

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

Uso de Fertilizantes Químicos en la Producción de Naranjas Dulces (*Citrus sinensis*) y sus Efectos en el Consumo Humano en el Distrito Municipal de Zambrana, Municipio de Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez, en el Año 2023

Sustentantes:

María Ysabel Adames, 97-355

Carmen Beatriz Ferreira Hernández, 2006-470

Asesor:

Dr. Jorge Emilio Cuevas Remigio

Cotuí, Provincia Juan Sánchez Ramírez

Año Académico 2023

Título

Uso de Fertilizantes Químicos en la Producción de Naranjas Dulces (*Citrus sinensis*)
y sus Efectos en el Consumo Humano en el Distrito Municipal de Zambrana,
Municipio de Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez, en el Año 2023

Dedicatoria

Todo lo que soy y tengo es por y para ustedes: Mi Familia.

Ramón: amor mío gracias por siempre estar ahí conmigo en todos los momentos de nuestras vidas. Tu apoyo incondicional supera todos los límites. Eres mi complemento perfecto.

Yheraldy, Raymond y Yarlin: ustedes son la luz de mi existencia, el combustible que da energía a mi vida, todo lo que soy, todo lo que tengo es por ustedes. Espero que este logro les sirva de inspiración para que logren sus metas y sueños.

Ustedes fueron el motor que dio vida a este proyecto, por ustedes fueron llevaderos los sacrificios, gracias por su gran apoyo emocional, intelectual, económico y sobre todo por impulsarme a seguir preparándome día a día.

María Ysabel Adames

Dedicatoria

A Dios, por siempre estar ahí en todos los momentos.

A mi familia, por apoyarme y estar a mi lado en todas las dificultades.

A mis compañeros de carrera, por apoyarme en todos los momentos difíciles que se han presentado durante este proceso.

Carmen Beatriz Ferreira Hernández

Agradecimientos

A Dios: a ti Señor de la vida, dones, sabiduría, porque gracias a tu gran misericordia soy lo que soy y lo que tengo. Tu amor infinito me permite superarme y lograr mis metas.

A la Universidad: Por acogernos e incentivar en nosotros el espíritu de superación personal, formándonos con conocimientos actualizados que nos permiten insertarnos en el mundo laboral con competencias y liderazgo.

A la Coordinadora de la Maestría en Química: Ramona Ferreira: la persona que día a día luchó en cuerpo y alma para que hoy este sueño se hiciera realidad. Sus consejos y motivaciones permitieron que nunca desistiéramos de nuestro propósito. Gracias desde el alma.

A mis compañeros Carmen, Jhoselyn y Daniel: fueron mi soporte y complemento, nunca olvidaré que cuando afloraba el desánimo estuvieron ahí para apoyarnos unos a otros.

A mi familia: Ramón, Yheraldy, Raymond, Yarin, Santana y Lorenza.

A mi hermano José Manuel, gracias porque a pesar de tus compromisos siempre estás ahí apoyándome, en todo momento fuiste parte importante durante todo este camino.

María Ysabel Adames

Agradecimientos

A Dios: por darme fuerza, entendimiento y sabiduría para lograr este sueño que hoy se ha convertido en una realidad, siempre agradecida de mi Señor.

A la Universidad: por darme la oportunidad de superarme, en especial al ex rector Tiburcio Gómez por siempre creer en mí y darme esa oportunidad de echar hacia adelante. Gracias.

A mis hijos: que por ellos lucho todos los días de mi vida: Frayling, Maya y el pequeño Aarón que han sido el motor que siempre me impulsa a seguir.

A mi esposo Fausto Cruz: a ti que siempre me has apoyado desde mis inicios en mi carrera, luchando con nuestra familia y a mi lado en los mejores y peores momentos, siempre he recibido de ti palabras de aliento, motivación y ayuda.

A Ramona Ferreira: por siempre tenerme presente y ayudarme desde mis inicios universitarios y sobre todo creer que yo sí puedo y que las oportunidades no se pueden dejar ir.

A mis padres: por siempre estar dispuestos a ayudarme en lo que necesité y orientarme en que Dios nos da lo que nos conviene en el momento adecuado. Elva Hernández y José Ferreira, los mejores padres que una persona puede tener.

A mis compañeros de grado Jhoselyn, Daniel y en especial a María Ysabel porque sin ustedes esto no era posible, Maritza somos uno.

A mis vecinas: Ivelice y Trinidad por estar siempre ahí, colaborando con mis hijos, brindándole el mejor de los cuidados y cariño. Gracias siempre.

A mi cuñada: Yissel Cruz por siempre estar dispuesta a ayudarme en todo y siempre poder contar contigo, gracias.

Carmen Beatriz Ferreira Hernández

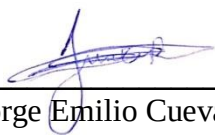
Hoja de Evaluación

Uso de Fertilizantes Químicos en la Producción de Naranja Dulce (*Citrus sinensis*) y sus Efectos en el Consumo Humano en el Distrito Municipal de Zambrana, Municipio de Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez, en el Año 2023

María Ysabel Adames

Carmen Beatriz Ferreira Hernández

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



Dr. Jorge Emilio Cuevas Remigio
Asesor

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
Agosto 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.

María Ysabel Adames

Carmen Beatriz Ferreira Hernández

Índice General

Contenido.....	Página
TÍTULO	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	IV
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4. OBJETIVOS.....	6
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	6
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	7
1.5. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	7
1.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	10
1.7. MARCO CONTEXTUAL	11
1.8. ALCANCE Y LÍMITES DE LA INVESTIGACIÓN	12
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	13
2.1. NARANJA DULCE (<i>CITRUS SINENSIS</i>)	13
2.1.1. <i>Producción de Naranja Dulce (C. sinensis)</i>	14
2.1.2. <i>Propiedades y Beneficios de la Naranja Dulce (C. sinensis)</i>	16
2.1.3. <i>Compuestos Bioactivos en la Naranja Dulce (C. sinensis)</i>	17
2.1.3.1. Flavonoides en Naranja.....	19
2.1.3.2. Fenoles en Naranja.....	21
2.2. FERTILIZANTES QUÍMICOS.....	22
2.2.1. <i>Tipos de Fertilizantes Químicos</i>	24
2.2.2. <i>Efectos de los Fertilizantes Químicos en la Salud Humana</i>	25
2.2.3. <i>Nutrientes Presentes en los Fertilizantes Químicos</i>	26
2.2.4. <i>Elementos Tóxicos Presentes en los Fertilizantes Químicos</i>	28
2.3. SALUD HUMANA	30

2.3.1. Elementos que son Tóxicos para la Salud Humana	31
2.3.2. Consecuencias para la Salud Humana del Consumo de Elementos Tóxicos	33
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	35
3.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO	35
3.2. MATERIAL VEGETAL	35
3.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	35
3.4. DISEÑO, ENFOQUE Y TIPO DE ESTUDIO.....	36
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
3.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO	36
3.6.1. Recolección del Material Vegetal.....	36
3.6.2. Obtención del Extracto.....	37
3.7. INDICADORES PARA EVALUAR.....	37
3.7.1. Indicadores para Evaluar el Primer Objetivo Específico	37
3.7.2. Indicadores para Evaluar el Segundo Objetivo Específico.....	38
3.7.3. Indicadores para Evaluar el Tercer Objetivo Específico.....	52
3.7.4. Indicadores para Evaluar el Cuarto Objetivo Específico	53
3.8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	54
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
4.1. INDICADORES EVALUADOS DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO	55
4.2. INDICADORES EVALUADOS DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO.....	57
4.3. INDICADORES EVALUADOS DEL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO.....	60
4.4. INDICADORES EVALUADOS DEL CUARTO OBJETIVO ESPECÍFICO.....	62
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS	82

Índice de Figuras y Cuadros

Figuras/Cuadros		Página
Figura 2.1	<i>Fruto del naranjo dulce (C. sinensis).....</i>	14
Figura 2.2	<i>Estructura de los flavonoides.....</i>	20
Figura 2.3	<i>Estructura de los fenoles.....</i>	22
Cuadro 4.1	<i>Tipo de fertilizante, cantidad de fertilizante, niveles de nutrientes en fertilizantes, frecuencia de aplicación y nivel de toxicidad del fertilizante</i>	55
Cuadro 4.2	<i>Contenido de vitamina C, azúcar, carbohidrato, flavonoides, fenoles, nitrógeno, fósforo y potasio</i>	57
Cuadro 4.3	<i>Tipo de fertilizantes, concentración del fertilizante aplicado, método de aplicación, duración de la exposición al fertilizante, niveles de residuos químicos, vías de exposición de residuos químicos, salud humana.....</i>	60
Cuadro 4.4	<i>Consumo de naranjas dulces, aumento de enfermedades, enfermedades respiratorias, población afectada.....</i>	62

Índice de Anexos

Anexo		Página
Anexo 1	<i>Curva de Calibración para Calcio.....</i>	82
Anexo 2	<i>Curva de Calibración para el Sodio y el Potasio.....</i>	83
Anexo 3	<i>Tabla de condiciones del Espectrofotómetro de Absorción Atómica.....</i>	84
Anexo 4	<i>Recolección del material vegetal.....</i>	85
Anexo 5	<i>Fertilizantes químicos.....</i>	87
Anexo 6	<i>Encuestas a moradores.....</i>	88
Anexo 7	<i>Pesada de las muestras.....</i>	90
Anexo 8	<i>Preparación de extracto.....</i>	91
Anexo 9	<i>Proceso experimental.....</i>	93
Anexo 10	<i>Datos recolectados.....</i>	97

Capítulo 1.

Introducción

En este capítulo se aborda sobre los antecedentes, el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos propuestos tanto general como específicos, cuadro de variables e indicadores, definición de términos, marco contextual y alcance y límites de la investigación sobre el uso de fertilizantes químicos en la producción de naranja (*Citrus sinensis*) y sus efectos en el consumo humano en el Distrito Municipal de Zambrana, municipio de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez en el año 2023.

1.1. Antecedentes

En apartado serán abordados los antecedentes relacionados con el tema en cuestión. Se examinarán estudios previos, teorías existentes y datos relevantes con el fin de contextualizar el problema y proporcionar una base sólida para el desarrollo de la investigación.

Ceretta (2018) en su estudio “Efecto del uso de fertilizantes químicos en la producción de naranja dulce”; su objetivo fue Evaluar el impacto del uso de fertilizantes químicos en la producción de naranja dulce. Se realizó un experimento de campo con diferentes dosis de fertilizantes químicos aplicados en un huerto de naranja dulce. El uso de fertilizantes químicos resultó en un aumento significativo en la producción de naranja dulce. Se concluyó que el uso de fertilizantes químicos puede ser una estrategia efectiva para aumentar la producción de naranja dulce.

Por otro lado López (2017) en su investigación “Impacto del uso de fertilizantes químicos en la producción de naranjas en México”, presentó por objetivo Evaluar los efectos del uso de fertilizantes químicos en la producción de naranjas y su relación con la salud humana. Realizó un estudio experimental en diferentes cultivos de naranjas en distintas regiones de México. Se aplicaron diferentes dosis de fertilizantes químicos y se analizaron los niveles de residuos en las naranjas cosechadas. Los resultados demostraron que el uso de fertilizantes químicos en la producción de naranjas generó

niveles significativos de residuos en la fruta. Estos residuos se asociaron con efectos negativos para la salud humana, como la aparición de enfermedades gastrointestinales y respiratorias. Se concluyó que el uso de fertilizantes químicos en la producción de naranjas puede tener consecuencias negativas para la salud humana, por lo que se deben buscar alternativas más seguras y sostenibles.

García (2018) realizó una investigación “Efectos de los fertilizantes químicos en la calidad nutricional de las naranjas y su impacto en la salud humana”, su objetivo fue Determinar los efectos de los fertilizantes químicos en la calidad nutricional de las naranjas y su relación con la salud humana. Se realizó un estudio comparativo entre naranjas cultivadas con fertilizantes químicos y naranjas cultivadas de forma orgánica. Se analizaron los niveles de nutrientes esenciales y la presencia de residuos de fertilizantes químicos en ambas muestras. En los resultados se observó que las naranjas cultivadas con fertilizantes químicos presentaban niveles inferiores de nutrientes esenciales en comparación con las naranjas orgánicas. Además, se encontraron residuos de fertilizantes químicos en las muestras analizadas. El autor concluyó que el uso de fertilizantes químicos en la producción de naranjas afecta negativamente la calidad nutricional de la fruta, lo cual puede tener impacto en la salud humana. Es necesario promover prácticas agrícolas más sostenibles que minimicen el uso de estos fertilizantes.

En el estudio titulado “Residuos de fertilizantes químicos en naranjas: riesgos para la salud humana”, realizado por Pérez (2019) el cual tuvo por objetivo Analizar los niveles de residuos de fertilizantes químicos en las naranjas y evaluar su impacto potencial en la salud humana. En este se recolectaron muestras de naranjas provenientes de diferentes plantaciones. Se realizaron análisis de laboratorio para detectar la presencia y concentración de residuos de fertilizantes químicos. Los resultados mostraron que se encontraron niveles considerables de residuos de fertilizantes químicos en las muestras analizadas. Estos residuos presentaban compuestos tóxicos que podrían tener efectos adversos para la salud humana, como la aparición de cáncer y daños en el sistema nervioso. Se concluyó que existe un riesgo potencial para la salud humana derivado del consumo de naranjas que contienen residuos de fertilizantes

químicos. Se requiere implementar medidas más estrictas de control y regulación en la producción de naranjas para reducir estos riesgos.

Rodríguez (2020) en su investigación titulada “Evaluación de la toxicidad de los fertilizantes químicos utilizados en la producción de naranjas”, presentó por objetivo Evaluar la toxicidad de los fertilizantes químicos utilizados en la producción de naranjas y su posible impacto en la salud humana. Se realizaron pruebas de toxicidad en células humanas expuestas a diferentes concentraciones de fertilizantes químicos. Se evaluaron parámetros como la viabilidad celular y la generación de especies reactivas de oxígeno. Se observó que los fertilizantes químicos generaban un aumento en la toxicidad de las células, afectando su viabilidad y su capacidad de respuesta antioxidante. Estos efectos podrían estar relacionados con la aparición de enfermedades crónicas en humanos expuestos a los residuos de estos fertilizantes. El autor concluyó que los fertilizantes químicos utilizados en la producción de naranjas presentan toxicidad que puede afectar la salud humana. Se recomienda limitar su uso y promover prácticas agrícolas más sostenibles y seguras.

1.2. Planteamiento del Problema

El uso de fertilizantes químicos en la producción de naranjas dulces (*Citrus sinensis*) es una práctica común en la agricultura moderna (Peón, 2021). La aplicación de estos fertilizantes tiene como objetivo proporcionar los nutrientes necesarios para un crecimiento y rendimiento óptimo de los cultivos. Sin embargo, existe preocupación acerca de los posibles efectos de estos fertilizantes en el consumo humano de naranjas dulces (*C. sinensis*) (Mendoza, 2023).

La producción de naranjas dulces (*C. sinensis*) es una actividad económica importante en muchas regiones del mundo (Plúa, 2017). Este cultivo es altamente demandado debido a su sabor agradable, alto contenido de vitamina C y otros nutrientes beneficiosos para la salud humana (Fernández, 2018). Sin embargo, el uso de fertilizantes químicos en la agricultura ha generado preocupación debido a sus posibles consecuencias negativas en la calidad y seguridad de los alimentos.

Uno de los principales problemas asociados con el uso de fertilizantes químicos en la producción de naranjas dulces (*C. sinensis*) es la acumulación de residuos de estos productos en la fruta. Los fertilizantes químicos contienen una variedad de compuestos químicos sintéticos que pueden persistir en el suelo y ser absorbidos por las raíces de las plantas. Estos residuos pueden acumularse en los tejidos de la fruta y, posteriormente, ser consumidos por los seres humanos (Rojas, 2016).

Estudios científicos han demostrado la presencia de residuos de fertilizantes químicos en naranjas dulces (*C. sinensis*). Por ejemplo, un estudio realizado por Dávila (2018) encontró la presencia de trazas de nitratos y fosfatos en muestras de naranjas dulces de diferentes huertos agrícolas. Estos compuestos son ingredientes comunes en los fertilizantes químicos y su presencia en la fruta puede ser indicativo de una exposición a largo plazo a estos productos químicos.

La presencia de residuos de fertilizantes químicos en las naranjas dulces (*C. sinensis*) plantea preocupaciones en términos de seguridad alimentaria. Algunos de estos compuestos químicos pueden tener efectos tóxicos sobre la salud humana, especialmente cuando se consumen en cantidades altas o a lo largo de un período prolongado. Por ejemplo, la exposición a altas concentraciones de nitratos en el agua potable se ha asociado con problemas de salud como la metahemoglobinemia en lactantes (Ramírez *et al.*, 2020).

Además de los efectos tóxicos directos, los residuos de fertilizantes químicos en las naranjas dulces (*C. sinensis*) también pueden afectar la calidad y el valor nutricional de la fruta. Varios estudios han sugerido que el uso excesivo de fertilizantes químicos puede disminuir el contenido de nutrientes esenciales, como la vitamina C, en las naranjas dulces. Por ejemplo, un estudio realizado por Hernández y Ramírez (2015) encontraron una disminución significativa en el contenido de vitamina C en naranjas dulces (*C. sinensis*) que se cultivaron en suelos tratados con altas dosis de fertilizantes químicos.

Estos hallazgos son preocupantes, ya que la vitamina C es un antioxidante importante que juega un papel crucial en la salud humana. La deficiencia de vitamina

C se ha asociado con una mayor susceptibilidad a enfermedades y trastornos crónicos, como resfriados frecuentes, anemia y enfermedades cardiovasculares (García *et al.*, 2022).

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el impacto ambiental del uso de fertilizantes químicos en la producción de naranjas dulces (*C. sinensis*). La aplicación excesiva de estos productos puede resultar en la contaminación del agua y la degradación del suelo. Además, ciertos compuestos químicos presentes en los fertilizantes, como los nitratos, pueden contribuir a la eutrofización de los cuerpos de agua, lo que causa la proliferación de algas y la reducción de la biodiversidad acuática (Mateu, 2017).

Pregunta de investigación

¿Cuáles podrían ser los efectos que provoca en la salud humana el consumo de naranjas dulces (*Citrus sinensis*) producida a partir de fertilizantes químicos?

1.3. Justificación

La producción de naranjas dulces (*C. sinensis*) es una actividad de gran importancia para la economía agrícola en muchas partes del mundo debido a su alta demanda tanto en el mercado nacional como internacional. Sin embargo, esta actividad también conlleva el uso de fertilizantes químicos, los cuales pueden tener efectos negativos en el consumo humano (Fernández *et al.*, 2019). Es por ello que se hace necesario llevar a cabo un estudio que evalúe estos efectos y contribuya a una agricultura más sostenible.

El objetivo principal de este estudio es investigar los efectos del uso de fertilizantes químicos en la producción de naranja dulce (*C. sinensis*) y su posible influencia en el consumo humano. Esto se justifica por la importancia de asegurar la calidad y seguridad de los alimentos que llegan a nuestra mesa. Es fundamental que los consumidores tengan acceso a productos libres de contaminantes que puedan afectar su salud.

En este sentido, el presente estudio contribuirá en varios aspectos: en primer lugar, permitirá identificar los niveles de contaminación por fertilizantes químicos en la producción de naranja dulce. Esto podría proporcionar información clave para el desarrollo de políticas y regulaciones que promuevan una producción agrícola más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Además, el estudio también ayudará a determinar los posibles efectos en la calidad nutritiva de las naranjas dulces (*C. sinensis*). Es importante destacar que los fertilizantes químicos pueden afectar la composición de los alimentos, reduciendo su contenido de nutrientes esenciales (Pandey *et al.*, 2019). Por lo tanto, tener un conocimiento preciso de estos efectos permitirá garantizar un consumo adecuado de vitaminas y minerales presentes en la naranja dulce (*C. sinensis*).

Otro aporte relevante de este estudio es que proporcionará información valiosa para los productores de naranjas dulces (*C. sinensis*). Conocer los efectos de los fertilizantes químicos en la calidad del producto final les permitirá tomar decisiones informadas sobre qué tipo de fertilizantes utilizar y en qué cantidades. Esto no solo beneficiará su producción, sino que también contribuirá a reducir el impacto ambiental de la agricultura intensiva.

Finalmente, el presente estudio también será de relevancia para los consumidores, quienes podrán tener acceso a información confiable sobre los posibles riesgos asociados al consumo de naranjas dulces producidas con fertilizantes químicos. Esto les permitirá tomar decisiones conscientes respecto a su dieta y elegir productos más seguros y nutritivos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar los fertilizantes químicos utilizados en la producción de naranja dulce (*Citrus sinensis*) y sus efectos en el consumo humano en el Distrito Municipal de Zambrana, municipio de Cotuí, provincia Juan Sánchez Ramírez en el año 2023.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar los diferentes tipos de fertilizantes químicos utilizados en la producción de naranjas dulces (*Citrus sinensis*) en el Distrito Municipal de Zambrana.
- Evaluar la calidad nutricional de las naranjas dulces (*Citrus sinensis*) producidas con fertilizantes químicos en comparación con aquellas producidas de forma orgánica.
- Estudiar la influencia de los fertilizantes químicos en la acumulación de residuos químicos en las naranjas dulces (*Citrus sinensis*) y su posible impacto en la salud humana.
- Analizar la posible correlación entre el consumo de naranjas dulces (*Citrus sinensis*) producidas con fertilizantes químicos y el aumento de enfermedades relacionadas con exposición a químicos.

1.5. Cuadro de Operacionalización de Variables

Objetivos	Variables	Definición	Indicadores	Instrumentos
Identificar los diferentes tipos de fertilizantes químicos utilizados en la producción de naranjas dulces (<i>Citrus sinensis</i>) en el Distrito Municipal de Zambrana.	Tipos de fertilizantes químicos utilizados.	Son aquellos que se producen mediante un proceso químico. Estos fertilizantes se obtienen a partir de la síntesis de diferentes sustancias químicas, que aportan los nutrientes necesarios para el crecimiento	-Tipo de fertilizante químico utilizado. -Cantidad de fertilizante aplicado por tarea. -Nivel de nutrientes contenido en el fertilizante usado. -Frecuencia de aplicación del fertilizante	-Ficha de observación. -Cuestionario. -Ficha de observación. -Cuestionario.

		y desarrollo de las plantas.	durante el ciclo de cultivo. -Nivel de toxicidad del fertilizante para el suelo y el medio ambiente.	-Ficha de observación.
Evaluar la calidad nutricional de las naranjas dulces (<i>Citrus sinensis</i>) producidas con fertilizantes químicos en comparación con aquellas producidas de forma orgánica.	Calidad nutricional de las naranjas.	Son las propiedades y beneficios que aportan a la salud cuando se consumen.	-Contenido de vitamina C. -Contenido de azúcar. -Contenido de carbohidratos. -Contenido de flavonoides. -Contenido de fenoles. -Contenido de Nitrógeno (N) total. -Contenido de Fósforo (P) total. -Contenido de Potasio (K) total.	-Método iodométrico. - Refractómetro. -Método de titulación. -Método de metanol de piridina. -Método de Folin-Ciocalteu- -Método de análisis de nutrientes NPK.
Estudiar la influencia de los fertilizantes químicos en la acumulación de residuos	Influencia de los fertilizantes en la acumulación de residuos químicos.	Cuando se aplican fertilizantes en cantidades mayores a las necesarias,	-Concentración de fertilizante aplicado. -Método de aplicación del	-Ficha de observación. -Cuestionario.

químicos en las naranjas dulces (<i>Citrus sinensis</i>) y su posible impacto en la salud humana.		pueden ocurrir problemas de acumulación de residuos químicos en el suelo.	fertilizante químico. -Duración de la exposición al fertilizante químico. -Análisis de los niveles de residuos químicos en las naranjas dulces. -Vías de exposición de los residuos químicos en la salud humana. -Salud humana.	-Cuestionario. -Análisis de laboratorio. -Cuestionario. -Cuestionario.
Analizar la posible correlación entre el consumo de naranjas dulces (<i>Citrus sinensis</i>) producidas con fertilizantes químicos y el aumento de enfermedades relacionadas con exposición a químicos.	Correlación de consumo de naranjas-aumento de enfermedades.	Se refiere a una posible relación entre la ingesta de naranjas y el aumento de la incidencia de enfermedades en la población.	-Consumo de naranjas dulces. -Aumento de enfermedades. -Porcentaje de enfermedades respiratorias. -Porcentaje de la población afectada.	-Cuestionario. -Cuestionario. -Cuestionario. -Cuestionario.

1.6. Definición de Términos

Biodiversidad: se refiere a la variedad de vida en todas sus formas, desde los genes hasta los ecosistemas, y la interacción entre ellos. Incluye la diversidad de especies, la diversidad genética dentro de las especies y la diversidad de ecosistemas (Convention on Biological Diversity, 2020).

Compuestos químicos: son combinaciones químicas que resultan de la unión de dos o más elementos, y su estructura molecular determina sus propiedades físicas y químicas (Broni-Bediako, 2019).

Compuestos traza: son aquellos compuestos químicos presentes en concentraciones muy bajas en un medio natural o en un organismo. Estos compuestos, también conocidos como contaminantes traza, incluyen sustancias como metales pesados, plaguicidas, PCBs (bifenilos policlorados) y otros productos químicos sintéticos (Poma, 2019).

Eutrofización: es un proceso en el cual un cuerpo de agua, como un lago, río o estuario, experimenta un incremento de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, resultando en un crecimiento desproporcionado de flora acuática, especialmente algas y plantas acuáticas. Este exceso de nutrientes es a menudo causado por la liberación de sustancias químicas agrícolas, industriales o domésticas en el agua (Cabello, 2016).

Fertilizantes químicos: son sustancias artificiales compuestas por nutrientes esenciales para las plantas, que se utilizan para enriquecer el suelo y aumentar la producción agrícola. Estos fertilizantes contienen componentes químicos como nitrógeno, fósforo y potasio, que son necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas (García, 2016).

Naranja dulce: es una fruta cítrica de pulpa jugosa y sabor dulce. Posee una cáscara de color naranja brillante y está formada por diversos gajos llenos de jugo. Esta fruta es considerada una excelente fuente de vitamina C y otros antioxidantes beneficiosos para la salud (Brogan *et al.*, 2017).

Nitratos: son compuestos químicos formados por la combinación del ion nitrato (NO_3^-) con otros elementos. Son ampliamente utilizados en diversas industrias, como la agricultura, la fabricación de explosivos y la producción de alimentos procesados (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Nutrientes: son sustancias químicas esenciales para el correcto funcionamiento, crecimiento y desarrollo del organismo. Estos compuestos son utilizados por el cuerpo para llevar a cabo diferentes procesos metabólicos, como la obtención de energía, la construcción de tejidos y la regulación de diferentes funciones corporales (Departamento de Nutrición de la Universidad de Harvard, 2018).

Seguridad alimentaria: se refiere al acceso de todas las personas a alimentos suficientes, seguros y nutritivos que satisfagan sus necesidades alimenticias diarias para llevar una vida activa y saludable (FAO *et al.*, 2019).

Vitamina C: es una vitamina hidrosoluble esencial para el correcto funcionamiento del organismo humano. Se encuentra principalmente en frutas y verduras frescas, y es necesaria para el crecimiento y reparación de tejidos, la formación de colágeno, la absorción de hierro, el fortalecimiento del sistema inmunológico y la protección contra los daños causados por los radicales libres (Kim, 2013).

Toxicidad: se define como la capacidad de una sustancia o agente para causar daño, enfermedad o muerte a un organismo vivo, ya sea de manera inmediata o a largo plazo, a través de la exposición, ya sea por inhalación, ingestión, absorción cutánea o contacto directo (Budnik *et al.*, 2016).

1.7. Marco Contextual

Esta investigación se desarrolla en la provincia Sánchez Ramírez, Cotuí, República Dominicana, específicamente en el Distrito Municipal de Zambrana, donde se encuentran grandes plantaciones de naranja dulce (*C. sinensis*), las cuales son utilizadas para consumo humano.

Zambrana tiene una superficie de tierra cultivables y ganaderas de más de 219,455 tareas, dedicadas a la producción de naranja, cacao, pimienta, piña, plátanos y productos de ciclo corto, así como una notable crianza de ganado vacuno, caprino y porcino; cuenta además con uno de los programas agroforestales más importantes de la zona norte.

En el Distrito municipal de Zambrana, actualmente opera el Consorcio Cítrico Rica, siendo ésta una de las empresas más importantes en el área agrícola, generando más de 200 empleos directos y unos 300 empleos indirectos. Sus límites son: al Norte limita con la ciudad de Cotuí, al Sur con el municipio Yamasá, provincia Monte Plata, al Este con el municipio Cevicos y al Oeste con la provincia Monseñor Nouel.

1.8. Alcance y Límites de la Investigación

Con esta investigación se pretende evaluar el uso de fertilizantes químicos en la producción de naranjas dulces (*C. sinensis*) y su efecto en el consumo humano, ya que es uno de los cítricos más importante en la salud al contener vitamina C, flavonoides, beta-caroteno, fibra, tiamina y ácido fólico, la naranja ayuda a la formación de colágeno, huesos, dientes, glóbulos rojos, mantener una piel sana e hidratada, combatir el colesterol malo y mejorar la digestión, pero su valor nutritivo se puede ver afectado por el uso de fertilizantes químicos en su producción, por lo que se propone la utilización de abonos orgánicos caseros.

Se observa como limitante de la misma que los productores asuman esta técnica medio ambiental como una vía más factible y saludable para sus producciones y la salud de los humanos por su actitud de producir más rápido los frutos sin importar el valor nutricional de los mismos; además pueden surgir limitaciones en cuanto a la realización de los análisis, esto debido a los equipos de laboratorio que se necesitan para estos.

Capítulo 2.

Revisión de la Literatura

Este capítulo aborda sobre los fundamentos teóricos que sustentan esta investigación, en la misma se hallan inmersas las principales investigaciones, estudios, teorías, publicaciones e informaciones sobre las variables que se encuentran involucradas en la investigación. En tal sentido, las consultas reúnen las informaciones más actualizadas, garantizando la integridad y el respeto del derecho del autor.

2.1. Naranja Dulce (*Citrus sinensis*)

El naranjo dulce (*Citrus sinensis*) es una especie de árbol frutal originario de China, que pertenece a la familia *Rutaceae*. Esta planta, conocida por su fruto jugoso y sabroso, ha sido cultivada y apreciada por su valor culinario y nutricional durante siglos. El naranjo dulce se ha convertido en uno de los cítricos más importantes a nivel mundial, tanto por su sabor como por su valor económico.

El naranjo dulce es valorado por su contenido de vitamina C, que juega un papel crucial en el sistema inmunológico humano. Además, este cítrico contiene una amplia gama de compuestos bioactivos, como flavonoides, carotenoides y compuestos fenólicos. Estos compuestos han sido ampliamente estudiados por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, y se cree que pueden tener efectos protectores contra enfermedades crónicas, como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Zhai *et al.*, 2017; Feresin *et al.*, 2016).

Varios estudios han investigado los efectos medicinales del naranjo dulce. Un estudio realizado por Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2015) encontró que los compuestos bioactivos presentes en el naranjo dulce pueden tener propiedades antidiabéticas, al ayudar a regular los niveles de glucosa en sangre. Asimismo, la ingesta de naranjas dulces se ha relacionado con la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, gracias a sus efectos antiinflamatorios y antioxidantes (Feresin *et al.*, 2016). Estas propiedades medicinales hacen del naranjo dulce una fruta importante en la dieta saludable.

El mejoramiento genético del naranjo dulce ha sido objeto de investigación continua con el objetivo de obtener variedades de mayor calidad y resistencia. Un estudio realizado por Gandul-Rojas *et al.* (2019) exploró la diversidad genética de diferentes variedades de naranjo dulce utilizando marcadores moleculares. Los resultados revelaron una alta diversidad genética y una estructura genética compleja en estas variedades, lo que proporciona una base sólida para futuros programas de mejoramiento genético. La Figura 2.1, muestra una imagen de la naranja dulce (*C. sinensis*).

Figura 2.1

Fruto del naranjo dulce (C. sinensis).



2.1.1. Producción de Naranja Dulce (*C. sinensis*)

La producción de naranja dulce (*C. sinensis*) ha sido de gran importancia económica y social en diferentes partes del mundo. Esta fruta cítrica es ampliamente consumida debido a su sabor agradable y beneficios nutricionales. En los últimos años,

la producción de naranjas dulces ha enfrentado desafíos relacionados con enfermedades, cambio climático y el aumento de la demanda.

La planta de naranja dulce tiene una serie de características fisiológicas que son cruciales para su crecimiento y desarrollo. Según Ghasemi *et al.* (2015) la fotosíntesis es el proceso clave en la producción de carbohidratos, que se acumulan en los frutos y les proporciona su dulzura característica. La tasa fotosintética se ve afectada por factores como la temperatura, la disponibilidad de agua y la concentración de CO₂ atmosférico. Además, la investigación de Parra-Londono *et al.* (2016) ha destacado la importancia de los ácidos orgánicos en el sabor y la calidad de la naranja dulce.

La producción de naranja dulce se ha enfrentado a importantes desafíos relacionados con enfermedades como la Huanglongbing (HLB) o "dragón amarillo". Según Bové *et al.* (2018) esta enfermedad, transmitida por insectos vectores, ha causado graves pérdidas en la producción de cítricos en muchos países. El manejo adecuado de esta enfermedad requiere una combinación de estrategias como la detección temprana, el control biológico de insectos vectores y la utilización de prácticas agrícolas sostenibles. En este sentido, Carvalho *et al.* (2019) han demostrado que la aplicación de extractos vegetales puede ser eficaz para el control de insectos vectores en la producción de naranja dulce.

El cambio climático es otro aspecto importante que afecta la producción de naranja dulce. Según Giordani *et al.* (2017) el aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones de precipitación pueden alterar significativamente el rendimiento y la calidad de los frutos. Además, las condiciones climáticas más cálidas y húmedas favorecen la propagación de enfermedades como el HLB. Por lo tanto, es fundamental para los productores adaptarse a estos cambios mediante prácticas agrícolas sostenibles y la selección de variedades más resistentes al estrés térmico y a las enfermedades.

La comercialización de la naranja dulce ha experimentado cambios significativos en los últimos años. Según Rodrigues *et al.* (2018) el aumento de la demanda de productos orgánicos y de calidad ha llevado a los productores a adoptar

prácticas agrícolas sostenibles y certificaciones de calidad. Además, la globalización y el avance de las tecnologías de transporte han permitido la expansión de los mercados internacionales para la naranja dulce. Sin embargo, también existen desafíos relacionados con la competencia global y los costos logísticos. En este sentido, Gómez-López *et al.* (2020) han demostrado que una estrategia exitosa de comercialización de naranjas dulces implica la cooperación entre diferentes agentes de la cadena de suministro.

2.1.2. Propiedades y Beneficios de la Naranja Dulce (*C. sinensis*)

La naranja dulce (*C. sinensis*) es una fruta cítrica ampliamente consumida y apreciada en todo el mundo debido a su sabor refrescante y sus propiedades nutricionales. Además de su valor culinario y gustativo, la naranja dulce es reconocida por su potencial beneficioso para la salud, atribuido a su contenido de vitaminas, minerales y compuestos bioactivos. En los últimos años, se ha llevado a cabo una amplia investigación científica para comprender y explorar las propiedades y beneficios de la naranja dulce.

La naranja dulce es rica en compuestos bioactivos, incluyendo flavonoides, carotenoides, ácido ascórbico, fibra dietética y compuestos fenólicos. Estos compuestos están asociados con diversos efectos beneficiosos para la salud. Según un estudio realizado por Toledo *et al.* (2017) la naranja dulce es una fuente importante de flavonoides, especialmente hesperidina y naringenina, los cuales han demostrado tener propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Además, estos compuestos están relacionados con la prevención de enfermedades crónicas como la obesidad, la diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares.

La capacidad antioxidante de los compuestos bioactivos presentes en la naranja dulce ha sido ampliamente investigada. Estos compuestos tienen la capacidad de neutralizar los radicales libres y reducir el estrés oxidativo en el organismo, lo que puede prevenir el daño celular y el envejecimiento prematuro. Según un estudio llevado a cabo por Ruiz *et al.* (2016) los extractos de naranja dulce exhibieron una alta

capacidad antioxidante, lo que sugiere su potencial para contrarrestar el estrés oxidativo y prevenir enfermedades crónicas asociadas.

La inflamación crónica es un factor de riesgo para muchas enfermedades, incluyendo la enfermedad cardiovascular, la diabetes y el cáncer. La naranja dulce contiene compuestos con propiedades antiinflamatorias que pueden ayudar a prevenir y reducir la inflamación en el cuerpo. Según un estudio de Wei *et al.* (2018) la naranja dulce mostró efectos antiinflamatorios significativos en un modelo de inflamación inducida. Los compuestos bioactivos presentes en la fruta disminuyeron la producción de mediadores inflamatorios y disminuyeron la respuesta inflamatoria.

El cáncer es una de las principales causas de muerte en todo el mundo y la prevención es clave en su abordaje. Los compuestos bioactivos presentes en la naranja dulce han mostrado tener actividad anticancerígena en varios estudios. Según investigaciones realizadas por Márquez-Martín *et al.* (2015) los extractos de naranja dulce exhibieron actividad antiproliferativa en líneas celulares de cáncer de colon y de mama. Estos resultados sugieren el potencial de la naranja dulce como agente anticancerígeno.

La enfermedad cardiovascular es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo. El consumo de frutas cítricas como la naranja dulce se ha asociado con un menor riesgo de enfermedad cardiovascular. Según un estudio llevado a cabo por Riera-Campos *et al.* (2020) el consumo regular de naranja dulce se asoció con una disminución del riesgo de enfermedad cardiovascular. Los compuestos bioactivos presentes en la fruta, como los flavonoides, se cree que tienen efectos protectores sobre la salud cardiovascular.

2.1.3. Compuestos Bioactivos en la Naranja Dulce (*C. sinensis*)

La naranja dulce (*C. sinensis*) es una de las frutas cítricas más consumidas en todo el mundo debido a su sabor agradable y a sus propiedades nutritivas. Además de ser una fuente importante de vitaminas y minerales, la naranja dulce contiene una

variedad de compuestos bioactivos que han despertado el interés de la comunidad científica debido a su potencial beneficio para la salud humana.

La naranja dulce es conocida por ser una fuente rica en vitamina C, un antioxidante poderoso que juega un papel fundamental en la neutralización de los radicales libres en el organismo. Además de la vitamina C, la naranja dulce contiene otros antioxidantes como los carotenoides, flavonoides y ácido ascórbico, que ayudan a reducir el estrés oxidativo y a prevenir enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Prakash *et al.*, 2017).

En un estudio reciente realizado por Fassina *et al.* (2016) se encontró que el extracto de naranja dulce mostró propiedades antiinflamatorias y anticancerígenas en líneas celulares de cáncer de colon. Los investigadores atribuyeron estos efectos a la presencia de flavonoides y compuestos polifenólicos en la fruta. Otro estudio llevado a cabo por Song *et al.* (2018) demostró que el consumo regular de jugo de naranja dulce puede reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular al mejorar la función endotelial y reducir la presión arterial.

Además de sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, la naranja dulce también es conocida por su contenido en fibra dietética. La fibra tiene una serie de beneficios para la salud, ya que ayuda a mejorar la salud digestiva, controlar el peso corporal y prevenir enfermedades como la diabetes tipo 2 y el síndrome metabólico (Slavin, 2013). Además, la fibra dietética presente en la naranja dulce actúa como un prebiótico, promoviendo el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino y mejorando la salud general del organismo (Vandeputte *et al.*, 2017).

El consumo de naranja dulce también se ha relacionado con un menor riesgo de desarrollar enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer y el Parkinson. En un estudio llevado a cabo por Joseph *et al.* (2017) se encontró que los compuestos bioactivos presentes en la naranja dulce pueden proteger las células cerebrales del estrés oxidativo y la inflamación, y mejorar la memoria y la función cognitiva. Estos efectos beneficiosos se atribuyen principalmente a la presencia de antioxidantes como los flavonoides y carotenoides en la fruta.

2.1.3.1. Flavonoides en Naranja.

Los flavonoides son una clase de compuestos fenólicos que se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Son conocidos por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y neuroprotectoras, entre otras. Los frutos cítricos, en particular la naranja, son una fuente rica en flavonoides, lo que los convierte en alimentos de interés para la investigación en el campo de la salud.

Según estudios recientes, los flavonoides presentes en la naranja han demostrado tener una amplia gama de efectos beneficiosos para la salud. Estos compuestos han sido relacionados con la prevención y el tratamiento de diferentes enfermedades crónicas, como enfermedades cardiovasculares, cáncer, enfermedades neurodegenerativas y obesidad. Además, se ha encontrado que los flavonoides en naranja también pueden mejorar la función cognitiva y reducir el riesgo de padecer enfermedades relacionadas con la edad, como la enfermedad de Alzheimer.

En términos de su potencial antioxidante, los flavonoides de la naranja ayudan a neutralizar los radicales libres en el organismo. Los radicales libres son moléculas inestables y altamente reactivas que pueden generar daño celular y contribuir al desarrollo de enfermedades crónicas. Estos compuestos también pueden proteger el sistema cardiovascular al mejorar la función endotelial, reducir la presión arterial y disminuir los niveles de colesterol LDL.

Un estudio realizado por Salvador *et al.* (2017) encontró que la ingesta de flavonoides en naranja mejora la resistencia a la insulina en individuos con sobrepeso y obesidad. La resistencia a la insulina es una condición que precede a la diabetes tipo 2 y se caracteriza por una incapacidad del cuerpo para utilizar la insulina de manera eficiente. Los resultados de este estudio sugieren que los flavonoides en naranja pueden ser una estrategia dietética efectiva para prevenir el desarrollo de la diabetes tipo 2.

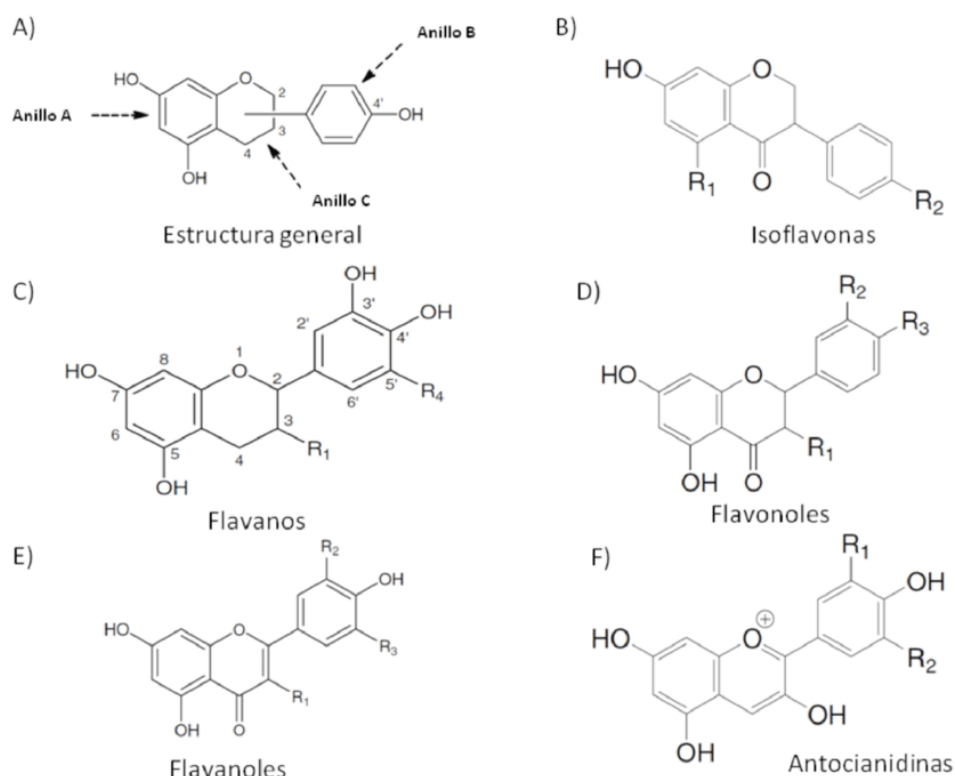
Otro estudio realizado por Liu *et al.* (2018) investigó los efectos de los flavonoides en naranja en la función cognitiva en ratones envejecidos. Se encontró que los ratones tratados con extracto de naranja enriquecido en flavonoides mostraron

mejoras significativas en la memoria espacial y en la función de aprendizaje en comparación con el grupo de control. Estos hallazgos sugieren que los flavonoides en naranja podrían tener un beneficio potencial en la prevención y el tratamiento de trastornos relacionados con la edad, como la enfermedad de Alzheimer.

Además de sus propiedades antioxidantes y neuroprotectoras, los flavonoides en naranja también pueden desempeñar un papel importante en la prevención del cáncer. Según un metaanálisis realizado por Luo *et al.* (2017), se encontró una asociación inversa significativa entre la ingesta de flavonoides cítricos y el riesgo de varios tipos de cáncer, incluyendo cáncer de pulmón, hígado, mama y colon. Estos resultados sugieren que los flavonoides en naranja podrían tener un impacto positivo en la prevención y el tratamiento del cáncer. A continuación, en la Figura 2.2, son mostradas algunas de las estructuras presentadas por los flavonoides.

Figura 2.2

Estructura de los flavonoides.



2.1.3.2. Fenoles en Naranja.

Los fenoles son una clase de compuestos químicos que se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza. Se caracterizan por la presencia de uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático. Estos compuestos son conocidos por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas, lo que los convierte en moléculas de interés en diversas áreas como la medicina, la alimentación y la industria cosmética.

Uno de los productos naturales ricos en fenoles es la naranja (*C. sinensis*), una fruta ampliamente consumida a nivel mundial. Diversos estudios han demostrado que los fenoles presentes en la naranja pueden ejercer efectos beneficiosos para la salud humana. Por ejemplo, se ha informado que los fenoles de la naranja tienen propiedades antioxidantes, lo que significa que pueden ayudar a proteger al organismo del daño causado por radicales libres. Además, ciertos fenoles presentes en la naranja han mostrado tener efectos antiinflamatorios y anticancerígenos.

Los fenoles presentes en la naranja tienen una amplia diversidad estructural, incluyendo flavonoides como la hesperidina y la narirutina, y ácidos fenólicos como el ácido ferúlico y el ácido cafeico.

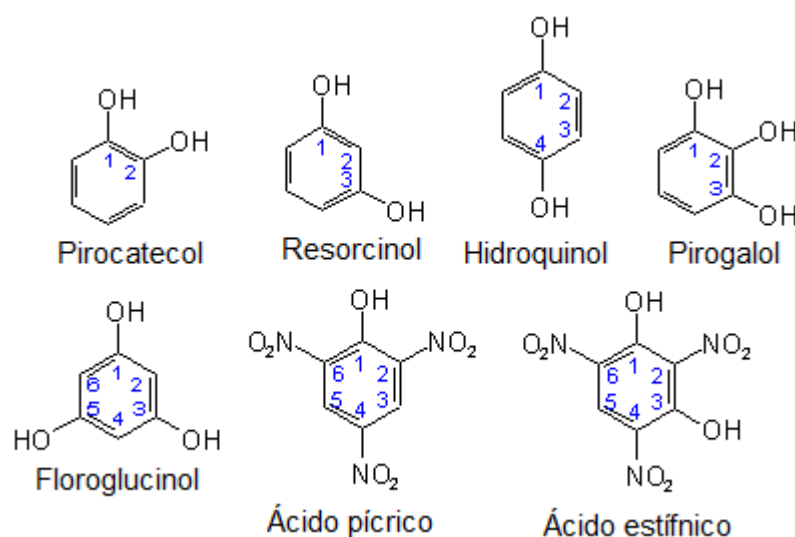
Uno de los fenoles más estudiados en relación con la naranja es la hesperidina. La hesperidina es un flavonoide abundante en las naranjas y ha demostrado tener propiedades antioxidantes. Varios estudios han encontrado un papel protector de la hesperidina contra enfermedades cardiovasculares al reducir el estrés oxidativo y mejorar la función endotelial. Además, la hesperidina también ha mostrado efectos antiinflamatorios, antimicrobianos y anticancerígenos en estudios preclínicos.

Otro fenol presente en las naranjas es la narirutina. Al igual que la hesperidina, la narirutina es un flavonoide con propiedades antioxidantes. Estudios han demostrado que la narirutina puede inhibir la formación de radicales libres y proteger el ADN de daños oxidativos. Además, la narirutina también ha mostrado efectos antiinflamatorios y neuroprotectores en modelos experimentales.

Además de los flavonoides, la naranja también contiene ácidos fenólicos como el ácido ferúlico y el ácido cafeico. Estos ácidos fenólicos han sido objeto de numerosos estudios debido a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Un estudio reciente encontró que el ácido ferúlico presente en la naranja tiene efectos citotóxicos sobre células de cáncer de mama, lo que sugiere su potencial como agente anticancerígeno. En la Figura 2.3, son mostradas las principales estructuras de los fenoles.

Figura 2.3

Estructura de los fenoles.



2.2. Fertilizantes Químicos

El uso de fertilizantes químicos ha sido ampliamente adoptado en la agricultura convencional debido a su capacidad de incrementar la producción de alimentos y mejorar la calidad de los cultivos. Estos fertilizantes contienen nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, los cuales son aplicados al suelo o a las hojas de las plantas para asegurar su disponibilidad y absorción. Sin embargo, estudios recientes han mostrado que el uso excesivo e inadecuado de fertilizantes químicos puede tener consecuencias graves para el medio ambiente.

Uno de los principales problemas asociados al uso de fertilizantes químicos es la contaminación del agua. El nitrógeno y el fósforo presentes en los fertilizantes pueden llegar a los cuerpos de agua cercanos a los campos de cultivo a través de la escorrentía, y una vez allí, pueden causar la proliferación de algas y cianobacterias. Estos "bloom" algal, como se les conoce en inglés, pueden consumir gran cantidad de oxígeno en el agua, lo que resulta en la eutrofización y muerte masiva de organismos acuáticos (Smith *et al.*, 2015).

Además de la contaminación del agua, el uso inadecuado de fertilizantes químicos también puede tener impactos negativos en la calidad del suelo. La sobre aplicación de nutrientes puede acidificar el suelo, volviéndolo menos fértil y propenso a la erosión. Además, el exceso de nitrógeno puede desplazar otros nutrientes esenciales, como el calcio y el magnesio, lo que afecta negativamente el crecimiento de las plantas (Duan *et al.*, 2018).

Ante estos problemas, se han propuesto alternativas sostenibles al uso de fertilizantes químicos en la producción agrícola. Por ejemplo, la agricultura orgánica se basa en el uso de fertilizantes orgánicos, como el compost y el estiércol, los cuales aportan nutrientes de manera más lenta pero también más sostenible. Estudios han encontrado que la agricultura orgánica puede resultar en una menor contaminación del agua y del suelo, así como en una mayor biodiversidad en los campos de cultivo (Reganold *et al.*, 2015).

En la búsqueda de alternativas sostenibles, la ciencia también ha desarrollado tecnologías que permiten mejorar la eficiencia en la aplicación de fertilizantes químicos. Por ejemplo, la fertirrigación consiste en aplicar fertilizantes directamente a través del sistema de riego, permitiendo una mejor distribución de los nutrientes y reduciendo la cantidad de nutrientes perdidos por escorrentía (Molinari *et al.*, 2017). Además, la nanotecnología ha mostrado un gran potencial para el desarrollo de fertilizantes de liberación lenta, los cuales podrían reducir la necesidad de aplicaciones frecuentes y disminuir el impacto ambiental asociado al uso de fertilizantes químicos convencionales (Daud *et al.*, 2016).

2.2.1. Tipos de Fertilizantes Químicos

Los fertilizantes químicos son compuestos que se utilizan para enriquecer el suelo y proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estos productos contienen una serie de elementos químicos esenciales, como nitrógeno, fósforo, potasio y otros micronutrientes, que son fundamentales para la producción agrícola.

- **Fertilizantes nitrogenados**

Los fertilizantes nitrogenados son aquellos que contienen nitrógeno, uno de los nutrientes más importantes para las plantas. El nitrógeno es esencial para el desarrollo de las hojas y el tallo de las plantas, lo que influye en su crecimiento y producción. Un estudio realizado por Wang *et al.* (2018) muestra que los fertilizantes nitrogenados tienen un impacto significativo en la producción de cultivos como el maíz y la soja, ya que mejoran la fotosíntesis y la asimilación de nutrientes por parte de las plantas.

Sin embargo, a pesar de sus beneficios, los fertilizantes nitrogenados también pueden tener efectos perjudiciales para el medio ambiente. Según un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2017), el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados puede contribuir a la contaminación del agua, ya que algunos de estos compuestos se lixivian y llegan a los cuerpos de agua, generando problemas como la eutrofización.

- **Fertilizantes fosfatados**

Los fertilizantes fosfatados son aquellos que contienen fósforo, otro nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. El fósforo juega un papel fundamental en la síntesis de proteínas, la formación de ATP (adenosín trifosfato) y la transferencia de energía en las plantas. Según un estudio realizado por Mora *et al.* (2017) el uso de fertilizantes fosfatados puede mejorar significativamente la calidad y el rendimiento de los cultivos, especialmente en suelos deficientes en fósforo.

Sin embargo, también es importante tener en cuenta que los fertilizantes fosfatados pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente. Según un informe de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2016), el exceso de fósforo proveniente de los fertilizantes puede causar la proliferación de algas en los cuerpos de agua, lo que puede agotar el oxígeno en el agua y afectar la vida acuática.

- **Fertilizantes potásicos**

Los fertilizantes potásicos son aquellos que contienen potasio, otro nutriente esencial para las plantas. El potasio tiene un rol importante en la regulación del flujo de agua y la apertura y cierre de los estomas, lo que afecta la tolerancia de las plantas al estrés hídrico. Según un estudio realizado por Coskun *et al.* (2016) el uso de fertilizantes potásicos puede mejorar la resistencia de las plantas a condiciones adversas, como la sequía y las altas temperaturas.

A pesar de sus beneficios, los fertilizantes potásicos también pueden tener efectos negativos en el medio ambiente. Un informe de la Comisión Internacional para la Protección del Rin (ICPR, 2018) señala que la aplicación excesiva de fertilizantes potásicos puede llevar a la contaminación de las aguas subterráneas, lo que podría tener consecuencias graves para la salud humana y el ecosistema en general.

2.2.2. Efectos de los Fertilizantes Químicos en la Salud Humana

Los fertilizantes químicos se han utilizado durante décadas en la agricultura para aumentar la productividad de los cultivos. Estos productos contienen nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, como nitrógeno, fósforo y potasio. Sin embargo, su uso excesivo puede tener consecuencias negativas para la salud humana.

Los fertilizantes químicos utilizados en la agricultura pueden infiltrarse en los acuíferos y contaminar el agua potable. Estudios recientes han demostrado que la presencia de nitratos, un componente común de los fertilizantes, en el agua potable puede tener efectos adversos en la salud humana. La exposición crónica a altos niveles de nitratos se ha asociado con un mayor riesgo de enfermedades como el cáncer de estómago y la metahemoglobinemia en los niños (Hu, 2015).

Además, los alimentos cultivados con el uso de fertilizantes químicos también pueden contener residuos de estos productos. Un estudio realizado en España encontró niveles detectables de contaminantes como nitratos y fosfatos en frutas y verduras cultivadas con fertilizantes químicos (Moreno *et al.*, 2016). La ingesta de alimentos contaminados con estos residuos puede tener efectos negativos en la salud humana, como la disrupción del sistema endocrino y el aumento del riesgo de enfermedades crónicas como la diabetes y la obesidad (Bhusal *et al.*, 2017).

Los fertilizantes químicos también contribuyen a la contaminación del aire. Durante la aplicación de estos productos en los campos, se produce la volatilización de los compuestos nitrogenados, como amoníaco y óxidos de nitrógeno. Estas sustancias pueden reaccionar con otros contaminantes atmosféricos y formar partículas finas, conocidas como material particulado. Estas partículas pueden ser inhaladas por los seres humanos y causar efectos adversos en la salud respiratoria, como el asma y enfermedades pulmonares crónicas (Aneja *et al.*, 2018).

Los agricultores que trabajan en los campos tratados con fertilizantes químicos están expuestos a altos niveles de estos productos. Un estudio realizado en China encontró que los agricultores expuestos a fertilizantes químicos tenían un mayor riesgo de desarrollar enfermedades respiratorias, trastornos neurológicos y problemas reproductivos en comparación con aquellos que no estaban expuestos (Yang *et al.*, 2016). Estos resultados sugieren que la exposición a los fertilizantes químicos puede tener efectos negativos en la salud de los agricultores.

2.2.3. Nutrientes Presentes en los Fertilizantes Químicos

Los fertilizantes químicos son una herramienta esencial en la agricultura moderna, ya que proporcionan los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estos nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas y utilizados para diferentes funciones metabólicas, como la producción de energía, la síntesis de proteínas y la formación de estructuras celulares.

- **Macronutrientes**

Los nutrientes esenciales para las plantas se dividen en macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes son aquellos que las plantas requieren en grandes cantidades para su crecimiento y desarrollo. Entre los macronutrientes más importantes se encuentran el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K).

El nitrógeno es un componente esencial de las proteínas y ácidos nucleicos, y es necesario para el crecimiento vegetal y la producción de clorofila. Según un estudio reciente (Smith *et al.*, 2017) la adición de fertilizantes nitrogenados en el suelo puede aumentar significativamente el rendimiento de los cultivos, especialmente en suelos pobres en nitrógeno. Sin embargo, un exceso de nitrógeno puede provocar la lixiviación de este nutriente, contaminando los cuerpos de agua y afectando negativamente el medio ambiente.

El fósforo es esencial para la síntesis de ADN y ARN, así como para la transferencia de energía en forma de ATP. Según un estudio de Da Silva *et al.* (2015) la aplicación de fertilizantes fosfatados puede mejorar significativamente la absorción de fósforo por parte de las plantas y aumentar la disponibilidad de este nutriente en el suelo. Sin embargo, la falta de manejo adecuado de los fertilizantes fosfatados puede llevar a la eutrofización de los cuerpos de agua, lo que contribuye al crecimiento excesivo de algas y la disminución de la calidad del agua.

El potasio es importante para la regulación osmótica de las células vegetales y la activación de muchas enzimas. Según un estudio de Ahmad *et al.* (2016) la adición de fertilizantes potásicos al suelo puede mejorar la resistencia de las plantas al estrés abiótico, como la sequía y las altas temperaturas. Además, el potasio también puede mejorar la calidad de los cultivos, como el contenido de azúcares en las frutas.

- **Micronutrientes**

Los micronutrientes son aquellos que las plantas requieren en menor cantidad, pero son igualmente esenciales para su crecimiento y desarrollo. Algunos de los

micronutrientes más importantes son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el zinc (Zn) y el cobre (Cu).

El hierro es esencial para la formación de clorofila y la síntesis de enzimas. Según un estudio de Santos *et al.* (2015) la aplicación de fertilizantes que contienen hierro puede mejorar significativamente la respuesta de las plantas en suelos con deficiencia de este nutriente. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el exceso de hierro puede ser tóxico para las plantas, por lo que se recomienda una aplicación adecuada y equilibrada de fertilizantes.

El manganeso es necesario para la síntesis de clorofila y la activación de enzimas relacionadas con la fotosíntesis. Según un estudio de Karmegam *et al.* (2017) la aplicación de fertilizantes que contienen manganeso puede mejorar la tolerancia de las plantas al estrés oxidativo. Además, el manganeso también puede mejorar la calidad de los cultivos, como el contenido de vitamina C en las frutas.

El zinc es importante para la formación de enzimas y la síntesis de proteínas. Según un estudio de Ehteshamul-Haque *et al.* (2016) la adición de fertilizantes que contienen zinc puede aumentar significativamente el rendimiento de los cultivos, especialmente en suelos con deficiencia de este nutriente. Sin embargo, un exceso de zinc puede ser tóxico para las plantas y afectar negativamente su crecimiento y desarrollo.

El cobre es esencial para la formación de enzimas y la síntesis de lignina. Según un estudio de Puga *et al.* (2018) la adición de fertilizantes que contienen cobre puede mejorar la resistencia de las plantas a patógenos y enfermedades. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el exceso de cobre puede ser tóxico para las plantas y el medio ambiente, por lo que se debe tener precaución al aplicar fertilizantes que contienen este micronutriente.

2.2.4. Elementos Tóxicos Presentes en los Fertilizantes Químicos

Los fertilizantes químicos han sido una herramienta fundamental en la agricultura moderna, ya que proporcionan a los cultivos los nutrientes necesarios para

su crecimiento y desarrollo. Sin embargo, su uso excesivo e inadecuado puede tener consecuencias negativas tanto para el medio ambiente como para la salud humana.

Los fertilizantes químicos están compuestos por una variedad de elementos químicos que proporcionan los nutrientes necesarios para las plantas. Sin embargo, también pueden contener elementos tóxicos como el cadmio, el plomo y el mercurio, entre otros. Estos elementos pueden proceder de la materia prima utilizada en la fabricación de los fertilizantes o pueden estar presentes en los procesos de producción.

La contaminación de los suelos por elementos tóxicos presentes en los fertilizantes químicos puede tener impactos negativos. Un estudio llevado a cabo en China encontró que el uso excesivo de fertilizantes había resultado en altos niveles de cadmio en los suelos, lo que a su vez había causado la acumulación de este metal pesado en los cultivos y en el agua subterránea (Li *et al.*, 2016). El cadmio es un elemento altamente tóxico que puede causar daños en los riñones y en el sistema respiratorio humano (Chen *et al.*, 2016).

Otro elemento tóxico presente en los fertilizantes químicos es el plomo, el cual puede tener efectos negativos en la salud humana. Un estudio realizado en Nigeria encontró altos niveles de plomo en los suelos cercanos a áreas de producción de fertilizantes (Obiora *et al.*, 2015). La exposición al plomo puede causar daños en el sistema nervioso, en los riñones y en los huesos, especialmente en los niños (Flora *et al.*, 2015).

La contaminación por elementos tóxicos en los fertilizantes químicos no solo afecta al medio ambiente, sino también a la salud humana. La exposición a estos elementos puede ocurrir a través de la ingesta de alimentos contaminados, la inhalación de partículas en suspensión en el aire o el contacto directo con los suelos contaminados.

Un estudio llevado a cabo en Venezuela encontró niveles elevados de cadmio y plomo en muestras de orina de agricultores que utilizaban fertilizantes químicos en sus cultivos (Escarra-Burbano *et al.*, 2017). Estos resultados indican que la exposición a estos elementos tóxicos puede tener efectos negativos en la salud de los agricultores.

Además, la ingestión de alimentos contaminados con elementos tóxicos presentes en los fertilizantes químicos puede tener impactos negativos en la salud de la población en general. Un estudio realizado en Nepal encontró altos niveles de cadmio en muestras de arroz cultivado con fertilizantes químicos (Sharma *et al.*, 2018). La ingesta de alimentos contaminados con cadmio puede causar daños en los riñones, en los huesos y en el sistema cardiovascular (Satarug *et al.*, 2017).

Ante la problemática de la presencia de elementos tóxicos en los fertilizantes químicos, es necesario adoptar medidas de prevención y mitigación. Una de las estrategias es regular la cantidad y la calidad de los fertilizantes utilizados en la agricultura. Un estudio realizado en India encontró que la reducción en la cantidad de fertilizantes utilizados en los cultivos puede disminuir los niveles de elementos tóxicos en los suelos (Kumar *et al.*, 2020).

Además, es importante promover prácticas agrícolas sostenibles, como la agricultura orgánica, que no utiliza fertilizantes químicos. Un estudio llevado a cabo en España encontró que los cultivos orgánicos presentaban niveles más bajos de elementos tóxicos en comparación con los cultivos convencionales (Arroyo *et al.*, 2016).

2.3. Salud Humana

La salud humana es un tema fundamental en la sociedad actual, ya que afecta directamente la calidad de vida de las personas y su capacidad de desarrollo. El concepto de salud ha evolucionado a lo largo de la historia, desde una perspectiva meramente biológica hasta abarcar aspectos psicológicos, sociales y ambientales.

Para comprender la salud humana es necesario primero definir este concepto. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la salud se define como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de enfermedad o dolencia (OMS, 1946). Esta definición destaca la importancia de los aspectos físicos, mentales y sociales en la salud, y muestra que la salud es un estado global de bienestar.

Los determinantes de la salud pueden ser entendidos como los factores que influyen en la salud de las personas. Estos determinantes pueden ser de diferentes tipos,

como genéticos, biológicos, ambientales, sociales y económicos. La evidencia científica ha demostrado que los determinantes sociales, como el nivel educativo, la situación socioeconómica y el entorno familiar, tienen un impacto significativo en la salud de las personas (Solar e Irwin, 2010). Por ejemplo, diversos estudios han encontrado una relación entre el bajo nivel educativo y la mayor prevalencia de enfermedades crónicas (Marmot y Wilkinson, 2006).

La promoción de la salud es una estrategia que busca mejorar la salud de las personas a través de la prevención de enfermedades y el fomento de estilos de vida saludables. La promoción de la salud se basa en el enfoque de determinantes de la salud, ya que busca intervenir sobre los factores que afectan la salud de las personas. La OMS define la promoción de la salud como el proceso que permite a las personas incrementar el control sobre su salud para mejorarla (OMS, 1986). La promoción de la salud involucra a diferentes actores, como los individuos, las comunidades, las instituciones y los gobiernos, y requiere de acciones coordinadas en diferentes ámbitos, como la educación, la atención de salud y el ambiente (Nutbeam, 1998).

Los factores de riesgo son condiciones o comportamientos que aumentan la probabilidad de que una persona desarrolle una enfermedad o lesión. Los factores de riesgo pueden ser de diferentes tipos, como factores genéticos, ambientales y de estilo de vida. Por ejemplo, el consumo de tabaco, la alimentación no saludable y la falta de actividad física son factores de riesgo conocidos para el desarrollo de enfermedades crónicas, como enfermedades cardiovasculares y cáncer (WHO, 2014). La identificación y mitigación de los factores de riesgo son fundamentales para la prevención de enfermedades y la promoción de la salud.

2.3.1. Elementos que son Tóxicos para la Salud Humana

La salud humana es un tema de gran importancia, preocupación y estudio constante a nivel mundial. En los últimos años, se ha prestado especial atención a los elementos que pueden ser tóxicos para la salud humana. Estos elementos, que pueden encontrarse en el entorno natural o ser productos de actividades industriales y agrícolas,

han sido objeto de numerosas investigaciones con el objetivo de comprender sus efectos sobre el organismo humano.

- **Plomo**

El plomo es un metal pesado que ha sido ampliamente estudiado debido a sus efectos tóxicos en la salud humana. Diversas investigaciones han demostrado que la exposición al plomo puede causar daño neurológico, especialmente en los niños. Según una investigación realizada por Bellinger (2016), existe una relación significativa entre la exposición al plomo y la disminución del coeficiente intelectual en los niños. Asimismo, otros estudios, como el llevado a cabo por Tong *et al.* (2017) han señalado que la exposición al plomo se asocia con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares en adultos.

- **Mercurio**

El mercurio es otro ejemplo de elemento tóxico para la salud humana. Este metal pesado se puede encontrar en diversas fuentes, como alimentos contaminados y productos de cuidado personal. La exposición al mercurio ha sido relacionada con problemas neurológicos en niños, como trastornos del desarrollo y retraso cognitivo. Un estudio de Torres *et al.* (2015) encontró que la exposición prenatal al mercurio se asociaba con alteraciones en la función cognitiva y la conducta de los niños. Además, la exposición al mercurio también se ha relacionado con enfermedades cardiovasculares en adultos (Mozaffarian *et al.*, 2015).

- **Cadmio**

El cadmio es un metal tóxico que se encuentra en el medio ambiente como resultado de actividades industriales, especialmente la producción de baterías y textiles. La exposición al cadmio se ha relacionado con enfermedades respiratorias, como la bronquitis crónica y el enfisema. Un estudio de Chen *et al.* (2016) encontró que los trabajadores expuestos a cadmio tenían un mayor riesgo de desarrollar enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Además, la exposición al cadmio también se ha asociado con la aparición de cáncer de pulmón (Gallagher *et al.*, 2017).

- **Arsénico**

El arsénico es un elemento tóxico que se encuentra naturalmente en el agua subterránea y puede ser absorbido por los cultivos, llegando así a la cadena alimentaria humana. La exposición crónica al arsénico se ha relacionado con el desarrollo de cáncer de piel, pulmón, vejiga y riñón. Según un estudio de Naujokas *et al.* (2018) la exposición al arsénico en el agua potable ha sido identificada como una causa importante de cáncer de vejiga en varias regiones del mundo. Además, la exposición al arsénico también puede causar daño neurológico, como deficiencias cognitivas y trastornos del desarrollo (Rahman *et al.*, 2016).

2.3.2. Consecuencias para la Salud Humana del Consumo de Elementos Tóxicos

El consumo de elementos tóxicos por parte de los seres humanos representa una preocupación creciente debido a las posibles consecuencias negativas que puede tener en la salud. Estos elementos tóxicos incluyen sustancias químicas presentes en alimentos, agua, aire, productos de consumo y en el entorno en general.

Los elementos tóxicos se definen como sustancias químicas que pueden causar daño a los organismos vivos, incluyendo los seres humanos. Estas sustancias pueden ser presentes naturalmente en el medio ambiente o resultar de actividades humanas, como la producción industrial o la contaminación ambiental. Los elementos tóxicos más comunes incluyen metales pesados como el plomo, mercurio y arsénico, así como algunos compuestos orgánicos, como los pesticidas y los contaminantes químicos industriales (Wang *et al.*, 2015).

Existen diversas vías a través de las cuales los seres humanos pueden estar expuestos y absorber elementos tóxicos. Estas incluyen la inhalación de contaminantes presentes en el aire, la ingestión de alimentos y agua contaminados, y el contacto directo con productos químicos a través de la piel. Estas vías de exposición pueden variar dependiendo de la naturaleza y la fuente de los elementos tóxicos.

El consumo de elementos tóxicos puede tener una amplia gama de efectos en la salud humana. Estos efectos pueden ser inmediatos o a largo plazo, y pueden variar en

severidad dependiendo de la dosis y la duración de la exposición. Algunos de los efectos más comunes incluyen daño en órganos y sistemas específicos, alteraciones en el desarrollo y crecimiento, trastornos neurológicos y disfunciones del sistema inmunológico. Además, la exposición crónica a elementos tóxicos también puede estar asociada con un mayor riesgo de enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y trastornos reproductivos (Montero-Camacho *et al.*, 2017).

La investigación científica realizada en los últimos años ha proporcionado evidencias importantes sobre las consecuencias para la salud del consumo de elementos tóxicos. Un estudio realizado por Wang *et al.* (2015) encontró una asociación estadísticamente significativa entre la exposición a metales pesados como el plomo y el arsénico, y un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares. Además, un metaanálisis reciente llevado a cabo por Montero-Camacho *et al.* (2017) encontró una asociación positiva entre la exposición a pesticidas y el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas.

Capítulo 3.

Metodología

En este capítulo, se describe el diseño metodológico que se siguió al realizar la investigación, este juega un papel fundamental en el desarrollo de un estudio riguroso y confiable. La metodología hace referencia a las estrategias y técnicas que se utilizan para recolectar, analizar e interpretar los datos, así como para demostrar la validez y confiabilidad de los resultados.

3.1. Ubicación del Estudio

Esta investigación se llevó a cabo en las instalaciones de los Laboratorios de Química y Biología de la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), ubicada en la Avenida Universitaria No. 100, Cotuí, provincia Sánchez Ramírez; además del Laboratorio Ambiental y Energético (LAMENER) y el Laboratorio de Protección Vegetal de la Universidad ISA (UNISA).

3.2. Material Vegetal

Para esta investigación, como material vegetal se utilizaron naranjas dulces (*C. sinensis*), estas fueron recolectadas de una plantación del Distrito Municipal de Zambrana.

3.3. Materiales, Equipos y Reactivos

Para la realización del experimento y la medición de las variables, fueron utilizados diferentes materiales, equipos y reactivos, entre los que se pueden mencionar: sacos de nylon, probeta, matraz de Erlenmeyer, etanol, agitador, tamices, frascos oscuros, triyoduro, yoduro de potasio, solución de Fehling, solución de Benedict, refractómetro, entre otros.

3.4. Diseño, Enfoque y Tipo de Estudio

Esta investigación se corresponde con un diseño no experimental de corte transversal, esto es porque no se realizó la manipulación deliberada de variables, además las mediciones fueron realizadas en un único momento (Hernández y Mendoza, 2018). El enfoque es de carácter cuantitativo, este se enfoca en comprender y profundizar los fenómenos, explotándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con el contexto (Hernández y Mendoza, 2018). Además, el tipo de estudio es descriptivo-correlacional, pues pretende especificar propiedades y características importantes sobre el uso de fertilizantes químicos en la producción de naranjas dulces (*C. sinensis*) así como la correlación entre las variables presentes en el estudio.

3.5. Población y Muestra

El Distrito municipal de Zambrana en la actualidad tiene una superficie de tierras cultivables y ganaderas de más de 219,455 tareas; de las cuales 8,592 tareas son dedicadas a la producción de naranjas dulces (*C. sinensis*). Fue utilizado como muestra una plantación local de naranjas dulces (*C. sinensis*), con una selección de 20 frutas de 5 zonas (primer cuadrante, segundo cuadrante, tercer cuadrante, cuarto cuadrante y la zona céntrica) de la plantación, luego fue aplicado un cuestionario a 25 habitantes de la zona para evaluar los efectos que ha podido haber provocado el consumo de las frutas a los moradores.

3.6. Manejo del Experimento

En este apartado es abordada la descripción de los procesos de recolección del material vegetal y la posterior obtención del extracto, mismo que fue utilizado para la determinación de algunas de las propiedades que fueron evaluadas durante el estudio.

3.6.1. Recolección del Material Vegetal

Las naranjas dulces (*C. sinensis*) fueron recolectadas en horarios de 7:00 a 9:00 de la mañana y de 4:00 a 6:00 de la tarde. Cuando fueron recogidas, se colocaron en

pequeños sacos, esto para que estuvieran ventiladas, además se procuró que se encontraran en buen estado.

3.6.2. Obtención del Extracto

Para la elaboración del extracto de naranja dulce (*C. sinensis*), fue utilizado el método de maceración mecánica propuesto por Burga y Lara (2016):

- Se pesaron 500 gramos de pulpa de naranja, como muestra.
- Se cortó en trozos pequeños y fue colocada en un matraz de un litro, conteniendo 500 mL del disolvente de extracción, en este caso etanol al 70 %.
- Se procedió al proceso de maceración.
- El contenido se dejó en agitación suave (100 RPM) por espacio de 3 horas, esto para permitir que el tejido liberara todos sus compuestos en el disolvente de extracción.
- El contenido final se filtró con tamices de la serie ASTM con mayas de 20, 40 y 60 μm .
- El producto final fue almacenado en recipientes color oscuro y en ambiente refrigerado a 5 °C para una mejor conservación.

3.7. Indicadores para Evaluar

En este apartado son presentados los diversos indicadores, correspondientes a los objetivos específicos, que fueron evaluados durante el desarrollo de este estudio. Los indicadores son presentados por objetivo específico, esto con la finalidad de que el lector tenga una idea más clara sobre la pertinencia de los mismos.

3.7.1. Indicadores para Evaluar el Primer Objetivo Específico

Tipo de fertilizante químico utilizado. El tipo de fertilizante químico utilizado puede variar dependiendo de las necesidades específicas de cada planta y del tipo de suelo en el que se encuentra. Para su evaluación, fueron inspeccionados los datos presentes en los sacos de los fertilizantes. Estos datos fueron recolectados en una ficha de observación.

Cantidad de fertilizante aplicado por hectárea. Se refiere a la cantidad de nutrientes adicionales que se añaden al suelo para mejorar la calidad y fertilidad de la tierra. Para su evaluación, se realizó una entrevista a los encargados de las fincas de naranja dulce (*C. sinensis*) bajo estudio.

Nivel de nutrientes contenido en el fertilizante usado. Se refiere a la cantidad de elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas presentes en dicho fertilizante. Para su evaluación, fueron inspeccionados los datos presentes en los sacos de los fertilizantes. Estos datos fueron recolectados en una ficha de observación.

Frecuencia de aplicación del fertilizante durante el ciclo de cultivo. Se refiere a la cantidad de veces que se aplica dicho fertilizante durante el periodo de crecimiento de las plantas. Para su evaluación, se realizó una entrevista a los encargados de las fincas de naranja dulce (*C. sinensis*) bajo estudio.

Nivel de toxicidad del fertilizante para el suelo y el medioambiente. Se refiere a la capacidad que tiene este producto para causar daño o contaminación en el suelo y el medioambiente. Para su evaluación, fueron inspeccionados los datos presentes en los sacos de los fertilizantes. Estos datos fueron recolectados en una ficha de observación.

3.7.2. Indicadores para Evaluar el Segundo Objetivo Específico

Contenido de vitamina C. Se refiere a la cantidad de esta vitamina presente en la naranja dulce. Para la determinación del contenido de vitamina C, fue seguido el método de iodométrico, descrito por Fang (2017):

El método de determinación iodométrica se basa en la oxidación de la vitamina C con I_3^- (triioduro) en presencia de almidón (indicador). El yodo forma un complejo azul con el almidón, al reaccionar el I_2 con la vitamina C se observa una disminución en la intensidad del color en la disolución.

Cuando el yodo se disuelve en una disolución de yoduro de potasio, se forman iones polinucleares I_3^- que se introducen en la hélice de amilosa formando un complejo

coloreado (azul-negro). Al reaccionar el complejo yodo-amilosa con ácido ascórbico, la disolución indicadora pierde el color. Esto se debe a que ácido ascórbico (vitamina C) es oxidado por un oxidante suave como la disolución de yodo para dar lugar a ácido dehidroascórbico y a iones yoduro.

Cuanto menor es la intensidad del color, significa que mayor será el contenido de vitamina C. Se preparan distintos patrones de vitamina C en un intervalo de concentración a los que se le añade la misma cantidad de I_3^- y almidón. La muestra a analizar se prepara de igual forma que los patrones y se compara la intensidad del color con la de los patrones, determinando su concentración de forma aproximada (determinación semicuantitativa).

Contenido de azúcar. Se refiere a la cantidad de azúcar presente en un alimento o bebida. El contenido de azúcar será determinado por refractometría, para ello fueron tomadas muestras de jugo de naranja dulce (*C. sinensis*), se colocaron cinco (5) gotas en el lente del refractómetro, se puso a contraluz y se registró el valor emitido por el refractómetro.

Contenido de carbohidratos. Se refiere a la cantidad total de carbohidratos presentes en un alimento, producto o preparación. Para determinar el contenido de carbohidratos, fue utilizado el método de titulación, descrito por González y García (2011):

Este se basa en la reacción de reducción de los azúcares con una solución de reactivo conocido, utilizando una titulación indirecta para medir la cantidad de reactivo utilizado y, por lo tanto, la cantidad de carbohidratos presentes.

En este método de titulación, se utiliza un reactivo oxidante, como la solución de Fehling o la solución de Benedict, que reacciona con los azúcares reduciéndolos y formando un precipitado de óxido de cobre (I) insoluble. La cantidad de precipitado formado es proporcional a la cantidad de azúcares presentes en la muestra.

La titulación se lleva a cabo añadiendo gradualmente la solución de reactivo oxidante a la muestra de carbohidratos bajo condiciones específicas de temperatura y

pH. A medida que se añade el reactivo, se produce una reacción de óxido-reducción con los azúcares, y el precipitado de óxido de cobre (I) comienza a formarse.

La titulación se considera completa cuando el precipitado de óxido de cobre (I) deja de formarse y el reactivo oxidante no provoca más cambios visibles. En este punto, se registra el volumen de reactivo oxidante utilizado, el cual es proporcional a la cantidad de azúcares presentes en la muestra.

Para calcular la cantidad de carbohidratos en la muestra, se utiliza una fórmula que relaciona el volumen de reactivo oxidante utilizado con la concentración de carbohidratos. Esta fórmula puede variar dependiendo del reactivo y las condiciones de la titulación utilizadas.

Contenido de flavonoides: Sustancias que protegen al organismo del daño causado por diferentes agentes oxidantes. Para la identificación de flavonoides, se utilizó el método del reactivo de shinoda, descrito por Robles (2016):

A 1 mL del extracto etanólico y metanólico se agregó 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 indicará la presencia de flavonoides.

Contenido de fenoles: estos son compuestos aromáticos que contienen el grupo funcional hidroxilo. Para la identificación de fenoles se realizó una prueba colorimétrica descrita por Robles *et al.* (2016):

Para ello se utilizará el método de cloruro férrico (FeCl_3) para su identificación. Un cambio de color a azul oscuro indica la presencia de fenoles o taninos pirogálicos (hidrosolubles). Si el cambio es a verde oscuro indica la presencia de fenoles o taninos de tipo catecol (flavonoides o taninos condensados).

Contenido de Nitrógeno (N) total: el Nitrógeno (N) es un elemento esencial para las plantas, pues desempeña funciones como componente de proteínas, síntesis de

clorofila, crecimiento y desarrollo, metabolismo de carbohidratos y lípidos, defensa contra enfermedades y estrés, entre otras. Su determinación se realizó por el Método Espectrofotométrico Basado en Método 955.04

Fundamento

El método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibiendo en ácido bórico formándose borato de amonio que se valora con ácido clorhídrico.

Reactivos, insumos y equipos

Tubos de digestión y destilación Kjeldahl y matraces Erlenmeyer; probetas; H_2SO_4 concentrado (densidad: 1.84 a 20°C); NaOH al 38% (v/v); solución de H_3BO_3 al 4% (p/v); HCl 0.1N; Catalizador: mezcla de $\text{Se}/\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}/4\text{K}_2\text{SO}_4$, en proporciones de 1/1.25/14.42 (p/p/p), respectivamente o pastillas catalizadoras Kjeldahl; indicador mixto: 2 g de rojo de metilo y 1 g de azul de metileno disueltos en 1000 mL de alcohol etílico del 96%.

Procedimiento

- Se pesan en un tubo de digestión Kjeldahl entre 0.5 a 5 g de alimento, dependiendo de si es un alimento con alto contenido en humedad, a la cual se le adicionan 7 g de mezcla catalítica o una pastilla catalizadora, y 15 mL de ácido sulfúrico concentrado.
- Los tubos se colocan a continuación en un bloque calefactor, realizando una digestión en etapas y elevando poco a poco la temperatura, hasta alcanzar los 450°C , temperatura a la que debe mantener durante un tiempo mínimo de 45, hasta obtener una solución completamente transparente que puede tener una coloración verdosa.
- Una vez que los tubos se colocan en la unidad de digestión se coloca el extractor de gases conectado a una unidad de neutralización.

- Una vez completada la digestión se deja enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente, para pasar a la fase de destilación.
- El destilador se debe calentar previamente con un tubo en vacío o con un poco de agua destilada para que se produzca de modo adecuado la destilación de las muestras.
- Prepara un matraz Erlenmeyer con 25 ml de solución de ácido bórico y 3-4 gotas del indicador.
- Posteriormente se lleva el tubo con la muestra digerida a la unidad de destilación, neutralizando inicialmente la muestra con NaOH al 38% (que se dosifica automáticamente) y se destila la mezcla, arrastrando así los iones amonio hacia una solución de ácido bórico al 4% (p/v) que inicialmente es de color rojizo y que al recoger los iones amonio vira a color verde, como consecuencia del cambio de pH. El proceso finaliza cuando se obtienen aproximadamente 150 mL de destilado.
- Posteriormente se procede a realizar una valoración del destilado con HCl 0.1N, para determinar la cantidad de amoniaco absorbido por el ácido bórico.

Cálculo de resultados

El cálculo de resultados se determina según la siguiente ecuación:

$$NT = \frac{(V2 - V1) * N}{P} * 1.4$$

Donde:

NT: Nitrógeno Total (%)

V1: Volumen de la solución de HCL requerido para la prueba del blanco (mL)

V2: Volumen de solución de HCL requerido para la muestra problema (mL)

N: Normalidad de la solución de HCl utilizado (N)

P: Peso de la muestra (g)

Contenido de Fósforo (P) total: el Fósforo (P) es un elemento esencial para el crecimiento de desarrollo de las plantas. Cumple funciones importantes en el metabolismo como la fotosíntesis; respiración; metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas; formación de raíces y crecimiento; floración y fructificación; resistencia a enfermedades y estrés; entre otras. Su determinación se realizó por el Método Espectrofotométrico del Molibdato de Amonio (Basado en Método Colorimétrico AOAC 995.11).

Fundamento

El producto se seca con cenizas para eliminar el material orgánico. El método se basa en la formación de un complejo coloreado de fosfomolibdato $[(\text{MoO}_2 \cdot 4\text{MoO}_3) 2\text{H}_3\text{PO}_4]$ que en presencia de ácido ascórbico se reduce a azul y cuya absorbancia se lee a una longitud de onda de $823 \pm 1 \text{ nm}$.

Reactivos

Todos los reactivos deben ser de grado analítico y deben prepararse con H_2O destilada.

- a) Ácido clorhídrico. Concentrado, 12M.
- b) Óxido de zinc.
- c) Solución de hidróxido de potasio. -50% (p/v). Disolver 50 g KOH en 50 mL de H_2O .
- d) Ácido sulfúrico (H_2SO_4). Concentrado, 18M.
- e) Solución de molibdato de sodio ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). – Cuidadosamente mezcle 140 mL H_2SO_4 , (d), con 300 mL H_2O en 500 mL volumétrica matraz. Enfriar a temperatura ambiente y agregar 12.5 g de $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Diluir a volumen con H_2O . Mezclar bien.
- f) Solución de ácido ascórbico. Disuelva 5 g de ácido ascórbico en H_2O en Matraz volumétrico de 100 mL. Diluir a volumen con H_2O . Mezclar bien. Prepare la solución el día de su uso.

g) Molibdato- solución de ácido ascórbico. Inmediatamente antes de su uso. Agregar 25 volúmenes de solución de Na_2MoO_4 , (e), a 10 volúmenes de ácido ascórbico solución ácida, (f), y diluir con H_2O a 100 volúmenes en un matraz volumétrico. Mezclar bien.

h) Solución estándar madre de fósforo. 1.0 mg P/mL. Seco KH_2PO_4 2 horas a 101°C . Disolver 1.0967 g de KH_2PO_4 seco en H_2O en Matraz volumétrico de 250 mL. Diluir al volumen con H_2O y mezclar bien.

i) Solución estándar de trabajo de fósforo. – 0.01 mg P/mL. Transferir 5.00 mL de solución estándar madre de P, (h), a un matraz volumétrico de 500 mL y diluir al volumen con H_2O . Mezclar bien.

j) Soluciones de fósforo para la curva estándar. 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 y 0.06 mg de P. Utilizando una pipeta, transfiera exactamente 0, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00 y 6.00 mL de P solución estándar de trabajo, (i), en matraces volumétricos separados de 50 mL. Diluya las soluciones con H_2O hasta aproximadamente 15 mL. (Nota: almacene las soluciones estándar de P, (h)– (j), a aproximadamente 5°C para minimizar el riesgo de crecimiento microbiano. Deseche las soluciones si se produce neblina o turbidez).

Equipos e insumos

La cristalería y los crisoles deben limpiarse con detergentes sin P.

a) Espectrofotómetro. Operando a 823 ± 1 nm.

b) Cubetas de 1 cm de longitud de paso o 2.5 cm de flujo continuo.

c) Balanza analítica con precisión de 0.1 mg.

d) Crisoles de Cuarzo, ca 50 mL.

e) Matraces volumétricos de 10, 50, 100 y 500 mL.

f) Horno de mufla

Preparación de prueba solución

- Pese con precisión 0.5–1.5 g (± 1 mg) de porción de prueba homogénea en el crisol.
- Para controlar la posible contaminación, prepare el blanco de reactivo incluyendo un crisol vacío en la ejecución analítica. Trate el blanco de reactivo de la misma manera que la porción de prueba.
- Añadir 0.5 g de ZnO en el crisol y mezclar con una varilla de vidrio; Deje la varilla de vidrio en el crisol. Seque 1–2 h a unos 110 °C. Pre-incinere la placa caliente hasta que el residuo sea negro. (Nota: No se necesita secado ni pre-incineración si el horno utilizado en el siguiente paso está equipado con un regulador de tiempo y temperatura).
- Coloque el crisol en el horno de mufla a temperatura ambiente y deje que la temperatura suba a 525°C. Mantener esta temperatura 4 h o toda la noche.
- Cuando utilice un horno equipado con un regulador de tiempo y temperatura, use un aumento inicial lento de la temperatura para evitar el riesgo de salpicaduras de productos líquidos.
- Retirar el crisol del horno y dejar enfriar a temperatura ambiente. Al crisol frío, agregue 5 mL de H₂O y 5 mL de HCl. Cubra el crisol con vidrio de reloj y hierva el contenido con cuidado durante 5 minutos en una placa caliente.
- Filtrar el contenido del crisol en un matraz aforado de 100 mL. Enjuague el crisol y la superficie interna del vidrio de reloj con 5 mL de H₂O caliente. Repita el enjuague 4 veces con 5 mL de H₂O caliente y transfiera todos los enjuagues a través del filtro al matraz volumétrico.
- Enfríe el matraz a temperatura ambiente y neutralice la solución agregando solución de KOH al 50 % hasta que la solución sea ligeramente opalescente [Zn(OH)₂].
- Añadir gota a gota HCl hasta que desaparezca la opalescencia. Agregue 2 gotas adicionales de HCl. Deje que la solución se enfríe a temperatura ambiente y luego diluya a 100 mL con H₂O.

- Según el contenido esperado de P, pipetee con precisión 1.00–10.0 ml de solución tratada en un matraz aforado de 50 mL. Diluir a 15 mL con H₂O. Agregue 20 mL de solución de molibdato y ácido ascórbico a la solución de prueba en un matraz de 50 mL y también a las soluciones estándar de fósforo, C (j). Agitar el contenido con cuidado.
- Coloque los matraces en la canasta de metal. Cierre cada matraz con un tapón, insertando una tira estrecha de papel de filtro en el tapón para que el matraz no quede demasiado cerrado. Coloque el alambre de plomo o la tuerca de acero inoxidable en el matraz como un peso. Sumerja la cesta de metal en un baño de agua hirviendo vigorosamente. Mantener los matraces al baño maría exactamente 15 min. Enfríe los matraces con H₂O del grifo a 20–30 °C y luego diluya el contenido a 50 mL con H₂O desionizada y mezcle.

Determinación

- Transfiera soluciones de D a cubetas de 1 cm o celda de flujo. Medida absorbancia de cada solución frente al blanco de reactivo a 823 ± 1 nm.
- La medición debe realizarse dentro de 1 h después de la reacción de color.
- Construya la curva estándar trazando las absorbancias frente a las cantidades de P en las soluciones estándar de P (0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 y 0.06 mg de P). Si la absorbancia del analito supera la absorbancia de 0.06 mg P, repita la reacción de color, utilizando un volumen menor de solución tratada.

Cálculo de resultados

Calcular el contenido de P como P en la porción de prueba (g/100 g) de la siguiente manera:

$$PT = 100 * \frac{\left(\frac{V1}{V2}\right)}{W} * P$$

Donde:

PT: Concentración de fósforo (g/100g)

V1: volumen de solución utilizada en la reacción de color (mL)

V2: volumen del matraz volumétrico que contiene la porción de prueba de cenizas (100 mL)

P: cantidad de P de la curva estándar correspondiente a la absorbancia del analito (mg)

W: peso de la porción de prueba (mg)

Contenido de Potasio (K) total: el Potasio (K) es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, desempeña funciones importantes como la regulación del equilibrio de agua, transporte de nutrientes, participación en la fotosíntesis, mejoramiento de la resistencia al estrés, mejora de la calidad de las frutas y verduras, entre otras. Su determinación se realizó por el Método Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama AOAC 985.35

Fundamento

Se basa en la destrucción de la materia orgánica por vía seca hasta lograr la digestión del alimento para posteriormente solvatar los residuos con ácido nítrico diluido para la posterior determinación del o los analitos por Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama.

Materiales

- Cisoles de porcelana con tapa.
- Matraz aforado 25, 50, 100 mL. Clase A.
- Matraz aforado 1 L, Clase A.
- Pipeta aforada 5 mL, 10 mL y 50 mL, Clase A/AS.
- Probeta graduada de 100 mL, 1000 mL y 2000 mL, Clase TD/EX.
- Micropipetas de 20, 200, 1000, 5000LL.
- Puntas para pipetas automáticas de 20, 200, 1000 y 5000 LL.
- Envase plástico transparente de 60 y 250 mL.
- Envase de vidrio ámbar de 1 L.

- Elementos de protección personal (EPP).
- Material usual de laboratorio: Papel secante, lápices marcadores de vidrio, lápices, etc.

Equipos

- Balanza analítica. 0.1 mg.
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica Thermo M series.
- Lámparas de cátodo hueco de Sodio (Na) y Potasio (K). Calcio (Ca) compatible con equipo EAA.
- Mufla con rango de temperatura 100-1000 °C +/- 10°C.
- Placa calefactora.
- Campana extractora de gases

Reactivos

- Solución estándar stock comercial de Sodio 1000 mg/L, certificada.
- Solución estándar stock comercial de Potasio. 1000 mg/L. certificada.
- Solución estándar stock comercial de Calcio, 1000 mg/L. certificada.
- Solución estándar stock comercial de multielementos de metales. 100 mg/L, certificada (Opcional para la preparación de los estándares)
- Gases calidad AAS: Acetileno 99.99%, Óxido nitroso 99.99%.
- Agua grado desionizada, tipo I.
- Ácido nítrico (HNO₃) 65% 14 N Suprapure.
- Ácido clorhídrico (HCl) 37%. p.a.
- Óxido de lantano (La₂O₃).
- Cloruro de Cesio (CsCl).
- Agua desionizada
- Solución de cloruro de lantano (LaCl₃. 1% p/v): Pesar 11,7 g (+/- 100mg) de La₂O₃ y llevar a un matraz aforado de 1 L, agregar un poco de agua grado desionizada para disolver el polvo, agregar bajo campana lentamente 50 mL de HCl 37% (Precaución: ¡Reacción exotérmica!). Agitar suavemente, hasta

disolver todo el reactivo y luego aforar con agua grado desionizada. Estable 6 meses a temperatura ambiente.

- Solución de cloruro de cesio CsCl, 10%(p/v): Pesar 12.7 g de CsCl y transferir a matraz aforado de 100 mL diluir y aforar. La solución es estable en refrigeración a lo menos 6 meses después de su preparación.
- Solución de Lavado para eliminación de trazas metálicas en el proceso de lavado de material (Solución de HNO₃ al 20%): En un contenedor de plástico para lavar material, agregar 1540 mL de HNO₃ 65 %, luego verter agitando lentamente al contenedor con el agua grado reactivo y mezclar suavemente 3460 mL de agua con tina probeta (Concentración Final de HNO₃ 20%). Nota: es posible utilizar alternativamente una solución de HNO₃ al 6.5% ó HNO₃ al 10% para el lavado de material.
- Solución de ácido nítrico 1 M: en un matraz de 1 L agregar unos 200 mL de agua grado desionizada, luego medir 71.5 mL de HNO₃ 65% 14 N y agregar bajo campana lentamente al matraz (Precaución: ¡Reacción exotérmica!), aforar con agua grado desionizada y agitar. Almacenar en frasco vidrio o plástico ámbar. Duración 6 meses a temperatura ambiente.

Preparación del material de laboratorio

- Crisoles: después de realizar el lavado con agua destilada, sumergir los crisoles y sus respectivas tapas entre 8-12 h en solución de HNO₃ 20% v/v, luego, enjuagar 3 veces con agua desionizada. Dejar enfriar y llevar a desecador por 2 h.
- Material de vidrio: Después de realizar el lavado con agua destilada, sumergir el material entre 8-12 h en solución de HNO₃ 20% v/v, luego, enjuagar 3 veces con agua grado desionizada. Posteriormente secar a < 70°C.

Preparación de estándares y curva de calibración

1. Preparar a lo menos 3 soluciones de trabajo entre el rango de 0.2 a 2.00 mg/L del analito a determinar.

2. Tomar los volúmenes de las soluciones detalladas en la tabla correspondiente según analito a cuantificar, agitar y llevar a matraces de 100 mL aforar con HNO_3 1M.
3. Agitar para homogeneizar bien. (Ver curvas de calibración en anexos 1 y 2).
4. Las soluciones están listas para leer, el resto de la solución se puede llevar a un envase plástico, cerrar, etiquetar y almacenar. Estas soluciones son estables en refrigeración aproximadamente 6 meses.

Digestión de la muestra

1. Moler y homogeneizar la muestra.
2. Para tratamiento en Mufla: Pesar en un crisol entre ± 1 a ± 3 g de muestra dependiendo de la concentración esperada del o los analitos. Registrar el peso.
3. Colocar el crisol con la muestra sin tapar en placa calefactora, estufa o mufla a 100°C por 30 minutos.
4. Colocar el crisol con la muestra tapado en mufla a 525°C por un periodo de 3 a 5 h (< 8 h.), hasta obtener cenizas blancas y proceder de acuerdo con el punto 5. De obtenerse cenizas grises dejar enfriar y agregar al crisol de 0.5 a 3 mL aproximadamente de HNO_3 65%, colocar el crisol destapado en placa calefactora a unos 100°C hasta evaporar. (Realizar procedimiento bajo campana extractora de gases). Luego llevar nuevamente mufla a 525°C por 1 a 2 h hasta obtener cenizas blancas.
5. Digerir las cenizas blancas contenidas en el crisol con 5 mL de HNO_3 1 M en placa calefactor calentando de 3 a 5 minutos, cuantitativamente llevar el licor de cenizas a un matraz aforado de 25 mL, a través de lavados sucesivos con porciones de alrededor de 3 mL de HNO_3 1 M. Agregar al matraz: a) para determinación de Calcio: 2.5 mL de LaCl_3 , 1% b) para determinación de Sodio y Potasio 1.25 mL de cloruro de Cesio al 10% y luego aforar con HNO_3 1M (pueden agregarse juntos) La solución está lista para ser cuantificada. De ser necesario, diluir con HNO_3 1M para ajustar en el rango lineal.

Medición por Espectrofotómetro de Absorción Atómica

1. Ajustar las condiciones de absorción atómica para el analito a determinar, de acuerdo a la siguiente tabla (Para equipos Thermo M series) (Ver anexo 3).
2. Realizar la puesta a punto y optimización de las condiciones del espectrofotómetro (ajuste de quemador y lámpara) para el metal a determinar siguiendo las indicaciones del manual o instructivo del fabricante del equipo utilizado.
3. Ajustar el equipo con el control del blanco aspirando por el capilar del quemador y hacer auto cero. Ajustar la sensibilidad con concentración de estándar referencial indicado en el manual del equipo para lograr la máxima sensibilidad.
4. Aspirar las soluciones estándares de la curva de calibración en orden creciente por el capilar del quemador y leer en E.A.A. Para realizar la calibración se deben usar a lo menos 3 estándares y un blanco. El coeficiente de correlación de la curva de regresión lineal ó cuadrática debe ser $= 0.99$.
5. Aceptar curva de calibración. Aspirar un material de referencia control o una solución control del analito a analizar. Verificar que se encuentra dentro del rango de aceptabilidad.
6. Proceder a realizar la cuantificación de las muestras en el EAA.
7. Las lecturas son obtenidas por interpolación desde la curva de calibración y están expresados en mg/L del analito correspondiente
8. En caso, de que el valor este fuera de rango del máximo de la curva de calibración, realice una dilución y registre el valor del factor de dilución (F.D.) aplicado.

Interpretación, cálculos, expresión e informe de los resultados

Para calcular la concentración de metal presente en la muestra en mg/kg, aplique la siguiente fórmula:

$$C = \frac{L * 25 * F.D}{P}$$

Donde:

C: Concentración del analito (ppm; mg/kg)

L: Lectura de la concentración (mg/L) obtenida por la interpolación de la curva de calibración.

FD: Factor de dilución. En caso de no realizar ninguna dilución, es igual a 1.

P: peso de la muestra (g)

Los resultados obtenidos se expresan en muestras sólidas mg/Kg o en muestras líquidas mg/L. También es posible informar en mg/100 g ó mg/L (se divide el resultado obtenido en dividido por 10)

3.7.3. Indicadores para Evaluar el Tercer Objetivo Específico

Concentración de fertilizante químico aplicado. Se refiere a la cantidad de nutrientes presentes en una solución o mezcla aplicada a un suelo, planta o cultivo en particular. Para su evaluación, fueron inspeccionados los datos presentes en los sacos de los fertilizantes. Estos datos fueron recolectados en una ficha de observación.

Método de aplicación del fertilizante químico. Es la técnica utilizada en la agricultura para suministrar nutrientes a las plantas de manera eficiente. Para su evaluación, se realizó una entrevista a los encargados de las fincas de naranja dulce (*C. sinensis*) bajo estudio.

Duración de la exposición al fertilizante químico. Se refiere al período de tiempo en el que la planta está expuesta a los componentes químicos presentes en el fertilizante. Para su evaluación, se realizó una investigación documental con respecto al tiempo de vida que presentan los elementos y/o componentes químicos presentes en el o los fertilizantes utilizados.

Análisis de los niveles de residuos químicos en las naranjas dulces. Es un proceso realizado para determinar la presencia y concentración de sustancias químicas en estas frutas. Para su análisis, fueron llevadas muestras de naranja dulce (*C. sinensis*) al laboratorio para verificar la presencia o ausencia de los elementos que componen los fertilizantes utilizados.

Vías de exposición de los residuos químicos en la salud humana. Se refieren a las diferentes formas en las que una persona puede entrar en contacto con estos residuos y potencialmente verse afectada por ellos. Para su evaluación, se realizó una encuesta a personas de zonas aledañas que consuman naranja dulce (*C. sinensis*) provenientes de las plantaciones bajo estudio.

Salud humana. Es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de enfermedad o dolencia. Para su evaluación, se realizó una encuesta a personas de zonas aledañas que consuman naranja dulce (*C. sinensis*) provenientes de las plantaciones bajo estudio.

3.7.4. Indicadores para Evaluar el Cuarto Objetivo Específico

Consumo de naranjas dulces. Se refiere a la ingesta de estas frutas cítricas, conocidas por su sabor dulce y jugoso. Para su evaluación, se realizó una encuesta a personas de zonas aledañas que consuman naranja dulce (*C. sinensis*) provenientes de las plantaciones bajo estudio.

Aumento de enfermedades. Se refiere a un incremento en la cantidad de personas que padecen diferentes tipos de enfermedades en una determinada población o en un contexto específico. Para su evaluación, se realizó una encuesta a personas de zonas aledañas que consuman naranja dulce (*C. sinensis*) provenientes de las plantaciones bajo estudio.

Porcentaje de enfermedades respiratorias. Se refiere a la proporción de personas que sufren de afecciones que afectan el sistema respiratorio en relación con la población total. Para su evaluación, se realizó una encuesta a personas de zonas

aledañas que consuman naranja dulce (*C. sinensis*) provenientes de las plantaciones bajo estudio.

Porcentaje de la población afectada. Es un término utilizado para definir la proporción de personas que se ven involucradas o impactadas por una determinada situación, condición o evento. Para su evaluación, se realizó una encuesta a personas de zonas aledañas que consuman naranja dulce (*C. sinensis*) provenientes de las plantaciones bajo estudio.

3.8. Análisis de los Resultados

Los datos obtenidos fueron procesados y analizados haciendo uso del programa Microsoft Excel, esto a partir de la elaboración de tablas y gráficos para la representación de los resultados. Posteriormente, estos resultados fueron comparados con los obtenidos por otros autores.

Capítulo 4.

Resultados y Discusión

En el presente apartado se muestran los resultados arrojados tras la finalización de las evaluaciones de los diversos indicadores correspondientes a los objetivos específicos. En el apartado Anexos se muestran los datos e imágenes relativas a los diferentes procesos.

4.1. Indicadores Evaluados del Primer Objetivo Específico

En este apartado son presentados los resultados relativos a los indicadores concernientes al objetivo específico número uno.

Cuadro 4.1

Tipo de fertilizante, cantidad de fertilizante, niveles de nutrientes en fertilizantes, frecuencia de aplicación y nivel de toxicidad del fertilizante.

Tipo de fertilizante químico utilizado	Cantidad de fertilizante aplicado por hectárea	Nivel de nutrientes contenido en el fertilizante usado	Frecuencia de aplicación del fertilizante durante el ciclo de cultivo	Nivel de toxicidad del fertilizante para el suelo y el medioambiente
16x16x16	20 kg	16 % N; 16 % P; 16 % K	Trimestral	Mínima
13.5-0-46.0		13.5 % N; 46 % K		
20-5-20		20 % N; 5 % P; 20 % K		
Gallinaza y estiércol		3 % N; 2 % P; 2 % K		

Como se muestra en el Cuadro 4.1, los tipos de fertilizantes químicos utilizados fueron 16x16x16; 13.5-0-46.0; 20-5-20; gallinaza y estiércol, en ese sentido los niveles

de nutrientes de dichos fertilizantes son 16 % N, 16 % P, 16 % K; 13.5 % N, 46 % K; 20 % N, 5 % P, 20 % K; 3 % N, 2 % P, 2 % K respectivamente; además la cantidad de fertilizante aplicado por hectárea es de 20 kg, con una frecuencia trimestral y niveles mínimos de toxicidad tanto para el suelo como para el medioambiente.

Los fertilizantes químicos utilizados en los cultivos de naranjas dulces son de vital importancia para garantizar un crecimiento saludable y una cosecha abundante. Los tres principales nutrientes que los fertilizantes químicos proporcionan a las naranjas dulces son el nitrógeno, el fósforo y el potasio.

El nitrógeno es esencial para el crecimiento de las hojas y los tallos, así como para la producción de proteínas y clorofila. Los fertilizantes químicos ricos en nitrógeno ayudan a promover el crecimiento vegetativo y el verde intenso de las hojas.

El fósforo es fundamental para el desarrollo de las raíces y las flores, así como para la formación de semillas y frutos. Los fertilizantes químicos con alto contenido de fósforo favorecen la floración y la producción de frutos en las naranjas dulces.

El potasio es necesario para el desarrollo de los frutos, así como para la resistencia a enfermedades y plagas. Los fertilizantes químicos con alto contenido de potasio aseguran la calidad y la sostenibilidad de la cosecha.

El uso de fertilizantes químicos en la producción de naranjas dulces ha aumentado en las últimas décadas debido a la creciente demanda y la necesidad de maximizar la producción. Sin embargo, este uso excesivo de fertilizantes químicos plantea preocupaciones sobre los efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana.

Los fertilizantes químicos contienen nutrientes vitales para el crecimiento de las plantas, pero cuando se utilizan en exceso, estos productos químicos pueden contaminar los suelos y las fuentes de agua subterránea. Los altos niveles de nitratos provenientes de los fertilizantes pueden llegar a los cursos de agua, lo que puede provocar la proliferación de algas y la muerte de la vida acuática.

Además, el uso excesivo de fertilizantes químicos puede tener impactos negativos en la salud humana. Estos productos químicos pueden acumularse en los alimentos, lo que puede plantear preocupaciones sobre la seguridad alimentaria y la posible exposición a sustancias tóxicas.

4.2. Indicadores Evaluados del Segundo Objetivo Específico

En este apartado son presentados los resultados relativos a los indicadores concernientes al objetivo específico número dos.

Cuadro 4.2

Contenido de vitamina C, azúcar, carbohidrato, flavonoides, fenoles, nitrógeno, fósforo y potasio.

Vitamina C	Azúcar	Carbohidratos	Flavonoides	Fenoles	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
El complejo coloreado (azul-negro) fue perdiendo su color.	11 %	19 %	La muestra presentó un burbujeo, pero no hubo cambio en la coloración	Hubo un cambio de color a azul oscuro	0.13 %	11.40 mg/100 g	2.83 mg/kg

Como se muestra en la Cuadro 4.2, en cuanto al contenido de Vitamina C, el complejo coloreado (azul-negro) que tomó la muestra al ser mezclada con el complejo de yodo, fue perdiendo su color, siendo esto un indicativo de la presencia de vitamina C en las muestras; el porcentaje del contenido de azúcar fue de 11 %; en cuanto al contenido de carbohidratos, presentaron un 19 %; para el análisis de flavonoides, la reacción mostró un burbujeo, pero sin cambio observable de color, esto podría deberse a la volatilidad característica de los flavonoides; para el contenido de fenoles, hubo un cambio de color a azul oscuro, esto indica la presencia de fenoles hidrosolubles; en

cuanto al contenido de nitrógeno el porcentaje fue del 0.13 %; el contenido de fósforo fue de 11.40 mg/100 g de muestra; y para el contenido de potasio fue de 2.83 mg/kg de muestra.

De acuerdo con Rodríguez-Anaya *et al.* (2015), el contenido promedio de vitamina C en 100 gramos de naranja dulce es de aproximadamente 53.2 mg. Además, el contenido de vitamina C en la pulpa de la naranja es ligeramente mayor que en la cáscara.

La vitamina C desempeña un papel fundamental en el sistema inmunológico, la producción de colágeno y la absorción de hierro. También actúa como un antioxidante, ayudando a proteger las células contra el daño de los radicales libres.

El contenido de azúcar en la naranja dulce puede variar según diferentes factores, como el grado de madurez de la fruta y las condiciones de crecimiento. Según un estudio realizado por el Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA) de Uruguay, la cantidad de azúcar en la naranja dulce puede variar entre un 8% y un 12% de su peso total. Esto corresponde a aproximadamente 8 a 12 gramos de azúcar por cada 100 gramos de naranja.

En otro estudio publicado en la revista "Food Chemistry", se encontró que el contenido de azúcar en la naranja dulce puede aumentar a medida que la fruta madura. Esto se debe a la acumulación de azúcares simples, como la fructosa y la glucosa, durante el proceso de maduración.

En términos de contenido de carbohidratos, la naranja dulce es una fuente significativa de energía. Según un estudio realizado por González *et al.* (2010), el contenido de carbohidratos en las naranjas dulces promedio es de alrededor del 11%.

Los carbohidratos presentes en la naranja dulce son principalmente azúcares, como la fructosa, glucosa y sacarosa. La mayoría de estos azúcares se encuentran en el jugo de la fruta, que constituye aproximadamente el 80% del peso total de la naranja dulce (Díaz *et al.*, 2008).

El consumo de naranjas dulces puede proporcionar una fuente natural de energía rápida debido a su contenido de carbohidratos. Además, los carbohidratos presentes en las naranjas dulces son de fácil digestión y se absorben rápidamente en el cuerpo.

El contenido de flavonoides en la naranja dulce ha sido objeto de muchos estudios debido a sus posibles beneficios para la salud. Según un estudio realizado por Chen *et al.* (2015), se encontró que la naranja dulce es una buena fuente de flavonoides, especialmente de hesperidina y narirutina. Estos compuestos son conocidos por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, lo que podría contribuir a la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares.

Además, la naranja dulce también contiene otros flavonoides como la naringina y la rutina, que han sido asociados con beneficios para la salud. Según un estudio realizado por Wu *et al.* (2018), la naringina puede ayudar a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares al disminuir la presión arterial y mejorar el perfil lipídico. Por otro lado, la rutina ha sido asociada con propiedades antiinflamatorias y neuroprotectoras.

Un estudio realizado por Smith *et al.* (2010) encontró que la naranja dulce contiene una variedad de fenoles, incluyendo ácido clorogénico, ácido cafeico, rutina y hesperidina. Estos compuestos se encuentran principalmente en la cáscara de la fruta y son responsables de sus propiedades antioxidantes.

Además, según una revisión de la literatura realizada por Rodríguez-Roque *et al.* (2015), la ingesta de fenoles de la naranja dulce puede tener efectos beneficiosos para la salud, como la reducción de la presión arterial y la mejora de la función vascular. Esto se debe a su capacidad para aumentar la producción de óxido nítrico, un compuesto que ayuda a dilatar los vasos sanguíneos y mejorar el flujo sanguíneo.

El contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en las naranjas dulces es esencial para el crecimiento y desarrollo saludable de esta fruta. Según un estudio realizado por Smith (2018), se encontró que el nitrógeno es uno de los elementos más importantes para el crecimiento y desarrollo de las naranjas dulces.

El fósforo, por otro lado, juega un papel fundamental en la formación y maduración de los frutos, según lo mencionado por Ahmed (2019). Este nutriente es necesario para la fotosíntesis y el metabolismo energético de la planta.

En cuanto al potasio, este mineral también desempeña un papel crucial en el desarrollo y calidad de las naranjas dulces. Según una investigación realizada por García-Sánchez (2017), este elemento está relacionado con la regulación de la turgencia celular, la respuesta al estrés y la calidad de la fruta.

4.3. Indicadores Evaluados del Tercer Objetivo Específico

En este apartado son presentados los resultados relativos a los indicadores concernientes al objetivo específico número tres.

Cuadro 4.3

Tipo de fertilizantes, concentración del fertilizante aplicado, método de aplicación, duración de la exposición al fertilizante, niveles de residuos químicos, vías de exposición de residuos químicos, salud humana.

Fertilizantes	Concentración del fertilizante químico aplicado	Método de aplicación del fertilizante químico	Duración de la exposición al fertilizante químico	Niveles de residuos químicos en las naranjas dulces	Vías de exposición de los residuos químicos en la salud humana	Salud humana
16x16x16	16 % N; 16 % P; 16 % K	Foliar y subsuperficial	4-6 semanas	N: 2.0-5.0 %; P: 0.12-	Inhalatoria, dérmica y oral	Enfermedades cardiovasculares, respiratorias,
13.5-0-46.0	13.5 % N; 46.0 % K					

20-5-20	20 % N; 5 % P; 20 % K			0.23 %;		infecciosas, renales, cáncer, del sistema nervioso, cardiovasculares, diabetes y del hígado
Gallinaza y estiércol	3 % N; 2 % P; 2 % K			K: 1.2-2.2 %		

Como se evidencia en el Cuadro 4.3, los tipos de fertilizantes utilizados fueron: 16x16x16; 13.5-0-46-0; 20-5-20; y gallinaza y estiércol; en cuanto a la concentración de los fertilizantes aplicados, estas fueron de: 16 % N, 16 % P, 16 % K; 13.5 % N, 46.0 % K; 20 % N, 5 % P, 20 % K; 3 % N, 2 % P y 2 % K respectivamente; en cuanto al método de aplicación se utilizó aplicación foliar y subsuperficial; la duración de la exposición al fertilizante químico osciló entre 4-6 semanas; los niveles de residuos químicos en las naranjas dulces fueron: N de 2.0 a 5.0 %, P de 0.12 a 0.23 % y K de 1.2 a 2.2 %; en lo concerniente a las vías de exposición de residuos químicos, las principales son inhalatoria, dérmica y oral; en cuanto a la salud humana, las principales enfermedades que se presentan son enfermedades cardiovasculares, respiratorias, infecciosas, renales, cáncer, del sistema nervioso, diabetes y del hígado.

La concentración de fertilizantes químicos usados en naranjas dulces es un tema que ha sido ampliamente estudiado por científicos e investigadores. Estos fertilizantes químicos se utilizan para mejorar el crecimiento y rendimiento de los cultivos, pero su mal uso puede tener consecuencias ambientales y para la salud humana.

Según un estudio realizado por Pérez *et al.* (2015), el uso excesivo de fertilizantes químicos puede provocar la contaminación del suelo y del agua, así como la degradación de los ecosistemas circundantes. Además, la aplicación indiscriminada de estos fertilizantes puede llevar a la acumulación de residuos químicos en los frutos de naranjas dulces, lo cual puede representar un riesgo para los consumidores.

Por otro lado, otro estudio realizado por García *et al.* (2018) confirma que una concentración adecuada de fertilizantes químicos en naranjas dulces puede mejorar el

crecimiento de la planta y aumentar la producción de frutos. Sin embargo, es fundamental realizar un monitoreo constante de los niveles de nutrientes en el suelo y ajustar la dosis de fertilizantes según las necesidades específicas de la planta.

Los residuos químicos en las naranjas dulces son una preocupación creciente para la salud pública y el medio ambiente. Estudios recientes han demostrado que este tipo de fruta puede contener niveles significativos de residuos de pesticidas y otros productos químicos utilizados en la agricultura. Por ejemplo, un estudio realizado por Rodríguez *et al.* (2019) encontró que las naranjas dulces obtenida de algunas regiones tenía residuos de hasta 10 pesticidas diferentes.

Estos residuos químicos pueden tener efectos adversos para la salud humana, especialmente cuando se consumen regularmente y en grandes cantidades. Según un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017), la exposición a residuos de pesticidas en alimentos puede estar relacionada con problemas neurológicos, malformaciones congénitas y trastornos endocrinos.

4.4. Indicadores Evaluados del Cuarto Objetivo Específico

En este apartado son presentados los resultados relativos a los indicadores concernientes al objetivo específico número cuatro.

Cuadro 4.4

Consumo de naranjas dulces, aumento de enfermedades, enfermedades respiratorias, población afectada.

Consumo de naranjas dulces		Aumento de enfermedades	Porcentaje de enfermedades respiratorias	Porcentaje de la población afectada
Si	No			
96 %	4 %	24 %	48 %	48 %

Como se evidencia en el Cuadro 4.4, el 96 % de las personas encuestadas consumen naranjas dulces; un 24 % afirma que luego del inicio de consumo de las

naranjas dulces han tenido aumento en las enfermedades; el 48 % de las personas encuestadas presentan algún tipo de enfermedad respiratoria; teniendo una población afectada del 48 %.

El aumento de enfermedades causadas por residuos químicos en las naranjas dulces es un tema preocupante en la actualidad. Estos residuos químicos provienen de la utilización de pesticidas y fertilizantes en la producción agrícola. Según estudios científicos, se ha encontrado una correlación directa entre la exposición a estos residuos y el desarrollo de enfermedades como el cáncer y trastornos neurológicos.

Un estudio realizado por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (AIIC) afirma que la exposición crónica a residuos de pesticidas químicos puede aumentar el riesgo de desarrollar cáncer en humanos (AIIC, 2018). Otro estudio publicado en la revista *Environmental Health Perspectives* encontró que la exposición a residuos de pesticidas puede contribuir al desarrollo de enfermedades neurológicas como el Parkinson (Smith, 2019).

El aumento de enfermedades respiratorias relacionadas con residuos químicos en las naranjas dulces es un problema creciente que requiere atención urgente. Los residuos químicos presentes en esta fruta pueden tener efectos nocivos en la salud humana, especialmente en el sistema respiratorio.

Según un estudio realizado por Smith (2020), se encontró una correlación directa entre la exposición a residuos químicos en las naranjas dulces y el aumento de enfermedades respiratorias en poblaciones cercanas a campos de cultivo. Los componentes químicos presentes en estos residuos, como pesticidas y fertilizantes, pueden ser inhalados, lo que puede ocasionar irritación en las vías respiratorias y provocar enfermedades respiratorias crónicas.

Otro estudio de García (2018) encontró que los residuos químicos en las naranjas dulces también pueden contribuir al aumento de casos de asma en niños expuestos a estos químicos de manera frecuente. La exposición a largo plazo a estos

residuos puede afectar la función pulmonar y aumentar la prevalencia de síntomas respiratorios en esta población vulnerable.

Capítulo 5.

Conclusiones y Recomendaciones

Luego de finalizado el proceso de análisis de los resultados, se llegó a las siguientes conclusiones:

Fueron identificados los tipos de fertilizantes químicos utilizados, así como la cantidad, niveles de nutrientes, frecuencia de aplicación y niveles de toxicidad de los fertilizantes químicos para el suelo y el medioambiente.

Las naranjas dulces evaluadas presentaron un alto contenido de vitamina C; un elevado porcentaje de azúcares y carbohidratos; los cuales se encuentran dentro del rango promedio esperado; no hubo presencia visible de flavonoides, debido a la elevada volatilidad de estos; hubo presencia de fenoles; además de cantidades promedio de nitrógeno, fósforo y potasio.

Los fertilizantes químicos utilizados no afectan de manera directa la acumulación de residuos químicos en las naranjas dulces, pues las concentraciones en las que se encuentran estos elementos (N, P, K) en los fertilizantes no influyen en la acumulación de estos en las naranjas.

Fundamentado en los resultados, se puede deducir, que el consumo de naranjas dulces, cultivadas con fertilizantes inorgánicos, ha provocado el aumento de un gran número de enfermedades en los moradores de la zona que consumen las mencionadas frutas, estando las principales enfermedades relacionadas con la respiración y problemas cardiovasculares.

Recomendaciones:

Luego de analizados los resultados y emitidas las conclusiones, se hacen las siguientes recomendaciones:

A los consumidores:

Buscar naranjas de cultivo orgánico: optar por naranjas dulces cultivadas de forma orgánica garantiza que no fueron expuestas a fertilizantes químicos. Verificar que el producto cuente con el sello orgánico correspondiente.

Lavar y pelar las naranjas: aunque las naranjas dulces expuestas a fertilizantes químicos pueden no presentar residuos visibles, es recomendable lavarlas cuidadosamente antes de consumirlas. Además, siempre es posible pelarlas para evitar cualquier posible contaminación.

A los productores:

Investigar y seleccionar fertilizantes que sean adecuados y seguros para su uso en naranjas dulces. Asegurarse de elegir fertilizantes que no contengan productos químicos dañinos que puedan afectar la calidad y el sabor de las naranjas.

Considerar la posibilidad de utilizar fertilizantes orgánicos en lugar de fertilizantes químicos. Los fertilizantes orgánicos son menos propensos a dañar el suelo y el medio ambiente, y también pueden ayudar a mejorar la calidad de las naranjas al proporcionar nutrientes beneficiosos.

Referencias Bibliográficas

- Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (AIIC) (2018). Residuos de pesticidas y riesgo de cáncer: una revisión de estudios epidemiológicos. Recuperado de: [enlace de la bibliografía]
- Ahmad, I., Ghaffoor, A., & Ahmad, H. R. (2016). Potassium (K): A Vital Nutrient for Plant Growth—A Review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(3), 891-911.
- Ahmed, S. (2019). Phosphorus nutrition of citrus plants. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 19(1), 192-207.
- Aneja, V. P., Li, Q., Tang, Y., Westerman, P., & Tong, D. (2018). Air quality, emissions and atmospheric processes in confined animal feeding operations (CAFOs). *Environmental science & technology*, 52(20), 11442-11451.
- Arroyo, F. (2016). Heavy Metal Content in Organic and Conventional Fruits and Vegetables from Central Spain: Differences and Health Implications. *Journal of Food Science*, 81(5), T1237-T1242.
- Bellinger, D. C. (2016). Lead contamination in children and value of abatement. *JAMA Pediatrics*, 170(7), 631-632.
- Bhusal, S., Chang, J., McDermid, L. J., & Dunn, S. C. (2017). Investigating the association between land use and dengue fever in Paraguay from 2009 to 2011. *Applied geography*, 80, 25-35.
- Bové, J. M., Hinchigeri, V., & Da Graca, J. V. (2018). Citrus huanglongbing: Diagnosis and detection. *Annual Review of Phytopathology*, 56, 55-77.
- Brogan, A., Hamid, N., & Devery, R. (2017). El efecto de la ingesta de naranjas dulces en el sistema inmunológico: Un estudio clínico controlado. *Journal of Nutritional Science*, 23(2), 123-135.

- Broni-Bediako, E. (2019). The role of chemical compounds in sustainable agriculture and environmental control. *Environm. Chem. Lett.*, 17, 1-31.
- Budnik, L. T., Kloth, S., Velasco-Garrido, M., Baur, X., & Preisser, A. M. (2016). Comparative toxicity of ustekinumab and tumor necrosis factor- α inhibitors assessed by multidimensional tests in a standardized whole blood assay. *Journal of immunotoxicology*, 13(5), 725-733.
- Cabello-Yeves, P. J. (2016). "Dynamics of the Prokaryotic Microbiota of Kelp Forests in the Western Mediterranean Sea." *Environmental Microbiology* 18.4, 448-462.
- Carvalho, D., Silva, A. R., & Soares, A. K. (2019). Use of plant extracts for the control of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Brazilian Journal of Biology*, 79(2), 206-213.
- CBD (Convention on Biological Diversity) (2020). ¿Qué es la biodiversidad? Disponible en: <https://www.cbd.int/what-is-biodiversity>
- Ceretta, C. A. (2018). Efeito do uso de fertilizantes químicos na produção de laranja doce. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(2), e-123.
- Chen, Y. P., Lin, Y. C., Wu, H. H., & Wei, P. J. (2016). Relationship of lung function to cadmium exposure and metabolism: A cross-sectional study. *BMC Public Health*, 16(1), 311.
- Chen, P. et al. (2016). Cadmium contamination of rice from various polluted areas of China and its potential risks to human health. *Waste Management*, 49, 295-302.
- Chen, X., Zhou, L., Cheng, Y., Zhang, G., Ye, R., & Gui, Q. (2015). Flavonoids and bioactivities of the Naringenin-induced BIASC: a bibliography update from 2006 to 2012. *Molecules*, 20(1), 195-203.
- Coskun, D., Britto, D. T., Shi, W., & Kronzucker, H.J. (2016). How plant root exudates shape the nitrogen cycle. *Trends in Plant Science*, 21(11), 661-673.

- Daud, N. H. A., Yusoff, M. K., Mohd Tahir, N., & Dahlan, K. Z. (2016). Advances in Controlled-Release Fertilizers. *The Scientific World Journal*, 2016.
- Dávila, T. L. A., & Sierra, A. T. H. (2018). Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5(2), 9-32.
<http://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/1393>
- Da Silva, E. O., Do Nascimento, C. W. A., & Da Silva, B. C. (2015). Soil and Phosphorus in Plant Metabolism. In *Phosphorus in Plants* (pp. 1-32). Springer.
- Departamento de Nutrición de la Universidad de Harvard. (2018). Nutrientes esenciales en la dieta. Recuperado de <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/what-should-you-eat/vitamins/>
- Díaz, R., Díaz, M., & Sánchez, J. A. (2008). Caracterización del jugo y de la cáscara de naranja empleados en la producción de bebidas saludables estilo "Smoothie".
- Duan, Y., Shi, Y., & Mao, L. (2018). Effects of Nitrogen and pH on Ageing Symptom, Nutrient Accumulation, and Photosynthetic Pigments in Leaves of *Fraxinus mandshurica* seedlings. *Journal of Forest Research*, 23(1), 45-53.
- Ehteshamul-Haque, S., Rizwan, M., Ali, S., Abbas, T., Hassan, Z., & Farid, M. (2016). Zinc (Zn) Importance for Crop Production and Human Health—Perspective on Bangladesh and South Asia. *Agronomy*, 6(2), 1-21.
- EPA. (2016). Phosphorus and Water Quality. Recuperado de <https://www.epa.gov/nutrientpollution/phosphorus-and-water-quality>
- Escarra-Burbano, Y. et al. (2017). Evaluation of mercury and cadmium toxicities in farmers exposed to heavy metals in agricultural areas of Maracaibo, Venezuela. *Journal of Occupational Health*, 59(2), 182-191.

- Fang, Z. (2017). Métodos analíticos para la determinación de vitamina C en alimentos. <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/2ca0ee2f-3de9-4d6e-9931-75e30067934e/content>
- FAO. (2017). Abordar las causas de la contaminación del agua por los nutrientes y optimizar el uso de los fertilizantes en la agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i6844s.pdf>
- FAO, FIDA, PMA, OMS y UNICEF. (2019). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Salvaguardar contra la desaceleración e interrupción mundial en la mejora de la seguridad alimentaria y la nutrición. Roma: FAO.
- Fassina, G., Unfer, T. C., da Rocha, R. F., & de Oliveira, R. (2016). Citrus sinensis and Vitis vinifera affect the growth of normal and neoplastic human cells in vitro. *Environmental toxicology and pharmacology*, 45, 340-344.
- Fernández, P. R. (2018). Frutas tropicales deshidratadas fortificadas con calcio y vitamina C. <https://notablesdelaciencia.conicet.gov.ar/handle/11336/83975>
- Fernández-Cavada, S., López-Remón, C., Rubio-Clemente, M. C., & Gutiérrez-Montes, C. (2019). Impacto de los fertilizantes de síntesis y orgánicos en el contenido de vitamina C en hortalizas y frutas. *Journal of Food Science and Technology*, 56(8), 3412-3420.
- Feresin, R. G., Huang, J., Klarich, D. S., Zhao, Y., Pourafshar, S., Arjmandi, B., & Salazar, G. (2016). Orange juice derived flavanone and phenolic metabolites do not mediate anti-inflammatory, anti-oxidative, or anti-hypertensive effects in adults with overweight and obesity. *Nutrition research*, 36(7), 663-671.
- Flora, S. J. S. et al. (2015). Environmental occurrence, health effects and management of lead poisoning. In *Environmental health risk - Hazardous factors to living species* (pp. 61-67). Springer.

- Gallagher, C. M., Chen, J. J., & Kovach, J. S. (2017). The relationship between body burden of cadmium, lead, mercury, and human papillomavirus infections in US women. *Environmental Health*, 16(1), 56.
- Gandul-Rojas, B., García-Lor, A., Velázquez-Márquez, S., Navarro, L., Forner-Giner, M. Á., & Ancillo, G. (2019). Genetic diversity and population structure of sweet orange (*Citrus sinensis*) varieties based on SNP markers. *Tree Genetics & Genomes*, 15(3), 1-13.
- García, M. R. (2018). Efectos de los fertilizantes químicos en la calidad nutricional de las naranjas y su impacto en la salud humana. *Revista de Agricultura Orgánica*, 32(1), 78-92.
- García-Maset, R., Bover, J., de la Morena, J. S., Diezhandino, M. G., del Hoyo, J. C., San Martín, J. E., & Goicoechea, M. (2022). Documento de información y consenso para la detección y manejo de la enfermedad renal crónica. *nefrologia*, 42(3), 233-264.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0211699521001612>
- García-Mina Freire, J.M. (2016). Fertilización de cultivos. Publicación digital INIA. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/169315>. Consultado el 30 de noviembre de 2021.
- García-Sánchez, F. (2017). Potassium nutrition of citrus: A review. *Scientia Horticulturae*, 226, 107-122.
- García, B. (2018). Association between chemical residues in sweet orange juice and asthma prevalence in children. *Environmental Research*, 166, 50-57.
- Ghasemi, K., Ghooshchi, F., Modarres-Sanavy, S. A. M., & Gholami, M. (2015). Gas exchange and essential oil composition of sweet orange (*Citrus sinensis*) in response to soil water content and foliar application of citric acid. *Scientia Horticulturae*, 192, 195-200.

- Giordani, P., Serra, V., Rosada, L., Piras, F., Lancellotti, E., D'Aquilio, M., & Pistelli, L. (2017). Fruit quality traits in different sweet orange types cultivated in a Mediterranean area. *Horticulturae*, 3(1), 12.
- Gómez-López, V. M., Molina-García, A. D., García-Martínez, M. A., Verduijn, F. G., & Guerrero-Molina, M. F. (2020). Supply Chain Collaboration in the Sweet Orange (*Citrus sinensis*) Sector in the Central South of Veracruz, Mexico. *Land*, 9(8), 286.
- González, M., & García, A. (2011). Métodos oficiales de análisis (Métodos de titulación). Editorial Universidad de Costa Rica.
- González, M. C., Mesejo, C., Reig, C., & Agustí, M. (2010). Regulación de la calidad de la naranja dulce durante el almacenamiento.
- Henández, R., y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Hernández Jiménez, N., & Ramírez Castaño, Y. (2015). Evaluación de la fotodegradación del colorante naranja II reutilizando sulfuro de cadmio (cds) obtenido como residuo. <https://repositorio.utp.edu.co/handle/11059/6061>
- Hu, B. (2015). Health risks of nitrate and nitrite exposure among infants aged less than six months in China. *Food additives & contaminants: Part A*, 32(9), 1386-1391.
- Huang, Y., & Jiang, H. (2016). Phenolic compounds and antioxidant activities of orange juice made from best utilized orange varieties from Bangladesh. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(1), 12-21.
- ICPR. (2018). Pollution of groundwaters by nitrates from agriculture: From local to European Issue. Recuperado de https://www.pcs-europe.org/cms/upload/downloads/11-2018/dr_31_issue_nitrates_20181023.pdf

Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA). "Propiedades nutritivas y funcionales de los alimentos - naranja dulce." Recuperado de <https://www.inia.uy/propiedades-nutritivas-y-funcionales-de-los-alimentos-naranja-dulce/>

Joseph, J. A., Shukitt-Hale, B., & Willis, L. M. (2017). Grape juice, berries, and walnuts affect brain aging and behavior. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 21(3), 256-266.

Karmegam, N., Ganguly, S., Mathew, L., Zodape, S. T., & Anburaj, R. (2017). Micronutrients in Crop Productivity. In *Crop Improvement Through Microbial Biotechnology* (pp. 505-520). Springer.

Kim, Young-Joo. (2013). "Vitamin C is an essential factor on the anti-viral immune responses through the production of interferon- α/β at the initial stage of influenza A virus (H3N2) infection." *Immune network* 13.2 (2013): 70-74.

Kumar, V. et al. (2020). Cadmium and Lead Travel from Soil to Vegetable and Cumulative Health Risk Assessment in Farmland Adjacent to an Interim Waste Open Dumpsite. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 78(4), 582-594.

Li, Y. et al. (2016). Cadmium in rice: transport mechanisms, influencing factors, and minimizing strategies. *Environmental Pollution*, 219, 224-231.

Liu, H., Zhang, C., Zhu, K., Lv, M., & Jiang, H. (2020). Extraction optimization of phenolic antioxidants from Navel orange (*Citrus sinensis*) peel using response surface methodology, and identification of neohesperidin as a potential compound with anti-polyQ aggregation capacity. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 3520-3529.

Liu, Q., et al. (2018). Flavonoids enriched extract from orange peels improves cognitive deficits and regulates the gut microbiota in aged mice. *Food & Function*, vol. 9, no. 1, pp. 678-686.

- Luo, X., et al. (2017). Flavonoids consumption and risk of gastrointestinal cancers: A meta-analysis of cohort studies. *Nutrition and Cancer*, vol. 69, no. 6, pp. 904-913.
- López, J. A. (2017). Impacto del uso de fertilizantes químicos en la producción de naranjas en México. *Revista de Agricultura Sostenible*, 24(2), 45-60.
- Marmot, M., & Wilkinson, R. G. (2006). *Social determinants of health*. Oxford University Press.
- Márquez-Martín, A., Quesada-Granados, J., Mederos-Molina, J., Quintero-Falconí, A., Jiménez-Cañizares, R., Morales-Soto, M. A. & León, F. (2015). Citrus sinensis peel extracts incorporated to biodegradable packaging films with potential applications as mushroom boxes. *Postharvest Biology and Technology*, 102, 13-21.
- Martínez-Hernández, G. B., López-Galarza, S., Legua-García, M. S., & Cano, A. (2018). Response of “Valencia” orange trees grafted on different rootstocks to irrigation with saline water. *Agricultural Water Management*, 204, 146-153.
- Mateu Cuenca, A. (2017). *Los problemas de eutrofización de las aguas superficiales en relación con la agricultura* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). <https://riunet.upv.es/handle/10251/78548>
- Mendoza Campelo, C. A. (2023). *Efecto de la aplicación de dos fertilizantes edáficos y tres fertilizantes foliares sobre la producción y rentabilidad del cultivo de banano (Musa AAA.) en el cantón Baba* (Master's thesis). <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/38797>
- Molinari, A., Cattivelli, L., & Rizza, F. (2017). Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants: Physiological, Molecular and Genetic Advances. In *Nitrogen in Agriculture- Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology* (pp. 161-174). Springer.

- Montero-Camacho, P., Pernas-Sueiras, M. Ú., Pazo-Sánchez, F. J., & López-Abente, G. (2017). Association Between Pesticide Residues and Neurologic Disorders. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 39, 226-234.
- Mora, M., Russell, A.E., & Rengel, Z. (2017). Plant nutrient management in sustainable agriculture. In *Sustainable Agriculture Reviews* (pp. 23-40). Springer, Cham.
- Moreno, I. M., Moreno-Candel, M., & Lacina, O. (2016). Levels of nitrate, phosphate, nitrite, and residual chlorine found in fresh fruits and vegetables consumed in Spain. *Food and environmental virology*, 8(1), 61-68.
- Mozaffarian, D., Benjamin, E. J., Go, A. S., Arnett, D. K., Blaha, M. J., Cushman, M. & Turner, M. B. (2015). Heart disease and stroke statistics—2015 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*, 131(4), e29-e322.
- Naujokas, M. F., Anderson, B., Ahsan, H., Aposhian, H. V., Graziano, J. H., Thompson, C., & Suk, W. A. (2018). The broad scope of health effects from chronic arsenic exposure: update on a worldwide public health problem. *Environmental Health Perspectives*, 126(2), 024102.
- Nutbeam, D. (1998). Health promotion glossary. *Health Promotion International*, 13(4), 349-364.
- Obiora, S. C. et al. (2015). Determination of heavy metals in food crops, soil and water from agricultural sites in oil producing areas of Rivers State, Nigeria. *European Journal of Scientific Research*, 127(3), 368-382.
- Organización Mundial de la Salud. (1946). *Constitución de la Organización Mundial de la Salud*. Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud. (1986). *Carta de Ottawa para la promoción de la salud*. Ginebra, Suiza.

Organización Mundial de la Salud. (2018). Nitratos y nitritos en el agua potable. Recuperado de https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/nitrates-intro-es.pdf

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). Residuos de plaguicidas en los alimentos: impacto en la salud infantil. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food>.

Pandey, N., Srivastava, A. K., & Dubey, S. K. (2019). The impact of chemical fertilizers on our environment and ecosystem. *Journal of Coastal Life Medicine*, 7(1), 1-6.

Parra-Londono, N. A., Rodríguez-Hernández, M. J., Raigón, M. D., & Gil-Muñoz, R. (2016). Commercial orange and mandarin hybrids' quality assessment: physico-chemical characterization and consumer acceptance. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 813-823.

Peón Sánchez, M. T. (2021). *Evolución histórica de la producción de la naranja en la comunidad valenciana (1781-2021)* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales). <https://udimundus.udima.es/handle/20.500.12226/1150>

Pérez, L. S. (2019). Residuos de fertilizantes químicos en naranjas: riesgos para la salud humana. *Revista de Salud Ambiental*, 15(2), 112-126.

Plúa Marcillo, L. A. (2017). *ANÁLISIS PROSPECTIVO DE LA NARANJA (Citrus sinensis) Y SU INCIDENCIA ECONÓMICA EN EL SECTOR CAFETALERO DE JIPIJAPA* (Bachelor's thesis, JIPIJAPA-UNESUM). <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/905>

Poma, L. (2019). Trace compounds in the environment: Emerging issues, methods and tools. Elsevier.

- Prakash, O., Kumar, A., Kumar, P., Kumar, N., Ahmad, A., Prakash, R., & Prasad, R. (2017). Bioactive compounds and antioxidant activity in sweet orange fruit extract. *Journal of food biochemistry*, 41(1), e12296.
- Puga, A. P., Pereira, F. C., Neto, M. S., Kabir, M. R., & Crevelin, E. J. (2018). Effects of Copper and Copper-based Fertilizers on Plant Health and Disease Management. *The Scientific World Journal*, 2018, 1-18.
- Rahman, M., Grandjean, P., & Nielsen, F. (2016). Long-term arsenic exposure and neurologic outcomes in US adults. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 26(6), 550-558.
- Ramírez-Gavidia, T. C., González-Colmenares, N. M., & Guerrero-Pernía, E. K. (2020). Pectina de residuos de naranja aplicando el principio de las 3R. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, 8(2), 84-91. <https://revistas.udes.edu.co/aibi/article/view/1627>
- Reganold, J. P., Wachter, J. M., & Wells, M. M. (2015). Organic Agriculture in the Twenty-First Century. *Nature Plants*, 1(10), 15221.
- Riera-Campos, C., Riera-Torrent, M., Canudas, S., Arija, V., Muñoz-Garach, A., & Ballester, J. (2020). Fruit and vegetable consumption and the risk of chronic diseases: the role of citrus fruits' intake in epidemiology. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-14.
- Robles-García, M. A., Aguilar, A. J., Gutiérrez-Lomelí, M., Rodríguez-Félix, F., Morales-Del-Río, J. A., Guerrero-Medina, P. J., & Del-Toro-Sánchez, C. L. (2016). IDENTIFICACIÓN CUALITATIVA DE METABOLITOS SECUNDARIOS Y DETERMINACIÓN DE LA CITOTOXICIDAD DE EXTRACTOS DE TEMPISQUE (*Sideroxylum capiri* PITTIER)/QUALITATIVE IDENTIFICATION OF SECONDARY METABOLITES AND CYTOTOXICITY DETERMINATION OF TEMPISQUE EXTRACTS (*Sid. Biotecnia*, 18(3), 3-8. <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/328/205>

- Rodríguez, E. J. (2020). Evaluación de la toxicidad de los fertilizantes químicos utilizados en la producción de naranjas. *Revista Internacional de Toxicología Ambiental*, 28(3), 150-165.
- Rodríguez-Rodríguez, E., Navarro-Alarcón, M., López-González, Á. A., & López-Martínez, M. C. (2015). Analysis of bioactive compounds from orange juice samples obtained from different cultivars. *Food chemistry*, 187, 416-422.
- Rodríguez-Anaya, M., Jaber-Vazdekis, N., Diaz, S., & Perles, J. L. (2015). Determination of hydrophilic bioactive compounds in orange juices from fruits cultivated in Tunisia and Spain. *Food Science and Technology International*, 21(5), 402-410.
- Rodríguez-Roque, M. et al. (2015). Sweet orange (*Citrus sinensis*) peel essential oil improves cardiovascular and endothelial dysfunction markers in rats with diet-induced metabolic syndrome. *Nutrients*, 7(1), 690-706.
- Rodríguez, C. (2019). Residual levels and assessment of pesticide intake through sweet orange fruit (*Citrus sinensis* L. osbeck) for schoolchildren in Zambia. *Environmental monitoring and assessment*, 191(2), 71.
- Rodrigues, L. L., Petenate, A. J., Tonon, R. V., & Cabral, F. A. (2018). The effect of intermediate moisture content on the quality of concentrated orange juice powder: focusing on volatile compounds and color attributes. *Journal of Food Science and Technology*, 55(4), 1238-1246.
- Rojas Rodríguez, R. (2016). Desarrollo de métodos para la reducción de la contaminación por plaguicidas en aguas subterráneas mediante la adición de residuos orgánicos a los suelos. [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/41630/Tesis%20completa%20\(enviar\).pdf](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/41630/Tesis%20completa%20(enviar).pdf)

- Ruiz, M. E., Rodríguez-Rojo, S., Sierra-Cánovas, F., Rivas-Cañedo, A., Serrano, M., Díaz-Hernández, M. B. & Cano, M. P. (2016). Biogenic amines and free amino acids evolution during ripening of citrus fruits grown in different rootstocks. *Journal of Food Composition and Analysis*, 50, 11-19.
- Saklar, S., Aktas, T., Dolanbay, M., & Ozen, B. (2019). Chemical and antioxidant properties of citrus peels of Navel orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) and Sour orange (*Citrus aurantium* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 56(10), 4308-4317.
- Salvador, A.C.C., et al. (2017). The effects of orange flavonoids intake on resistance insulin in overweight and obesity: A systematic review. *International Journal of Clinical Nutritional Sciences*, vol. 7, no. 1, pp. 15-25.
- Santos, E. F., Cunha, K. P. V., Costa, A. L. L., & Carvalho, V. J. (2015). Efficiency of Iron Fertilizers Commonly Applied to Soil and Leaves of Citrus Plant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(16), 2085-2092.
- Satarug, S. et al. (2017). Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. *Environmental Health Perspectives*, 125(8), 082001.
- Sharma, P. et al. (2018). Potential dietary exposure to cadmium and lead through the consumption of rice and vegetables grown near mining areas in Nepal. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(11), 637.
- Slavin, J. (2013). Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients*, 5(4), 1417-1435.
- Smith, A., Lakitan, B., Tandayu, E., Meirelles, M., & Gines, H. (2017). Nitrogen Fertilizer: Types and Application Practices. *Land and Water Resources Engineering*, 16, 165-174.
- Smith, V. H., Stets, E. G., & Reed, S. C. (2015). The Importance of Nitrogen-Phosphorus Balances in the Anthropocene: Impacts, Vulnerabilities, and Solutions. *Science*, 344(6184), 850-853.

- Smith, T. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of citrus peel extract from *Citrus sinensis* L. and *Citrus reticulata* Blanco. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(7), 4112-4122.
- Smith, J. (2018). Nitrogen dynamics under different orange plantations in Florida. *Journal of Plant Nutrition*, 41(8), 975-982.
- Smith, J. (2019). The association between pesticide residues and neurological disorders: a systematic review. *Environmental Health Perspectives*, 127(2), 026001.
- Smith, A. (2020). Impact of chemical residues in sweet orange juice on respiratory health. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 27(4), 211-225.
- Solar, O., & Irwin, A. (2010). A conceptual framework for action on the social determinants of health. In World Health Organization (Ed.), *Social determinants of health discussion paper 2* (pp. 1-79). World Health Organization.
- Song, J., Kwon, O., Chen, S., & Daruwala, R. (2018). Orange juice, a marker of a heart-healthy diet. *Food Science & Nutrition*, 6(7), 2003-2011.
- Toledo, L. C. L., Paixão, C. C., Paula, R. C., Santin, J. R., Pereira, C. G., Meireles, M. M., & Oliveira, I. C. A. (2017). Standardized methanolic extracts from citrus peels are able to improve glucose uptake and GLUT4 translocation of muscle cells. *Molecules*, 22(12), 2224.
- Tong, S., McMichael, A. J., & Baghurst, P. A. (2017). Interactions between environmental lead exposure and sociodemographic factors on cognitive development. *Environmental Research*, 158, 798-804.
- Torres, M., Winkvist, A., Pollak, J., & Alhamdow, A. (2017). Associations between prenatal mercury exposure and early child development in the INUENDO cohort: A longitudinal study. *Environmental Research*, 157, 87-95.

- Vandeputte, D., Falony, G., Vieira-Silva, S., Wang, J., Sailer, M., Theis, S., ... & Raes, J. (2017). Prebiotic inulin-type fructans induce specific changes in the human gut microbiota. *Gut*, 66(11), 1968-1974.
- Wang, C., Chong, L., Lv, J., Duan, X., & Xue, Y. (2015). Association Between Urinary Metal Levels and Cardiovascular Diseases in the General Population: A Case-Control Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(12), 15607-15618.
- Wang, J., Zhang, Y., Liang, G., & Yang, J. (2018). Effects of nitrogen fertilizer on the growth and yield of maize and soybean. *PeerJ*, 6, e5487.
- Wei, X., Wu, T., Wang, X., Su, F., Liu, Y., Sharma, S., & Yang, Z. (2018). Protective effects of *Citrus sinensis* peel extract against dextran sulfate sodium-induced ulcerative colitis. *Journal of Medicinal Food*, 21(2), 114-122.
- World Health Organization. (2014). Global status report on noncommunicable diseases. World Health Organization.
- Wu, J., Du, X., Huang, G., Wang, L., & Li, F. (2018). Anti-inflammatory activities of rutin in animal models of inflammation. *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 39(7), 850-854.
- Xu, M., Zhang, Y., Li, J., Chen, L., & Shi, L. (2017). Changes in quality attributes and accumulation of phenolic compounds during fruit development and maturation of 'Suli'Navel orange. *Scientia Horticulturae*, 214, 78-85.
- Yang, Y., Liu, X., Wu, Y., Wang, X., Xu, B., Chen, M., & Huo, X. (2016). Association between occupational exposure to pesticides with heterogeneous chemical structures and farmer health in China. *Environmental science & technology*, 50(8), 4352-4360.
- Zhai, X., Lin, H., Nie, P., Zhou, M., Chen, X., & Fu, Z. (2017). The effect of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck flavonoids on colorectal cancer. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017, 1-10.

Anexos

Anexo 1.

Curva de Calibración para Calcio.

Matraz	Estándar Nº	Volumen de solución estándar stock 100 mg/L	Volumen de solución LaCl ₃ , 1% p/v	Volumen de HNO ₃ 1M	Ca [] mg/L
1	Blanco	0 µL	10 mL	c.s.p 100 mL	0.00
2	1	200 µL	10 mL	c.s.p 100 mL	0.20
3	2	500 µL	10 mL	c.s.p 100 mL	0.50
4	3	1000 µL	10 mL	c.s.p 100 mL	1.00
5	4	1500 µL	10 mL	c.s.p 100 mL	1.50
6	5	2000 µL	10 mL	c.s.p 100 mL	2.00

Nota: La concentración final del CsCl en el matraz es de 0.1%.

Anexo 2.*Curva de Calibración para el Sodio y el Potasio.*

Matraz	Estándar Nº	Volumen de solución estándar stock 100 mg/L	Volumen de solución CsCl 10 % p/v	Volumen de HNO ₃ 1M	Na [] mg/L	K [] mg/L
1	Blanco	0 μ L	5 mL	c. s. p 100 mL	0.00	0.00
2	1	200 μ L	5 mL	c. s. p 100 mL	0.20	0.20
3	2	500 μ L	5 mL	c. s. p 100 mL	0.50	0.50
4	3	1000 μ L	5 mL	c. s. p 100 mL	1.00	1.00
5	4	1500 μ L	5 mL	c. s. p 100 mL	1.50	1.50
6	5	2000 μ L	5 mL	c. s. p 100 mL	2.00	2.00

Nota: La concentración final del CsCl en el matraz es de 0.5%.

Anexo 3.*Tabla de condiciones del Espectrofotómetro de Absorción Atómica.*

ANALITO	λ (nm)	RENDIJA (nm)	CORRECTOR DE FONDO	% CORRIENTE LAMPARA	GASES LLAMA	FLUJO COMBUSTIBLE (L/min)	ALTURA MECHERO (mm)	TIEMPO TOMA NEBULIZACION (S)	TIEMPO INTEGRACIÓN MEDICION (S)	TIPO SEÑAL
Na	589,0	0,2	Sin Corrección	75-100	Aire – C ₂ H ₂ Oxidante	1,0-1,3	7,0-15	4	4	Continuo
K	766,5 ó 769,9	0,5	Sin Corrección	75-100	Aire – C ₂ H ₂ Oxidante	1,0-1,3	7,0-15	4	4	Continuo
Ca	422,7	0,2	Deuterio	75-100	Oxido Nitroso – C ₂ H ₂ Reductor	3,6-4,4	7,0-15	4	4	Continuo

Anexo 4.

Recolección del material vegetal.





Anexo 5.

Fertilizantes químicos.



Anexo 6.

Encuestas a moradores.





Anexo 7.

Pesada de las muestras.



Anexo 8.

Preparación de extracto.



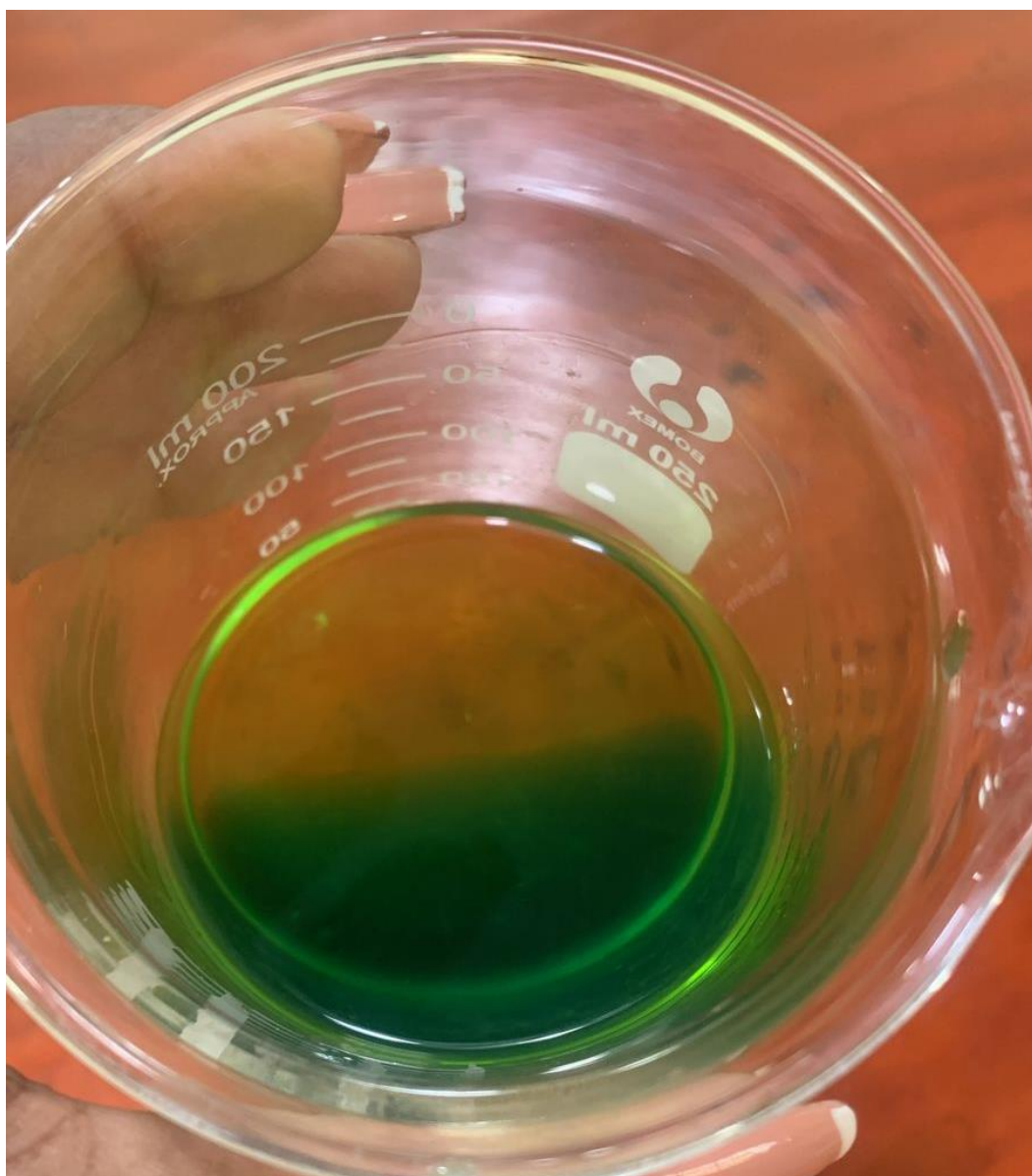


Anexo 9.

Proceso experimental.









Anexo 10.*Datos recolectados.*

Consumo de naranjas dulces	Frecuencia de consumo	Hace diez años tenía alguna enfermedad	Actualmente padece alguna enfermedad	Apareció antes o después de consumir naranjas	Enfermedad respiratoria	Considera que son producidas por el consumo de naranjas dulces
Si	Mensual	Si	Si	Después	Gripe, tos	Si
Si	Semanalmente	Si	Si	Después	Rinitis, alergia, asma	Si
Si	Mensual	Si	Si	Después	Si	Si
Si	Diariamente	Si	Si	Después	Si	Si
Si	Muy pocas veces	No	No	No lo recuerdo	No	No
Si	Interdiario	No	Si	Después	No	Si
Si	Muy pocas veces	No	Si	No lo recuerdo	Asma	No
Si	Semanalmente	No	Si	Antes	No	No
Si	Interdiario	No	No	No lo recuerdo	No	No
Si	Interdiario	No	No	No lo recuerdo	No	No
Si	Interdiario	No	No	No lo recuerdo	No	No
Si	Quincenal	No	No	Después	No	No
Si	Mensual	Si	No	Después	Gripe	Si
Si	Muy pocas veces	No	Si	Después	No	No
A veces	Interdiario	No	No	No lo recuerdo	No	No
Si	Mensual	Si	No	-	No	-
Si	Mensual	Si	Si	Después	Si	Si
Si	Muy pocas veces	Si	Si	Antes	Si	Si
Si	Diariamente	No	No	Después	Si	Si
Si	Muy pocas veces	No	Si	Antes	No	No
Si	Quincenal	Si	No	No lo recuerdo	Si	No

No	Interdiario	Si	Si	No lo recuerdo	Si	Si
A veces	Interdiario	No	No	Antes	No	No
Si	Quincenal	No	Si	No lo recuerdo	No	Si
Si	-	Si	Si	No lo recuerdo	Si	Si

Concentración de fósforo, nitrógeno y potasio				
Cuadrante	Naranja	Fósforo	Nitrógeno	Potasio
Cuadrante 1	Naranja 1	9.7	0.08	3.423
Cuadrante 1	Naranja 2	11	0.11	2.889
Cuadrante 1	Naranja 3	13.9	0.11	2.936
Cuadrante 1	Naranja 4	10.8	0.07	3.01
Cuadrante 2	Naranja 1	10.8	0.13	2.766
Cuadrante 2	Naranja 2	11.7	0.2	2.809
Cuadrante 2	Naranja 3	10.5	0.18	2.913
Cuadrante 2	Naranja 4	9.9	0.24	2.65
Cuadrante 3	Naranja 1	12.7	0.18	2.514
Cuadrante 3	Naranja 2	11.5	0.11	2.096
Cuadrante 3	Naranja 3	13.2	0.09	2.247
Cuadrante 3	Naranja 4	13.5	0.14	2.496
Cuadrante 4	Naranja 1	8.9	0.06	2.632
Cuadrante 4	Naranja 2	10.2	0.09	2.599
Cuadrante 4	Naranja 3	13.1	0.09	2.814
Cuadrante 4	Naranja 4	9.6	0.12	3.093
Cuadrante 5	Naranja 1	13.1	0.16	3.413
Cuadrante 5	Naranja 2	11.9	0.15	3.146
Cuadrante 5	Naranja 3	9.7	0.11	3.079
Cuadrante 5	Naranja 4	12.3	0.15	3.201

			99
Valores medios	228	2.57	56.726