contiene la piña. Los consumidores suelen preferir piñas más pesadas, ya que esto indica que están obteniendo más fruta por su dinero. Para los productores, el peso es un indicador importante de la calidad de la cosecha y puede afectar su rentabilidad. Cuanto más pesada sea la piña, mayor será su precio de mercado y mayores serán las ganancias para el productor.

#### 4.2. Metabolitos Secundarios

Este apartado sobre los metabolitos secundarios presentes en los extractos se describe la presencia o no de saponinas, flavonoides, taninos, antocianinas-betalaínas y quinonas.

**Tabla 4.2**

*Metabolitos secundarios identificados en los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña*

| <b>Extracto</b>                    |  | <b>Metabolito secundario</b> | <b>Descripción de la observación</b>                           |
|------------------------------------|--|------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Extracto de cáscara de piña</b> |  | Saponinas                    | El color cambió de rosado a púrpura.                           |
|                                    |  | Flavonoides                  | Presentó burbujeo, pero no coloración.                         |
|                                    |  | Taninos                      | Se formó un precipitado de color blanco.                       |
|                                    |  | Antocianinas-Betalaínas      | Presentó una decoloración rápida a un tono amarillo más claro. |
|                                    |  | Quinonas                     | Cambió a un amarillo más oscuro.                               |
| <b>Extracto de pulpa de piña</b>   |  | Saponinas                    | El color cambió de rosado a púrpura.                           |
|                                    |  | Flavonoides                  | Presentó burbujeo, pero no coloración.                         |
|                                    |  | Taninos                      | Se formó un precipitado de color blanco.                       |

|                                                    |  |                             |                                                                   |
|----------------------------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                                    |  | Antocianinas-<br>Betalaínas | Presentó una decoloración rápida a un<br>tono amarillo más claro. |
|                                                    |  | Quinonas                    | Cambió a un amarillo más oscuro.                                  |
| <b>Extracto de<br/>cáscara + pulpa<br/>de piña</b> |  | Saponinas                   | El color cambió de rosado a púrpura.                              |
|                                                    |  | Flavonoides                 | Presentó burbujeo, pero no coloración.                            |
|                                                    |  | Taninos                     | Se formó un precipitado de color blanco.                          |
|                                                    |  | Antocianinas-<br>Betalaínas | Presentó una decoloración rápida a un<br>tono amarillo más claro. |
|                                                    |  | Quinonas                    | Cambió a un amarillo más oscuro.                                  |

Como se evidencia en la Tabla 4.2, en cuanto a la identificación de metabolitos secundarios en los diferentes extractos, de acuerdo con las observaciones realizadas, los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña, tanto las cultivadas con fertilizantes orgánicos como las cultivadas con fertilizantes inorgánicos, en cuanto a la identificación de saponinas presentaron un cambio de color que iba de rosado claro a púrpura, esto indica la presencia de saponinas triterpenoidales; en cuanto a los flavonoides, hubo un burbujeo pero sin cambio de coloración, esto es un indicativo de la baja presencia de flavonoides en los extractos; para los taninos, en todos los casos se formó un precipitado color blanco, indicativo de la presencia de taninos; en relación a las antocianinas-betalaínas, hubo una decoloración a un tono de amarillo más claro, esto es evidencia de la presencia de betacianinas en los extractos; con relación a las quinonas, hubo un cambio de color a amarillo oscuro, esto evidencia la presencia de quinonas (Anexo 12).

Las saponinas son consideradas fitoquímicos, es decir, compuestos químicos producidos por plantas que no son necesarios para su crecimiento y desarrollo, pero que pueden tener efectos beneficiosos en la salud humana. En el caso de la piña, se ha

descubierto que las saponinas presentes en la fruta tienen propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y antimicrobianas.

Las propiedades antiinflamatorias de las saponinas en la piña son especialmente importantes, ya que la inflamación crónica se ha asociado con varias enfermedades, incluyendo enfermedades cardiovasculares, trastornos autoinmunitarios y algunos tipos de cáncer. Estas sustancias pueden reducir la producción de mediadores inflamatorios en el organismo, lo que ayuda a disminuir la inflamación y a aliviar los síntomas asociados. Además de sus propiedades antiinflamatorias, las saponinas presentes en la piña también tienen propiedades antioxidantes.

En el caso específico de los flavonoides en las plantas, se ha indicado que no suele ser muy abundante y resulta compleja su identificación, debido a sus altos índices de volatilidad (Rengifo, 2018).

Los flavonoides poseen muchas propiedades biológicas importantes, siendo la de mayor interés su acción antioxidante (Pérez, 2003). Las plantas, al igual que los animales, contienen un sinnúmero de especies reactivas al oxígeno (ERO), uno de los más abundantes a nivel celular es el peróxido de hidrógeno; sin embargo, con el aumento de los niveles de flavonoides en plantas y por la capacidad antioxidante de estos, pueden ser contrarrestados los efectos provocados por las ERO. Además, los compuestos con capacidad antioxidante son especialmente importantes para aquellos cultivos que se encuentran en ambientes desfavorables o con recursos limitados, como por ejemplo suelos secos o regadíos con elevado contenido de sales.

Se ha encontrado que la piña contiene una cantidad significativa de taninos. Se ha descubierto que estos taninos tienen propiedades antioxidantes que pueden ayudar a proteger el cuerpo contra el daño de los radicales libres y combatir el estrés oxidativo. Además, se ha demostrado que los taninos de la piña tienen propiedades antiinflamatorias que pueden ayudar a reducir la inflamación en el cuerpo (Contreras y Tamani, 2016).

Además de sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, los taninos de la piña también pueden tener beneficios para la salud digestiva. Los taninos tienen propiedades

astringentes, lo que significa que pueden ayudar a reducir la inflamación y la irritación en el revestimiento del tracto digestivo. Esto puede ser especialmente beneficioso para las personas que sufren de enfermedades como la enfermedad inflamatoria intestinal o el síndrome del intestino irritable.

La piña contiene pequeñas cantidades de antocianinas. De hecho, estudios recientes han demostrado que la piña contiene al menos tres tipos diferentes de antocianinas: cianidina, pelargonidina y delphinidina. Son numerosos los beneficios que proporcionan las antocianinas en la piña, entre ellos destacan propiedades antiinflamatorias, lo que significa que pueden ayudar a reducir la inflamación en el cuerpo y aliviar los síntomas de enfermedades como la artritis y las enfermedades cardiovasculares (Contreras y Tamani, 2016).

Además, las antocianinas también se han asociado con la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer y las enfermedades del corazón. Estos compuestos pueden ayudar a inhibir el crecimiento de células cancerosas, así como reducir los niveles de colesterol malo en el cuerpo, lo que puede reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

Las quinonas presentes en la piña son principalmente conocidas por su capacidad antioxidante. Numerosos estudios han demostrado que las quinonas presentes en la piña tienen propiedades antioxidantes significativas. Estas sustancias pueden ayudar a proteger las células contra el estrés oxidativo, que se ha relacionado con el envejecimiento prematuro, el cáncer y diversas enfermedades crónicas (Contreras y Tamani, 2016). Además, los antioxidantes también pueden fortalecer el sistema inmunológico y prevenir ciertos trastornos inflamatorios. También, las quinonas de la piña también pueden tener propiedades antimicrobianas y anticancerígenas.

### 4.3. Contenido de Carotenoides

En este apartado se presentan los resultados para el contenido de carotenoides en los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña.

**Tabla 4.3**

*Resultados para el contenido de carotenoides en los extractos de cáscara, pulpa y cáscara + pulpa de piña*

| <b>Extractos</b>                        | <b>Concentración (mg CCT/kg de material vegetal) fertilizante orgánico</b> | <b>Concentración (mg CCT/kg de material vegetal) fertilizante inorgánico</b> |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Extracto cáscara de piña</b>         | 0.043                                                                      | 0.021                                                                        |
| <b>Extracto pulpa de piña</b>           | 0.055                                                                      | 0.032                                                                        |
| <b>Extracto cáscara + pulpa de piña</b> | 0.068                                                                      | 0.035                                                                        |

Como se evidencia en la Tabla 4.3, la determinación de la concentración de carotenoides en los extractos se realizó por espectrofotometría, en esta se obtuvo (para las piñas cultivadas con fertilizantes orgánicos) que el extracto de cáscara de piña presentó una concentración de 0.043 mg CCT/kg de material vegetal; el extracto de pulpa de piña presentó una concentración de 0.055 mg CCT/kg de material vegetal; y el extracto de cáscara + pulpa de piña presentó una concentración de 0.068 mg CCT/kg de material vegetal (Anexo 13).

Por su parte, para las piñas cultivadas con fertilizantes inorgánicos, el extracto de cáscara de piña presentó una concentración de 0.021 mg CCT/kg de material vegetal; el extracto de pulpa de piña presentó una concentración de 0.03 mg CCT/kg de material

vegetal; y el extracto de cáscara + pulpa de piña presentó una concentración de 0.035 mg CCT/kg de material vegetal (Anexo 13).

Estos valores evidencian que las piñas cultivadas con fertilizantes inorgánicos presentan alrededor de un 40 % menos de carotenoides que las piñas que son cultivadas con fertilizantes orgánicos; de esto se podría deducir que en algún punto los fertilizantes inorgánicos están afectando la producción de carotenoides por parte de la planta de piña.

Los resultados se pueden correlacionar con lo obtenido por López-Hernández (2018) quien presentó resultados similares para el contenido de carotenoides en piña (0.070 mg CCT/kg), según este autor la piña contiene una cantidad significativa de beta-carotina, lo que la convierte en una excelente fuente de este nutriente. Además, los resultados de este estudio también revelaron una alta concentración de otros carotenoides, como el licopeno y el alfa-caroteno, en la piña.

Los carotenoides son responsables de darle a muchas frutas, como la piña, su color característico. Además de su función en la reproducción de colores, también actúan como antioxidantes, protegiendo las células del daño causado por los radicales libres.

Los carotenoides que contiene la piña son convertidos en vitamina A en el organismo. La vitamina A es esencial para la salud de la piel, la visión, el sistema inmunológico y la reproducción celular (Ordóñez *et al.*, 2014).

Uno de los beneficios más conocidos de los carotenoides es su capacidad para mejorar la salud de los ojos. La vitamina A es esencial para mantener una visión saludable, y los carotenoides pueden ayudar a prevenir enfermedades oculares como la degeneración macular y las cataratas. Además, la vitamina A también juega un papel clave en la salud de la piel y el cabello, ayudando a mantenerlos hidratados y fuertes.

Además de su papel en la salud visual y la apariencia física, los carotenoides actúan como antioxidantes, protegiendo las células del daño causado por los radicales libres. Los radicales libres son moléculas inestables que pueden causar estrés oxidativo y contribuir al envejecimiento y a enfermedades crónicas como el cáncer y las enfermedades del corazón.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de finalizado el proceso de presentación y discusión de los resultados, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

### **Para el primer objetivo específico:**

Fueron obtenidos los valores de pH, densidad, conductividad eléctrica y color de cada uno de los extractos de piña analizados de acuerdo al tipo de fertilizante utilizado; hubo variaciones apreciables en cuanto al pH y la conductividad eléctrica de los extractos de piña con fertilizantes orgánicos y los extractos de piña con fertilizantes inorgánicos.

### **Para el segundo objetivo específico:**

Se logró identificar la presencia de diversos metabolitos secundarios como saponinas, taninos, antocianinas-betalaínas y quinonas; en el caso de los flavonoides, la reacción presentó el burbujeo indicativo, pero no hubo cambio de coloración, por lo que se dedujo que los flavonoides pudieron haberse volatilizado, algo notorio es que no hubo diferencias entre los extractos de piña con fertilizantes orgánicos e inorgánicos.

### **Para el tercer objetivo específico:**

Fue cuantificado el contenido de carotenoides en los extractos de las diferentes partes de la piña, siendo el extracto de cáscara + pulpa de piña el que presentó la concentración más elevada; se detectó que los extractos de piña con fertilizantes inorgánicos presentaron alrededor de un 40 % menos de carotenoides, lo que podría indicar que la presencia de estos compuestos están reduciendo la capacidad de las plantas para sintetizar carotenoides.

De modo general, se podría concluir que el uso de fertilizantes inorgánicos está afectando en forma negativa la calidad del fruto de piña, pues las concentraciones de carotenoides detectada fue extremadamente baja en relación a las concentraciones que deberían tener ( $> 53.3$  mg CCT/kg de material de piña).

Posteriormente, han sido elaboradas las siguientes recomendaciones:

**A futuros investigadores:**

- Realizar un estudio para la cuantificación de los diversos metabolitos secundarios identificados en la piña, para saber si la concentración varía atendiendo al tipo de fertilizante utilizado.
- Aparte de usar métodos espectrofotométricos, también recurrir a métodos cromatográficos que arrojan resultados más veraces.

**A los productores de piña:**

- Disminuir el uso de fertilizantes químicos inorgánicos en la producción de piña para que el consumidor final pueda obtener un fruto de calidad con todas las propiedades esperadas para dicho fruto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almaguer, J. (2013). Fertilización nitrogenada, impactos sobre los rendimientos y el medio ambiente. *Desarrollo Local Sostenible* 6(16), 1-8.
- Alpízar M. (2017). Agroquímicos y Fertilizantes en República Dominicana: Oportunidades para su Comercialización. Disponible en: [https://www.procomer.com/wp-content/uploads/Materiales/Oportunidades-comercializacion-Plaguicidas-Fertilizantes-Republica-Dominicana2020-01-02\\_22-25-34.pdf](https://www.procomer.com/wp-content/uploads/Materiales/Oportunidades-comercializacion-Plaguicidas-Fertilizantes-Republica-Dominicana2020-01-02_22-25-34.pdf)
- Altendorf, S. (2017). Perspectivas mundiales de las principales frutas tropicales. Perspectivas, retos y oportunidades a corto plazo en un mercado global pujante. [https://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM\\_MARKETS\\_MONITORING/Tropical\\_Fruits/Documents/Tropical\\_Fruits\\_Spanish2017.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Tropical_Fruits_Spanish2017.pdf)
- Andrade, C.M., Ayaviri, V.D. (2017). Cuestiones Ambientales y Seguridad Alimentaria en el Cantón Guano, Ecuador. *Información tecnológica*, 28(5), 233-242. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000500022&script=sci\\_arttext&lng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000500022&script=sci_arttext&lng=pt)
- Aseri, G., N. Jain, J. Panwar, A. Rao y P. Meghwal. (2008). Biofertilizer improve plant growth, fruit yield, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. *Sci. Hortic.* 117, 130-135. Doi: 10.1016/j.scienta.2008.03.014
- Bartholomew, D. P. (2009). “MD-2pineapple transforms the world’s pineapple fresh fruit export industry”. *Pineapple News*, vol. 16, no. 8, 2009, pp. 2–5.
- Bello, S. A. (2020). Efecto de la fertilización mineral y de un fertilizante biológico en piña [*Ananas comosus* (L.) Merr.] en el cultivar MD2 ('Golden'). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*.
- Bonilla, L. (2018). Cultivo de piña. Santo Domingo: Pedro Pablo Peña. Obtenido de <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/pina.pdf>

- Carmona, J. (2016). Implementación de Alternativas Tecnológicas en Piña para el Fortalecimiento del sector piñero en Arauquita. Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co>
- Cerrato, E. (2017). Manual de producción de Piña. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/>
- Cerrato, L. (2013). Manual de producción de piña. Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). <http://pronagro.premperhn.com/assets/Uploads/Manual-de-Pina.pdf>.
- Conabio. (2009). Catálogo taxonómico de especies de México. 1. In Capital Nat. México. CONABIO, México City.
- Contreras Tamani, J. D., & Tamani Murayari, L. (2016). Evaluación de la composición bromatológica y su capacidad antioxidante de la Ananas comosus (piña) en las variedades de Cayena Liza y Lorenza. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP\\_c671f536e24effa23d81e1b5ea2cb15f](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP_c671f536e24effa23d81e1b5ea2cb15f)
- Cortes, J.; Sánchez, R.; Díaz-Plaza, E.; Villen, J.; Vázquez, A. (2006). Large Volume GC Injection for the Analysis of Organophosphorus Pesticides in Vegetables Using the Through Oven Transfer Adsorption Desorption (TOTAD) Interface. J. Agric. Food Chem. 54: 1997-2002.
- Estrella Còrdova, (2014). «Estudio de la degradación de la lignina a través de un proceso combinado de radiaciones ionizantes y tratamiento biológico,» Quito, 2014.
- García Sotomayor, A. D. (2021). Requerimiento nutricional del cultivo de piña (*Ananas comosus*) y su importancia en el rendimiento (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2021). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9276>
- García Pereira, A., Muñiz Becerá, S., Hernández Gómez, A., González, L. M., & Fernández Valdés, D. (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (*Ananas Comosus*, variedad Cayena

- lisa). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1), 62-69.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542013000100011&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542013000100011&script=sci_arttext&tlng=en)
- González, A., Montenegro, V., Hernández, D., Domínguez, A., Castañeda, Y., Adames, R., & Arrocha, J. (2023). Estudio geoquímico de pH y conductividad eléctrica en una finca piñera, Zanguenga, La Chorrera. *I+ D Tecnológico*, 19(2), 56-63.  
<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/3828>
- Guevara, B., Garavito, E. C. A., y Cerquera, J. P. (2020). Extracción y caracterización de pectina a partir de residuos de cáscaras de piña (*Ananas comosus*) por el método de hidrólisis ácida. *Documentos De Trabajo ECBTI*, 1(2).  
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/wpecbti/article/view/4342>
- Flores, J. G. (2018). Fertilizantes químicos y biofertilizantes en México. México.  
<http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/64%20Fertilizantes%20qu%C3%ADmicos%20y%20biofertilizantes%20en%20M%C3%A9xico.pdf>
- Idárraga-Piedrahíta, A., R. D. C. Ortiz, R. Callejas Posada y M. Merello. (2011). Fl. Antioquia: Cat. 2: 9–939. Universidad de Antioquia, Medellín.
- Jaramillo-Colorado, B.E., Palacio-Herrera, F., Pérez-Sierra, I. (2016). Residuos de pesticidas organofosforados en frutas obtenidas de plazas de mercado y supermercados en Cartagena, Colombia. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(4), 39-46.
- Lagos, T. F. (2017). Fitohormonas y Reguladores del Crecimiento Vegetal. Intagri.  
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/biosintesis-de-lasfitohormonas-y-reguladores-de-crecimiento>.
- Lazo-Salas, G. J., Rojas-Bourrillon, A., Campos-Granados, C. M., Zumbado-Ramírez, C., y López-Herrera, M. (2018). Caracterización fermentativa y nutricional de mezclas ensiladas de corona de piña con guineo cuadrado Musa (ABB) I. Parámetros fermentativos, análisis bromatológico y digestibilidad in vitro. *Nutrición Animal*

*Tropical*, 12(1),

59-79.

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/33847>

Lombana, J. (junio, 2016). “Sistema productivo de piña md2 (*Ananas comosus*), como alternativa agrícola de cultivos de palma de aceite (*Eleaeis guineensis*) afectados por marchites letal en el municipio de san Carlos de Guaroa-Meta”.  
[http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21752/46122047\\_2016.pdf?se+quence](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21752/46122047_2016.pdf?se+quence)

López, J. A. (2018). Fertilización nitrogenada, impactos sobre los rendimientos y el medio ambiente. Desarrollo Local Sostenible. Cuba. Obtenido de  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6426879>

López-Hernández, Y., et al. (2018). Content of carotenoids and vitamin C in pineapple fruit tissues and processes. *Scientia Horticulturae*, 240, 623-629.

Luna, R., K. Espinosa, R. Trávez, C. Ulloa, A. Espinoza y A. Bejarano. (2016). Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. *Cienc. Agrar.* 9(1), 11-16

Marca-Huamancha, R. B.-V.-F.-A.-O. (2020). Efecto de la fertilización mineral y de un fertilizante biológico en piña [*Ananas comosus* (L.) Merr.] en el cultivar MD2 ('Golden'). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*.

MINAG. (2010). Instructivo Técnico Para el Cultivo de Pina. Departamento de Frutales. Dirección Nacional de Cítricos y Frutales. 2010.

Ministerio de la Protección Social. (2003). Protocolo de vigilancia en salud pública de las intoxicaciones agudas y crónicas por plaguicidas. Instituto Nacional de Salud. Organización Panamericana de la Salud. Bogotá. pp. 1-26

Montiel Segura, M.A. (2015). Uso de agroquímicos en la producción intensiva de piña en Costa Rica. *Pensamiento Actual*, 15(25), 183-195.

- Morales, (2015). «Hidrólisis ácida de celulosa y biomasa lignocelulósica asistida con líquidos iónicos» 2015.
- Moreno, M., Belén, D., García, D., y Mendoza, L. (2006). Evaluación del contenido de carotenoides totales en cáscaras de algunas variedades de naranjas venezolanas. 23(3).
- Mujica, Y., A. Mena, A. Medina y P. Rosales. (2014). Respuestas de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la biofertilización líquida con *Glomus cubensis*. Cultivos Trop. 35(2), 21-26.
- Ochoa, A., Marin, J., Rivero, D., y Aguilera, E. (2013). Caracterización física, físico-química y química de extractos totales de hojas frescas de *Petiveria alliacea* L. con acción antimicrobiana. Rev. Mex. Cienc. Farm vol. 44 no. 1. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-01952013000100007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-01952013000100007&script=sci_arttext)
- Ordóñez Santos, L. E., Arias Jaramillo, M. E., Hurtado Aguilar, P., & Ríos Solarte, O. D. (2014). Concentración de carotenoides totales en residuos de frutas tropicales. <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/1266>
- Paucar Arenas, G. A. (2022). Evaluación de adición de fibra de hoja de piña y palmera en propiedades del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Lima-2022. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104012>
- Pérez Trueba, G. (2003). Los flavonoides: antioxidantes o prooxidantes. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas, 22(1), 0-0. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03002003000100007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002003000100007)
- PIP- Coleacp (2011). *Pineapple cayenne*, crop production protocol. <http://pip.coleacp.org/en/pip/31144-production-guides>
- PIP- Coleacp (2011). *Pineapple MD2*, crop production protocol. <http://pip.coleacp.org/en/pip/31144-production-guides>

- Prieto García, F., Jiménez Muñoz, E., Prieto Méndez, J., Acevedo Sandoval, O. y Rodríguez Laguna, R. (2017). «Obtención de pulpa de celulosa a partir de residuos de *Agave salmiana* B. Otto ex Salm. Optimización» *Dyna*, vol. 84, n° 200, 2017.
- Ramírez Alfonso, S.M. y Reyes Nieto, M. C. (2017). «Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos de la *Ananas comosus* (piña) para la producción de xilitol por hidrólisis enzimática,» Bogotá, 2017.
- Ramos, D., A. Terry, F. Soto, A. Cabrera, G. Martín y L. Fernández. (2016). Respuesta del cultivo de plátano a diferentes proporciones de suelo y bocashi, complementadas con fertilizante mineral en etapa de vivero. *Cultivos Trop.* 37(2), 165-174.
- Rengifo, D. (2018). Estudio fitoquímico cualitativo preliminar y cuantificación de flavonoides y taninos del extracto etanólico de hojas de *Desmodium vargasianum* Schubert. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1810-634X2018000200002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1810-634X2018000200002&lng=es&nrm=iso)
- Retana, I. J. (2015). Manual de la Piña. Cevicos. <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/ManualAgron%C3%B3mico-Cultivo-de-la-Pi%C3%B1a.pdf>
- Retana, J. (2015). Manual agronómico cultivo de piña. República Dominicana. Disponible en: <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/Manual-Agron%C3%B3mico-Cultivo-de-la-Pi%C3%B1a.pdf>
- Rodríguez, R. B. (2016). Producción de frutos de piña, a partir de Vitroplantas, cultivos tropicales, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193246189006.pdf>
- Tutorial, C. (2020). “Evaluación de rendimiento, calidad y potencial productivo lechero de diferentes híbridos de maíz para forraje en altos norte de Jalisco”. <https://riudg.udg.mx/bitstream/20.500.12104/91039/1/MCUCBA10644FT.pdf>

## ANEXOS

**Anexo 1.** Características fisicoquímicas de los extractos de piña.

| <b>Fertilizantes orgánicos</b> |           |                 |                                |                    |
|--------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------------|--------------------|
|                                | <b>pH</b> | <b>Densidad</b> | <b>Conductividad eléctrica</b> | <b>Color</b>       |
| EC1                            | 3.42      | 0.90            | 1.47                           | Amarillo-naranja 5 |
| EC2                            | 3.47      | 0.90            | 1.45                           |                    |
| EC3                            | 3.41      | 0.90            | 1.41                           |                    |
| EP1                            | 3.23      | 0.90            | 1.35                           | Amarillo 2         |
| EP2                            | 3.26      | 0.90            | 1.39                           |                    |
| EP3                            | 3.21      | 0.90            | 1.32                           |                    |
| ECP1                           | 3.35      | 0.89            | 1.65                           | Amarillo-naranja 6 |
| ECP2                           | 3.22      | 0.89            | 1.61                           |                    |
| ECP3                           | 3.21      | 0.89            | 1.68                           |                    |

| <b>Fertilizantes inorgánicos</b> |           |                 |                                |                    |
|----------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------------|--------------------|
|                                  | <b>pH</b> | <b>Densidad</b> | <b>Conductividad eléctrica</b> | <b>Color</b>       |
| EC1                              | 5.21      | 0.87            | 1.12                           | Amarillo-naranja 5 |
| EC2                              | 5.15      | 0.89            | 1.15                           |                    |
| EC3                              | 5.19      | 0.91            | 1.13                           |                    |
| EP1                              | 5.29      | 0.90            | 1.10                           | Amarillo 2         |
| EP2                              | 5.24      | 0.88            | 1.09                           |                    |
| EP3                              | 5.28      | 0.89            | 1.10                           |                    |
| ECP1                             | 5.16      | 0.90            | 1.08                           | Amarillo-naranja 6 |
| ECP2                             | 5.19      | 0.89            | 1.09                           |                    |
| ECP3                             | 5.17      | 0.9             | 1.08                           |                    |

**Anexo 2.** *Metabolitos secundarios presentes en los extractos de piña.*

|      | <b>Saponinas</b>                    | <b>Flavonoides</b>                    | <b>Taninos</b>                          | <b>Antocianinas</b>            | <b>Quinonas</b>                 |
|------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| EC1  | El color cambió de rosado a púrpura | Presentó burbujeo, pero no coloración | Se formó un precipitado de color blanco | Decoloración rápida a amarillo | Cambió a un amarillo más oscuro |
| EC2  |                                     |                                       |                                         |                                |                                 |
| EC3  |                                     |                                       |                                         |                                |                                 |
| EP1  | El color cambió de rosado a púrpura | Presentó burbujeo, pero no coloración | Se formó un precipitado de color blanco | Decoloración rápida a amarillo | Cambió a un amarillo más oscuro |
| EP2  |                                     |                                       |                                         |                                |                                 |
| EP3  |                                     |                                       |                                         |                                |                                 |
| ECP1 | El color cambió de rosado a púrpura | Presentó burbujeo, pero no coloración | Se formó un precipitado de color blanco | Decoloración rápida a amarillo | Cambió a un amarillo más oscuro |
| ECP2 |                                     |                                       |                                         |                                |                                 |
| ECP3 |                                     |                                       |                                         |                                |                                 |

**Anexo 3.** *Contenido de carotenoides en los extractos de piña.*

| <b>Fertilizantes orgánicos</b> |                         |              |
|--------------------------------|-------------------------|--------------|
|                                | <b>Longitud de onda</b> | <b>Media</b> |
| EC1                            | 1.231                   | 1.236        |
| EC2                            | 1.240                   |              |
| EC3                            | 1.238                   |              |
| EP1                            | 1.567                   | 1.565        |
| EP2                            | 1.569                   |              |
| EP3                            | 1.558                   |              |
| ECP1                           | 1.923                   | 1.935        |
| ECP2                           | 1.935                   |              |
| ECP3                           | 1.947                   |              |

**Anexo 4.** *Fotos del cultivo de piña en la finca de donde fueron seleccionadas.*





**Anexo 5.** *Frutos de piña utilizados para la preparación de los extractos.*



**Anexo 6.** *Preparación de las muestras para la elaboración de los extractos de piña.*





**Anexo 7.** *Pesada de las muestras para la elaboración de los extractos de piña.*









**Anexo 8. Cálculos de las cantidades de solventes para mezclar.**

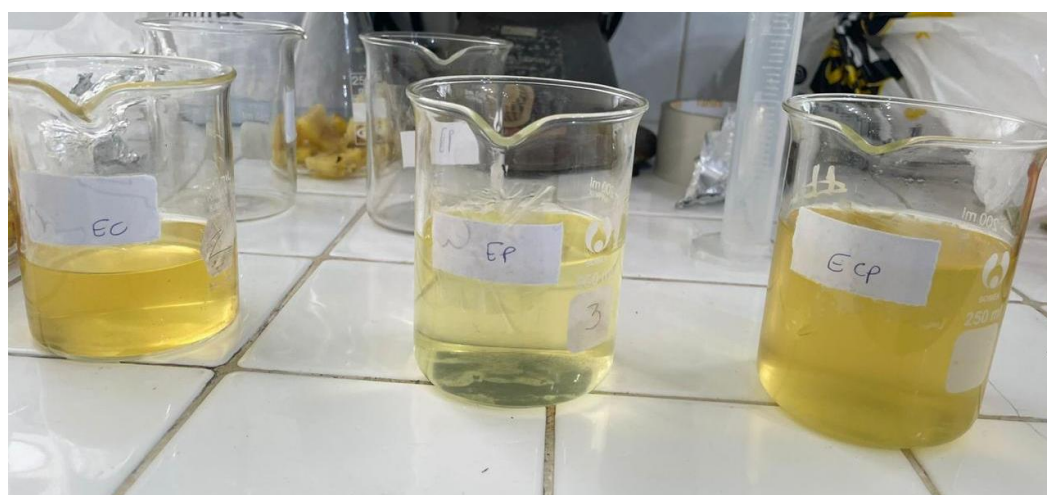
| Cáscara                                         | pulpa                                            | Cáscara y pulpa                                  |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1 → 3                                           | 1 → 3                                            | 1 → 3                                            |
| 36.8 → X                                        | 60.9 → X                                         | 81.8 →                                           |
| 110.4 mL                                        | 182.7 mL                                         | 245.4 mL                                         |
| $110.4 \times 0.7 = 77.28$ Etanol<br>33.12 Agua | $182.7 \times 0.7 = 127.89$ Etanol<br>54.81 Agua | $245.4 \times 0.7 = 171.78$ etanol<br>73.62 Agua |

**Anexo 9.** *Preparación de los extractos de piña.*





**Anexo 10.** Extractos elaborados a partir de diferentes partes del fruto de piña.





# **Anexo 11. Cálculo de las propiedades fisicoquímicas de los extractos.**

|     | pH | Densidad (g/mL) | Ca | Visc | Color                 | Saponinas | Flavonoides | Taninos | Antocianinas | Shimomas | Carotenoides |
|-----|----|-----------------|----|------|-----------------------|-----------|-------------|---------|--------------|----------|--------------|
| Ec  | -  | 0.90            | -  | -    | Amarillo-Naranja<br>5 |           |             |         |              |          |              |
| Ep  | -  | 0.90            | -  | -    | Amarillo<br>2         |           |             |         |              |          |              |
| Ecp | -  | 0.89            | -  | -    | Amarillo-Naranja<br>6 |           |             |         |              |          |              |

$D = \frac{m}{V}$   
 $M = \text{Vacío}$   
 $m = \text{Extracto}$   
 $m = \text{Agua}$

|       | Ec      | Ep      | Ecp     |
|-------|---------|---------|---------|
| $m_1$ | 100.4 g | 113.8 g | 110.4 g |
| $m_2$ | 122.8 g | 135.7 g | 132.4 g |
| $m_3$ | 125.2 g | 138.1 g | 135.0 g |

$① D = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \cdot \frac{122.8 - 100.4}{125.2 - 100.4} \cdot \frac{22.4}{24.8} = 0.90$   
 $② D = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \cdot \frac{135.7 - 113.8}{138.1 - 113.8} \cdot \frac{21.9}{24.3} = 0.90$   
 $③ D = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \cdot \frac{132.4 - 110.4}{135.0 - 110.4} \cdot \frac{22}{24.6} = 0.89$

| Fruta | Peso fresco (g) | Diámetro ecuatorial (mm) | Diámetro distal (mm) | Relación D <sub>e</sub> /D <sub>d</sub> |
|-------|-----------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| 1     | 1430 g          | 17 cm - 170 mm           | 19 cm - 190 mm       | 0.89                                    |
| 2     | 1310 g          | 15.5 cm - 155 mm         | 17.5 cm - 175 mm     | 0.88                                    |
| 3     | 1080 g          | 14 cm - 140 mm           | 16.9 cm - 169 mm     | 0.83                                    |

1 cm → 10 mm

1 Kg → 1000 g

1.430

**Anexo 12.** *Identificación de metabolitos secundarios en los extractos.*



**Anexo 13.** *Cálculo de los carotenoides en los extractos.*

