



**Síntesis de nanopartículas, utilizando extractos polifenólicos de 5 frutas de Ecuador: Taxo (*Passiflora tarminiana* V.E.Barney), Naranja (*Solanum quitoense* Lam.) , Maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) Frutilla (*Fragaria chiloensis* L.), Uvilla (*Physalis peruviana* L.). y caracterizarlas posteriormente.**

Bauz Lara, Mario Alejandro

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Biotecnología

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero en Biotecnología

Ing. Izquierdo Romero, Andrés Ricardo PhD.

27 de febrero de 2023



## TESIS, BAUZ

**5%** Similitudes  
**4%** Texto entre comillas  
 < 1% similitudes entre comillas  
 < 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS, BAUZ.pdf  
 ID del documento: 99fd12dcd5ee2960bd08339d3eae0b13c61b4ab2  
 Tamaño del documento original: 1,31 Mo

Depositante: ANDRÉS RICARDO IZQUIERDO ROMERO  
 Fecha de depósito: 23/2/2023  
 Tipo de carga: interface  
 fecha de fin de análisis: 23/2/2023

Número de palabras: 12.390  
 Número de caracteres: 79.305

Ubicación de las similitudes en el documento:



### Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>TESIS PEREZ ROSALES MIKAELA.pdf</b>   TESIS PEREZ ROSALES MIKAELA #e2353 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	1%		Palabras idénticas : 1% (170 palabras)
2	<b>repositorio.uta.edu.ec</b>   Caracterización fisicoquímica, nutricional, evaluación del po... https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/bitstream/123456789/34944/1/AL_835.pdf 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (85 palabras)
3	<b>Documento de otro usuario</b> #b5806b El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (33 palabras)
4	<b>repositorio.uta.edu.ec</b>   Estudio del contenido de polifenoles, capacidad antioxidant... https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/bitstream/123456789/30839/1/BQ_225.pdf	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (43 palabras)
5	<b>dspace.ups.edu.ec</b>   Determinación de la capacidad antioxidante de los extractos alc... http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16411/1/AJPS-CT007983.pdf	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (37 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>www.sciencedirect.com</b>   Green synthesis of nanoparticles for the remediation of co... https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619312077	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (30 palabras)
2	<b>repositorio.espe.edu.ec</b>   Desarrollo a escala de laboratorio de una solución química... http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/23151/5/1-ESPE-044090.PDF.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (37 palabras)
3	<b>revistas.sqperu.org.pe</b> http://revistas.sqperu.org.pe/index.php/revistasqperu/article/download/311/268/	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (25 palabras)
4	<b>www.digi.usac.edu.gt</b> https://www.digi.usac.edu.gt/virtual/informes/rapidos2011/INF-2011-36.pdf#:~:text=En el proyecto se ...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (18 palabras)
5	<b>www.redalyc.org</b>   Evaluación fisicoquímica y antioxidante de naranjilla (Solanum q... https://www.redalyc.org/journal/813/81369610003/html/	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (19 palabras)

### Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.01.023>
- <https://doi.org/10.12961/april.2021.24.03.01>
- <https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v8i6i4.311>
- <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b01050>
- <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/87/87>



Creado electrónicamente por:  
 ANDRÉS RICARDO  
 IZQUIERDO ROMERO



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura  
Carrera de Biotecnología

### Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: "Síntesis de nanopartículas, utilizando extractos polifenólicos de 5 frutas de Ecuador: Taxo (*Passiflora tarminiana* V.E.Barney), Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) , Maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) Frutilla (*Fragaria chiloensis* L.), Uvilla (*Physalis peruviana* L.) y caracterizarlas posteriormente." Fue realizado por el señor **Bauz Lara Mario Alejandro** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente

De febrero del Sangolquí, 08 de mayo del 2023



Ing. Izquierdo Romero Andrés, M.Sc., Ph.D.

CI: 1714479506



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera de Biotecnología**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Bauz Lara Mario Alejandro**, con cédula de ciudadanía n° 1724737711, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: Síntesis de nanopartículas, utilizando extractos polifenólicos de 5 frutas de Ecuador: Taxo (*Passiflora tarminiana* V.E.Barney), Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), Maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) Frutilla (*Fragaria chiloensis* L.), Uvilla (*Physalis peruviana* L.) y caracterizarlas posteriormente es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 27 de febrero del 2023.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Bauz Lara Mario Alejandro', written over a horizontal dotted line.

**Bauz Lara Mario Alejandro**

C.I. 1724737711





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Biotecnología

Autorización de Publicación

Yo, **Bauz Lara Mario Alejandro**, con cédula de ciudadanía n° 1724737711, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: Síntesis de nanopartículas, utilizando extractos polifenólicos de 5 frutas de Ecuador: Taxo (*Passiflora tarminiana* V.E.Barney), Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) , Maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) Frutilla (*Fragaria chiloensis* L.), Uvilla (*Physalis peruviana* L.). y caracterizarlas posteriormente en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 27 de febrero del 2023

Bauz Lara Mario Alejandro

C.I. 1724737711

### **Dedicatoria**

Este trabajo va dedicado especialmente a mi familia:

A mis padres Mario Y Gicela y hermanos Lizeth y Gabriel que han estado ahí en cada proceso de formación académica, este logro es tanto suyo como mío, les dedico este trabajo porque me enseñaron que cuando inicias algo tengo que terminarlo y jamás debo darme por vencido por más dificultades que se presenten.

A mi futura esposa Catalina, que ha sido un apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo, y siempre me alienta a seguir investigando y pensar en grande, tanto personal como profesionalmente buscando siempre la excelencia.

A mis amigos Andrés, Mirla, Shell, Nash, Mika, Dani y Marce que me mostraron la sincera amistad, dentro y fuera de la universidad, nunca olvidare las horas incontables de estudio juntos y los festejos en cada materia aprobada, les agradezco infinitamente por permitirme ser su amigo y formar parte de sus vidas.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Quim. Erika Murgoitio PhD. que ha sido parte fundamental de este trabajo como consultora y ha sabido trasmitirme su experiencia en el campo de la nanotecnología y en el ámbito profesional un infinito agradecimiento.

A mi Tutor Ing. Andrés Izquierdo PhD. por las correcciones pertinentes de este trabajo.

Al centro de Nanociencia y Nanotecnología que me facilitó con el espacio, reactivos y materiales para que se realizara este trabajo.

A la Universidad de las Fuerzas Armada ESPE por ser mi alma mater y formarme como profesional en sus aulas con excelentes docentes que se quedaran en mi memoria por siempre, recordándolos con un inmenso cariño.

A mis compañeras de trabajo Ing. Nicole Soria e Ing. Geovana Arroyo que fueron más que compañeras, amigas que me supieron orientar para tener los resultados más fidedignos de este proyecto.

**Índice de contenidos**

Informe de antiplagio	2
Certificado docente	3
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de contenidos	8
Índice de tablas	10
Índice de figuras	13
Resumen	15
Abstract	16
Capítulo I: Introducción	17
Planteamiento del problema	17
Justificación del problema	18
Objetivo general	19
Objetivos específicos	19
Hipótesis	20
Capítulo II: Marco Teórico	21
Muestras frutales	21
Taxo ( <i>Passiflora tarminiana</i> V.E.Barney)	21



	9
Naranjilla ( <i>Solanum quitoense</i> Lam.)	21
Maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> Deg.)	22
Frutilla ( <i>Fragaria chiloensis</i> L.)	23
Uvilla ( <i>Physalis peruviana</i> L.)	24
Antioxidantes	24
Polifenoles	25
Nanopartículas	27
Nanopartículas de cobre (Cu NPs)	29
Capítulo III: Metodología	31
Fase de campo	31
Selección de frutos	31
Origen de las muestras frutales	32
Fase de laboratorio	34
Pretratamiento del material vegetal	34
Determinación de porcentaje de humedad en las frutas	35
Extracción de polifenoles	35
Determinación concentración de polifenoles	38
Protocolo para determinar la capacidad antioxidante	42
Protocolo para síntesis de nanopartículas de cobre y yodo	44
Protocolo para la caracterización de nanopartículas	45

	10
Capítulo IV: Resultados	48
Porcentaje de humedad en las frutas	48
Cantidad de polifenoles presenten en las frutas	48
Capacidad antioxidante de las frutas	52
Síntesis de nanopartículas de Cobre y Yodo	54
Nanopartículas de cobre	54
Nanopartículas de yoduro de cobre	55
Mecanismo de formación de la NPs	56
Caracterización de nanopartículas	57
Ensayo de agrupación de nanopartículas de cobre	57
Cinética de nanopartículas de cobre	61
Caracterización de nanopartículas de cobre en el UV-Vis	63
Cinética de nanopartículas de yoduro de cobre	65
Caracterización de nanopartículas de Yoduro de cobre en el UV-Vis	68
Capítulo V: Discusión	70
Capítulo VI: Conclusiones	72
Capítulo VII: Recomendaciones	73
Capítulo VIII: Bibliografía	74

**Índice de tablas**

Tabla 1: Tabla de potenciales de reducción de los polifenoles	29
Tabla 2: Tabla de Potenciales Estándar de Reducción de cobre	30
Tabla 3: Frutas seleccionadas	31
Tabla 4: Tabla de concentraciones para la dilución de etanol al 0%,20%,40%,80%	36
Tabla 5: Nomenclatura del ensayo agitación orbital	36
Tabla 6: Nomenclatura del ensayo agitación orbital	37
Tabla 7: Concentración de reactivos para la solución madre	40
Tabla 8: Cálculos para la dilución de la solución madre.	40
Tabla 9: Diseño experimental para cuantificación de polifenoles	42
Tabla 10: Capacidades antioxidantes con los diferentes extractos frutales	43
Tabla 11: Diseño experimental para determinar la estabilidad vs tiempo	46
Tabla 12: Porcentaje de humedad de las 5 frutas.	48
Tabla 13: Diseño experimental concentración de polifenoles	49
Tabla 14: Frutas con mayor presencia de polifenoles	49
Tabla 15: Datos arrojados por el UV-vis	52
Tabla 16: Limite de concentración antes de agrupación en Taxo	58
Tabla 17: Limite de concentración antes de agrupación en Naranjilla.	59
Tabla 19: Cinética de las nanopartículas en extracto de Taxo.	61
Tabla 20: Cinética de las nanopartículas en extracto de Naranjilla.	61

Tabla 21: Cinética de las nanopartículas en extracto de Uvilla.	62
Tabla 22: Cinética de las nanopartículas de yoduro de cobre en extracto de Taxo	65
Tabla 23: Cinética de las nanopartículas de yoduro de cobre en extracto de Naranjilla.	66
Tabla 24: Cinética de las nanopartículas de yoduro de cobre en extracto de Uvilla	66

## Índice de figuras

Figura 1: Flavonoides	26
Figura 2 Estructuras de los No flavonoides	27
Figura 3: Línea de ensamblaje Bottom up.	28
Figura 4: Ubicación de la finca Ecuamazonic natural	32
Figura 5: Ubicación de la finca ECOANDES.	33
Figura 6: Ubicación de la Finca Agrícola Arenas.	34
Figura 7: Agitador Rotacional	38
Figura 8: Curva de calibración para la cuantificación de polifenoles totales	41
Figura 9: Ejemplo de tamaños de nanopartículas en el DLS	47
Figura 10: Gráfico en barras de los mejores ensayos para extraer polifenoles	50
Figura 11: Análisis estadístico	51
Figura 12: Grafico en barras de la capacidad antioxidante de cada fruta.	53
Figura 13: pH inicial de las nanopartículas de cobre.	54
Figura 14: Nanopartículas de cobre en extractos frutales de Taxo, Naranja y Uvilla	55
Figura 15: Nanopartículas de yoduro de cobre en extractos frutales de Taxo, Naranja y Uvilla	56
Figura 16: Ejemplo de formación del Cu reducido	57
Figura 17: Grafica de agrupación de nanopartículas en agente reductor de Taxo	58
Figura 18: Grafica de agrupación de nanopartículas en agente reductor de Naranja	59
Figura 19: Grafica de agrupación de nanopartículas en agente reductor de Uvilla	60

Figura 20: Análisis grafico de la cinética de nanopartículas	62
Figura 21: Espectro de Nanopartículas de cobre en uvilla	64
Figura 22: Espectro de Nanopartículas de cobre en Naranjilla	64
Figura 23: Espectro de Nanopartículas de cobre en Taxo	65
Figura 24 Análisis grafico de la cinética de nanopartículas de yoduro de cobre	67
Figura 25 Espectro de Nanopartículas de cobre en Taxo	68
Figura 26 Espectro de Nanopartículas de cobre en Naranjilla	69
Figura 27 Espectro de Nanopartículas de cobre en Uvilla	69



## Resumen

Las frutas del Ecuador son apreciadas por su contenido en vitaminas, fibra y compuestos antioxidantes (Zapata, Cortes, & Rojano, 2013). Debido a la ubicación geográfica del país las frutas ecuatorianas poseen alta concentración de polifenoles y la capacidad antioxidante, los cuales pueden ser utilizados como agentes reductores para la síntesis de nanopartículas (NPS) de cobre y yodo (Padilla, Rincón, & Bou-Rached, 2008). Las nanopartículas de yodo y cobre actualmente no son tan estudiadas en el país, pero pueden tener aplicaciones industriales por sus propiedades antibacterianas y antifúngicas (Guzmán, y otros, 2020) El objetivo de este el proyecto de integración curricular es sintetizar nanopartículas de cobre y yodo, utilizando extractos polifenólicos de 5 frutas de Ecuador: Taxo (*Passiflora tarminiana* V.E.Barney), Naranja (*Solanum quitoense* Lam.), Maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) Frutilla (*Fragaria chiloensis* L.), Uvilla (*Physalis peruviana* L.) y caracterizarlas posteriormente analizando diferentes métodos de extracción, determinando a qué concentración de solución agua-etanol se conservan mejor los polifenoles. Se evaluaron cuatro formulaciones con solución Agua-Etanol al 0%, 20%, 40% y 80% con 5 gramos de la muestra de cada una de las frutas para su posterior análisis, al medir la concentración de polifenoles y capacidad antioxidante con ayuda del equipo UV-Vis y utilizando reactivo de Folin Ciocalteu, carbonato de sodio al 20%, ácido gálico y reactivo de DPPH. Una vez obtenido los resultados de la concentración de polifenoles se seleccionaron las 3 frutas con mayores polifenoles (Uvilla, Taxo, Naranja). Se sintetizaron nanopartículas de cobre y yodo mediante el método de precipitación para su próxima caracterización y medición de estabilidad con ayuda de la técnica DLS y UV-Vis, para esto se utilizó como agente reductor los extractos de las 3 mejores frutas con mayor concentración de polifenoles obteniendo así nanopartículas con un diámetro de 8 a 12 nm en promedio.

*Palabras claves:* Nanopartículas, Polifenoles, Antioxidantes, Síntesis

### Abstract

Ecuadorian fruits are appreciated for their content of vitamins, fiber and antioxidant compounds (Zapata, Cortes, & Rojano, 2013). Due to the geographical location of the country, these fruits have a high concentration of polyphenols and antioxidant capacity, which can be used as reducing agents for the synthesis of copper and iodine nanoparticles (NPS) (Padilla, Rincón, & Bou-Rached, 2008). Iodine and copper nanoparticles are currently not as widely studied in the country, but they may have industrial applications due to their antibacterial and antifungal properties (Guzmán, y otros, 2020). The objective of this curricular integration project is to synthesize copper and iodine nanoparticles, using polyphenolic extracts of 5 fruits from Ecuador: Taxo (*Passiflora tarminiana* V.E.Barney), Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), Passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) Strawberry (*Fragaria chiloensis* L.), Uvilla (*Physalis peruviana* L. ) . and characterize them by subsequently analyzing different extraction methods, determining at which concentration of water-ethanol solution the polyphenols are best preserved. Four formulations with 0%, 20%, 40% and 80% Water-Ethanol solution were evaluated with 5 grams of the sample of each one of the fruits for subsequent analysis, by measuring the concentration of polyphenols and antioxidant capacity with the help of the UV-Vis equipment and using Folin Ciocalteu reagent, 20% sodium carbonate, gallic acid and DPPH reagent. Once the results of the concentration of polyphenols were obtained, the 3 fruits with the highest polyphenols (Uvilla, Taxo, Naranjilla) were selected. Copper and iodine nanoparticles were synthesized by the precipitation method for their next characterization and stability measurement with the help of the DLS and UV-Vis technique, for this the extracts of the 3 best fruits with the highest concentration of polyphenols were obtained as reducing agent. Therefore, obtaining oxidized nanoparticles of Copper and Iodine with a diameter of 8 to 12 nm on average.

*Keywords:* Nanoparticles, Polyphenols, Antioxidants, Synthesis

## Capítulo I: Introducción

### Planteamiento del problema

El Ecuador es conocido por su extensa biodiversidad debido a la ubicación geográfica que posee, es cede de microclimas que permiten cultivar frutas que crecen en clima frio como en un clima cálido, dentro de la flora ecuatoriana se encuentran frutas con alto contenido de polifenoles y antioxidantes que poseen un alto valor nutricional y hoy por hoy se está aprovechando su potencial dentro de la investigación con nanopartículas. (Llerena, 2014) (Gómez García , 2021) (Pardo, Arias, & Molleda, 2022).

La nanotecnología es la ciencia que estudia y desarrolla el manejo de trabajar y fabricar materia a una escala nanométrica permitiendo el desarrollo de nuevos materiales y estructuras, por este motivo se trata de implementar la innovación dentro de la industria del Ecuador utilizando esta nueva tecnología, se imparten cátedras relacionadas con la nanotecnología dentro de las universidades ecuatorianas. En los últimos años el desarrollo de la nanotecnología a generado un abanico de oportunidades con el afán de que se formulen nuevos productos, y teorías en el área de investigación. (Campos, 2022) (Alvarracin Baculima, Cuenca León, & Pacheco Quito, 2021) (Naranjo Logroño, Cuzco Macías, Cepeda Auquilla, & Cabay Cepeda, 2019).

Las nanopartículas de cobre sintetizadas con química verde se están utilizando en muchos proyectos como el fitomejoramiento, en productos farmacéuticos, en la construcción de hormigón, y como pesticidas y agentes antimicrobianos (Román, Gómez, Solis, & Gómez, 2020). La química verde consiste en desarrollar productos que no tengan un fuerte impacto ambiental, evitando generar residuos tóxicos o dañinos, siendo así más amigable con el medio ambiente y más económica. (Aguilar Hernández, 2019). (Santana Báez, Mendoza Martín, Quevedo Villegas, & Gutiérrez Disla, 2018)

## Justificación del problema

Este estudio se realizó con la finalidad de investigar extractos polifenólicos frutales que actúen como agentes reductores para la síntesis de nanopartículas de cobre, tomando como referencia investigaciones previas de las frutas originarias de la región andina, por consecuencia y con base a esta información realizar una actualización de la concentración de polifenoles y capacidad antioxidantes en las frutas ecuatorianas. (Alvarez, 2008) (Garzó, 2018) (Poveda Núñez, 2014)

Las nanopartículas de cobre tradicionales tienen una gran cantidad de estudios probados en el área industrial, pero el objetivo de este proyecto es demostrar que las nanopartículas de cobre sintetizadas con química verde son igual de efectivas, con la diferencia que son mucho más económicas y amigables con el medio ambiente, Las aplicaciones de estas nanopartículas son muy diversas como para el desarrollo de nano pesticidas, tratamientos terapéuticos, incluso en la industria de la construcción se están desarrollando protocolos donde se implementa las nanopartículas dentro del hormigón para aprovechar su efecto antibacteriano y antifúngico para que de esta manera las estructuras se preserven durante más tiempo. (Tsotsis, 2018) (Shamaila, y otros, 2016) (Roy, Gaur, Jain, Bhattacharya, & Rani, 2013) (Hochella , y otros, 2008)

Al realizar síntesis verde de nanopartículas de Cobre se espera dar solución al exceso de contaminación por residuos químicos, también se considera que la química verde es mucho más económica y no es dañina para la salud del operador (Anastas & Warner, 1998). La síntesis de nanopartículas requiere de reactivos químicos muy costosos y nocivos para la salud, es por esto que se optó por seguir una química verde tanto para la síntesis de las nanopartículas de cobre como para las nanopartículas de yoduro de cobre (Wang, 2019) (Kalaiarasi, Jayallakshmi,, & Venkatachalam, 2010).

## Objetivo general

Sintetizar nanopartículas, utilizando extractos polifenólicos de 5 frutas de Ecuador: Taxo (*Passiflora tarminiana* V.E.Barney), Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), Maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) Frutilla (*Fragaria chiloensis* L.), Uvilla (*Physalis peruviana* L.) y caracterizarlas posteriormente.

## Objetivos específicos

- Extraer polifenoles de 5 frutas de Ecuador: Taxo (*Passiflora tarminiana* V.E.Barney), Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), Maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) Frutilla (*Fragaria chiloensis* L.), Uvilla (*Physalis peruviana* L.) utilizando dos tipos diferentes de agitación orbital y rotacional a 4 distintas concentraciones en agua y etanol al 20%,40% y 80%. Para su próxima medición.
- Medir la concentración de polifenoles y capacidad antioxidante con ayuda del equipo UV-Vis y utilizando reactivo de Folin Ciocalteu, carbonato de sodio al 20%, ácido gálico y reactivo de DPPH en los laboratorios del CENCINAT, realizando una comparación estadística entre las 5 frutas seleccionadas; para seleccionar los 3 mejores extractos.
- Sintetizar nanopartículas con sales de yodo y cobre a partir de sus sales y con la técnica de precipitación, dentro del laboratorio del CENCINAT, con las 3 mejores muestras de frutas con mayor concentración de polifenoles y capacidad antioxidante; para su próximo análisis en DLS y UV-VIS.
- Caracterizar nanopartículas y medición de estabilidad mediante el uso de equipos y técnicas como DLS y UV-VIS; para verificar que los polifenoles y agentes antioxidantes presentes en las frutas del Ecuador actúan como agentes reductores y estabilizantes de las nanopartículas previamente sintetizadas.

**Hipótesis**

Las frutas ecuatorianas con mayor concentración de polifenoles pueden ser utilizadas como agentes reductores para la síntesis de nanopartículas.



## Capítulo II: Marco Teórico

### Muestras frutales

#### **Taxo (*Passiflora tarminiana* V.E.Barney)**

La *pasiflora tarminiana* es una planta que crece en la región andina de Sudamérica conocida comúnmente como el taxo amarillo, esta planta es reconocida por su fruto que es utilizado como fuente de alimento en países como Colombia, Ecuador, Perú, entre otros (Zambrano, Villamarín Abadie, & del Rocío, 2020). La familia de las pasifloráceas se caracteriza por ser en su mayoría arbustos o enredaderas (trepadoras) con frutos comestibles, crecen en las zonas altas de toda América. (Stevens, 2017). La familia de la *Passiflora* es conocida por poseer un alto contenido de polifenoles y antioxidantes, entre estos se encuentran los flavonoides, antocianinas y alcaloides que son propios de esta especie y se encuentran en gran abundancia especialmente en el fruto, es utilizado en las comunidades indígenas por su alto contenido nutricional. (Bravo, Duque, Ferreres, Moreno, & Osorio, 2017).

La provincia de Tungurahua encabeza la producción de taxo a nivel nacional, se destina aproximadamente 192912 metros cuadrados para la producción de dicha fruta, los agricultores de esta región venden esta fruta de manera local. La planta de taxo da frutos todo el año, pero el pico de producción se da en el mes de enero y mayo rodeando el 37% de cosecha a nivel nacional. (LLAMUCA, 2012)

#### **Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.)**

La naranjilla o Lulo pertenece a la familia Solanaceae, perteneciente a la especie *S. quitoense* que alude a la región donde se la localizo (Quito). Se encuentran en países como Ecuador, Colombia, Perú. (Medina C., Lobo A., & Martínez B., 2009) Es una fruta exótica que se da a las faldas de la cordillera de los andes crece en clima templado, subtropical húmedo. (Revelo & Sandoval, 2003).

El fruto de la *Solanum quitoense* Lam. Posee una textura lisa en la cascara de un color naranja intenso cuando ha completado su maduración, cubierto por pequeños espinos, su pulpa es de un color verdoso con un sabor ácido. Esta fruta posee un alto contenido de vitamina C, antioxidantes y polifenoles, por este motivo es una fruta muy cotizada y exportada a diferentes partes del mundo.

(Casierra-Posada, García, & Lüdders, 2004)

En el 2002 la amazonia ecuatoriana era la mayor productora de naranjilla a nivel nacional, El 97% de la producción del país se enfocaba en las provincias de Napo, Pastaza, Morona Santiago y Sucumbíos, los rendimientos en producción de naranjilla rodean los 3.56 toneladas por cada hectárea sembrada, según expertos del INEAP esta producción es baja para el potencial de la planta. (López, 2019)

### ***Maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa Deg.)***

La Maracuyá o *Passiflora edulis f. flavicarpa* crece en clima neotropical, pertenece a la familia de las *Passifloraceae*, este género posee aproximadamente 80 especies las cuales se caracterizan por su fruto comestible (Coppens d'Eeckenbrugge, Segura, Hodson de Jaramillo, & Góngora, 1997).

La Maracuyá es el futo más importante de su familia, debido a que es altamente comercializado a nivel de Latinoamérica y en algunos países en una fruta de exportación. (Lima & Cunha, 2004). Según un reportaje del telégrafo el ecuador cosecha alrededor de nueve mil toneladas de pulpa de maracuyá, esta fruta es muy cotizada por países como Holanda, Estados Unidos, Australia, Canadá, Portugal y Colombia siendo estos los principales mercados para dicha fruta, por otra parte, datos del ministerio de agricultura muestra que entre enero a julio del 2014 se exporto 52.3 millones de dólares en maracuyá. (Telégrafo, 2014)

En el Ecuador esta fruta se da en las regiones subtropicales durante todo el año, aunque cabe mencionar que su pico de producción se da entre los meses de abril a septiembre y entre diciembre a enero (Pereira, 2015). Dentro del país el cultivo del maracuyá está distribuido especialmente en la región

costa siendo los mayores productores de este producto las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo, Santa Elena, Guayas y Manabí. (Alcívar, 2014)

### ***Frutilla (Fragaria chiloensis L.)***

La *Fragaria chiloensis* proviene de la familia Rosaceae del género *Fragaria* puede adaptarse a todo tipo de clima, llegando a resistir hasta heladas de menos 20 grados centígrados. La Fresa o Frutilla es un fruto dulce con un color rojo intenso en su estado de maduración, a lo largo de los años se ha implementado nuevas técnicas para el cultivo de esta fruta, como nos indica (Folquer, 1986) se extiende un largo plástico en el suelo con pequeñas cavidades donde crecerá el tallo, esta técnica evita el contagio de plagas que provienen desde el suelo.

Se tiene registro de esta fruta por el siglo XVI descritas por un fraile franciscano de nombre Gregorio Fernández de Velasco (Folquer, 1986) , es cultivada a nivel andino de Latinoamérica siendo principal exportador Chile, aunque Ecuador tiene una buena calidad de frutilla, la planta de las fresas se considera una planta perenne es decir que se tiene que renovar la planta todos los años (Serrano, 1996). Esto implica una fuerte inversión para los agrícolas ya que para la trasplantación se requiere mucha mano de obra dependiendo del tamaño de la finca.

La producción de frutilla en el país se concentra en la provincia de pichicha, en donde se concentra el 90% de la producción total a nivel nacional, se estima alrededor de 119.02 hectáreas destinadas exclusivamente a producción de esta fruta, la mayor concentración de cultivos de frutilla se encuentra en el valle de Tumbaco que es el mayor proveedor de frutilla a empresas como: Corporación La Favorita, Mi comisariato y el Mercado mayorista en Quito, Esmeraldas, Guayaquil y Cuenca. (Tuston Chacon , 2012)

### ***Uvilla (Physalis peruviana L.)***

La uvilla o uchuva proviene de la familia de las Solanaceae, existen alrededor de 80 variedades alrededor de Latinoamérica. (Cedeño & Montenegro , 2004). Esta fruta se caracteriza por su sabor dulce cítrico, se da en climas subtropicales y no crece más de los 90 centímetros en caso muy extremos y con las condiciones adecuadas se han registrado que la planta de Uvilla puede crecer hasta el metro ochenta en países como Ecuador, Colombia, Venezuela y Perú (Tapia & Fries, 2007).

La *Physalis peruviana* L. es una planta originaria de los andes y se ha utilizado de manera ancestral en las comunidades indígenas de la región, Colombia y Sudáfrica son los mayores exportadores de esta fruta a nivel mundial (Castro , Rodriguez, & Vargas, 2008). En el Ecuador provincias como Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua son las mayores productoras de esta fruta, sumando entre las tres provincias un total de 22 hectáreas destinadas al cultivo y cosecha de uvilla, obteniendo un total de 266.000 kilos durante todo el año ( PROAÑO GUANOLUISA, 2003).

### ***Antioxidantes***

Los antioxidantes como su nombre lo indica son compuestos que impiden la formación de óxidos, estos pueden ser de origen natural proveniente de materia vegetal como las frutas, por otra parte, existen los antioxidantes de origen artificial que son sintetizados químicamente en un laboratorio. La última década se ha caracterizado por un creciente interés por los antioxidantes naturales. Como consecuencia, actualmente se dispone de una cantidad abrumadora de información científica que promete seguir aumentando. La baja incidencia de enfermedades crónicas en sociedades cuyas dietas son ricas en frutas, verduras y productos derivados ha sido ampliamente documentada con estudios epidemiológicos (Oomah & Mazza, , 2000) .Los beneficios para la salud que poseen estos antioxidantes se atribuyen a los compuestos fitoquímicos presentes en muestras vegetales, gracias a estos compuestos fitoquímicos se puede prevenir algunos daños celulares. (Konczak, & Roulle, , 2011)

Aunque se ha publicado una extensa lista de estudios sobre las propiedades antioxidantes y los compuestos polifenólicos de frutas en distintas regiones del mundo, la región andina en cierto modo no ha recibido tanta atención y los estudios realizados en países como Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia son muy limitados. (Konczak, & Roulle, , 2011). Los antioxidantes presentes en las frutas del Ecuador poseen la capacidad de captar los radicales libres produciendo que estos se reduzcan debido a la pérdida de oxígeno, este mismo principio se aplica para la síntesis de nanopartículas de cobre partiendo de una solución sulfatada junto con uno de los antioxidantes presentes en las frutas. (Delgado, Betanzos, & Sumaya, 2010)

### ***Polifenoles***

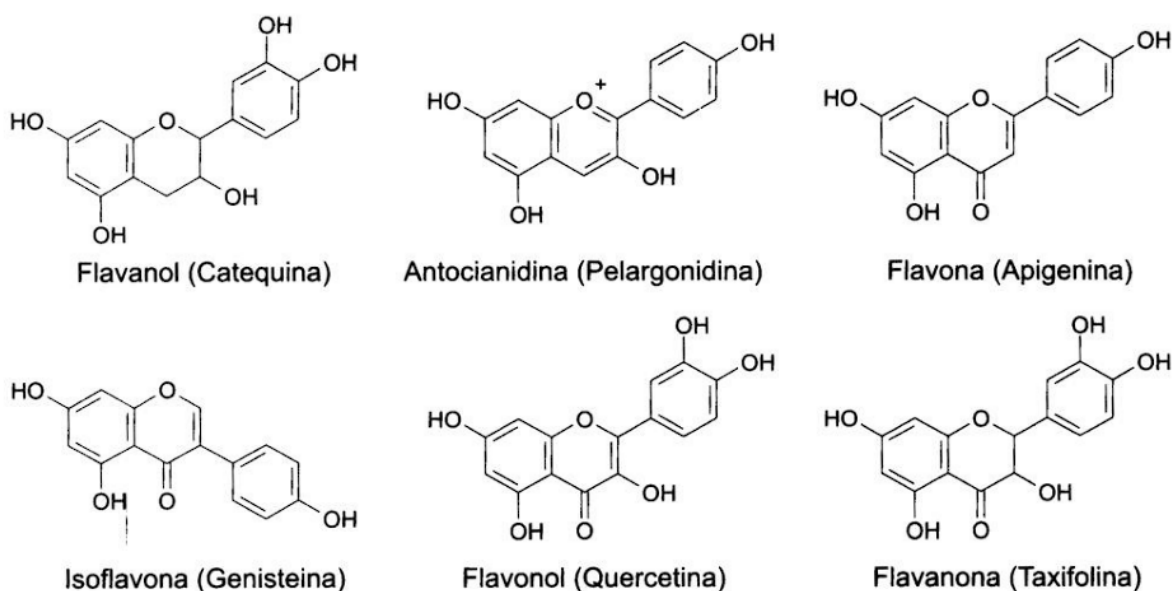
Los polifenoles son moléculas que conforman los metabolitos secundarios de algunas plantas y frutas, dentro de la naturaleza se encuentran diversificados, esto dependerá de la especie, género y familia a la que pertenezca la planta que sintetice estos compuestos polifenólicos (Quiñones, Miguel, & Alexandre, 2012). Hoy en día estos polifenoles son estudiados con el objetivo de analizar el potencial que tienen en la síntesis de nanopartículas mediante química verde, debido a su potencial de oxidación estudios recientes revelan que se pueden aplicar incluso en la asimilación de nutrientes y la actividad enzimática (Manach, Scalbert, Morand, Rémésy, & Jiménez, 2004). Se clasifican en algunos tipos de compuestos:

**Flavonoides:** Los flavonoides provienen de aminoácidos aromáticos, fenilalanina y tirosinas. Los flavonoides son los compuestos más abundantes dentro de la naturaleza, se caracterizan por ser de bajo peso molecular y cumplen funciones fundamentales en el desarrollo de las plantas. Como mencionan en (Zhang, Cai, Duan, Reeves, & He, 2015) y (Crozier, Del Rio, & Clifford, 2010) existen subgrupos dentro de los flavonoides, estos se dividen en: Flavonoles, flavonas,

flavanonas (dihidroflavonas), isoflavonas, antocianidinas y flavanoles como se muestran a continuación en la figura 1 (Quiñones, Miguel, & Aleixandre, 2012).

**Figura 1**

*Flavonoides*



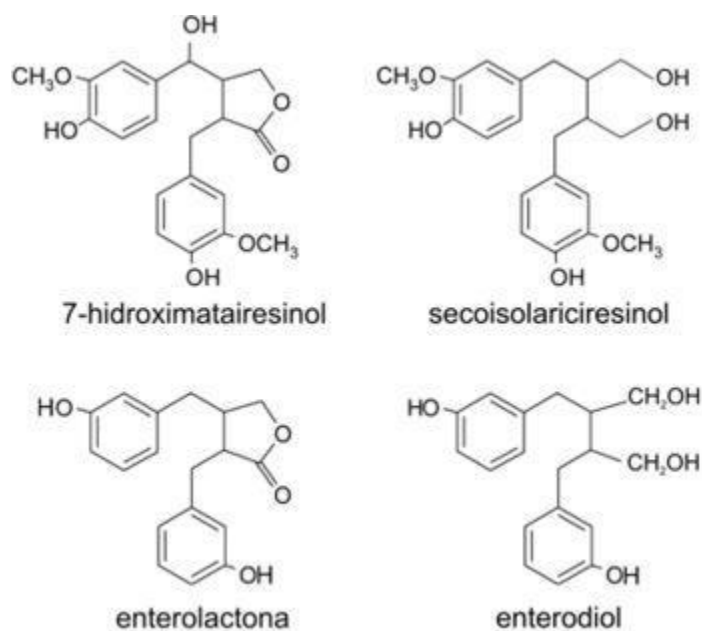
*Nota:* Estructura de los principales flavonoides obtenida de ( Farfán Barrera, Hernández, & Reyes, 2012)

**No flavonoides:** Dentro de los polifenoles no flavonoides se encuentran los ácidos hidroxibenzoicos, los hidroxicinamatos C6-C3, los taninos hidrolizables, los estilbenos, los lignanos mostrados en la figura 2 y neolignanicos (Zhang, Cai, Duan, Reeves, & He, 2015). Estos compuestos no flavonoides aun cumple funciones importantes en las plantas como los lignanos que están encargados de la defensa fitoquímica de la misma (Stalikas, 2007).



Figura 2

Estructuras de los No flavonoides



*Nota:* Estructura de los lignanos categorizados dentro del grupo de los no flavonoides.

## Nanopartículas

No se puede hablar de nanopartículas si primero no mencionamos la nanotecnología, la nanotecnología es la ciencia que aplica técnicas a escala nanométrica. En los últimos años se han realizado más estudios en el campo de la síntesis de las nanopartículas y la aplicación que se les puede dar, ya sea en nanomateriales o en nanomedicina (Baraton , 2015) .

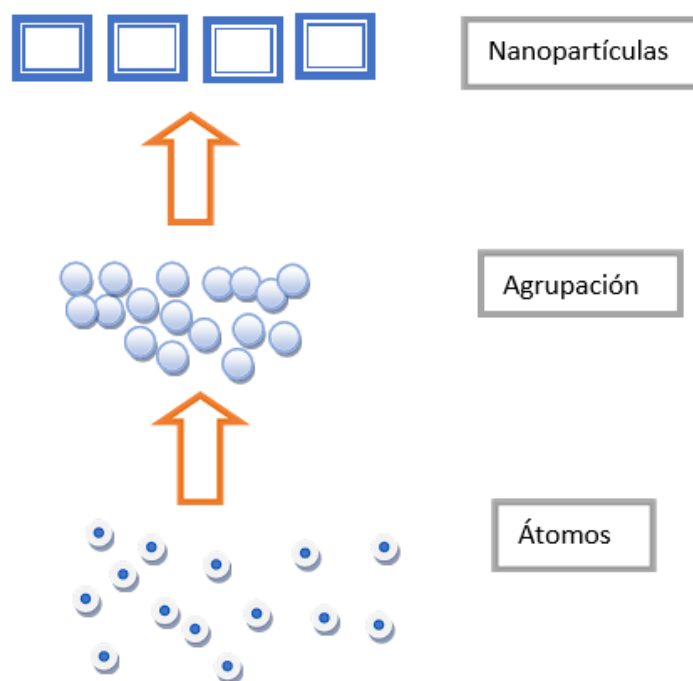
Se define como nanopartícula a toda partícula que tenga un tamaño mayor a 1 nanómetro (nm) y menor a 100 nm y que se mantengan separadas unas de las otras, a este fenómeno se le llama estabilidad de una nanopartícula. Una nanopartícula estable es aquella que no se aglomera y se mantiene suspendidas entre sí por un periodo de tiempo, el objetivo de una nanopartícula es que se mantenga estable para su aplicación ya sea en el campo de la nanomedicina o en la fabricación de un

nanomaterial (Lu., 2013). Dentro de la síntesis de nanopartículas existen varios métodos, pero en este trabajo nos enfocaremos en el Bottom Up.

**Bottom up:** Esta técnica entra en el campo de la nanotecnología molecular, en simples palabras se fabrica nanopartículas al funcionar dos elementos a escala atómica y molecular como se muestra en la figura 3, para que una vez completada esta unión se obtenga una nueva estructura. Esta técnica generalmente es realizada con compuestos químicos partiendo de moléculas que se auto ensamblan por afinidad a los elementos creando un nuevo producto ( Aguayo González., Zarzuela Roldán, & Lama Ruiz., 2011).

**Figura 3:**

*Línea de ensamblaje Bottom up.*



*Nota:* dentro de la figura podemos evidenciar el orden que se sigue para la técnica Bottom up, partiendo de la conformación atómica, llegando a la fase de acumulación y finalmente a la síntesis de las nanopartículas.

### ***Nanopartículas de cobre (Cu NPs)***

Existen numerosos métodos para la síntesis de nanopartículas de cobre, y se han desarrollado varias técnicas debido al potencial que presenta este tipo de nanopartículas. Existen varios estudios sobre las técnicas con las cuales se pueden sintetizar estas nanopartículas entre estas esta la química verde que utiliza compuestos orgánicos como agentes reductores basándose en su potencial redox como se muestra en la tabla 1, los valores de esta tabla deberán ser superior al potencial redox del cobre tabla 2 para asegurar que el compuesto polifenólicos redujo al cobre por definición el potencial redox es un medida química que determina el paso de electrones en una reacción de oxido reducción (Barrabés , y otros, 2006).

Para que una nanopartícula se considere una estructura ideal se debe considerar la estabilidad de la misma, es por este motivo según (Guzmán Duxtán, Rengifo Maraví, & Echevarría Muñoz, 2020) se debe analizar la estabilidad en las nanopartículas mediante el método de microondas, pero en este estudio se utilizó el análisis mediante dispersión de luz dinámica (DLS).

**Tabla 1:**

*Tabla de potenciales de reducción de los polifenoles*

<b>Compuestos fenólicos</b>	<b>Epa [Voltios]*</b>
Naringenina	0.76
Hesperetina	0.72
Ácido p-cumárico	0.59
Ácido ferúlico	0.53
Luteolin	0.41
Fisetina	0.39
Kaempferol	0.39
<b>Compuestos fenólicos</b>	<b>Epa [Voltios]*</b>
Ácido clorogénico	0.39
Catequina	0.36
Ácido cafeico	0.31
Quercetina	0.29
Miricetina	0.20

\*EPA = Valores de los potenciales de reducción para algunos compuestos polifenólicos.

*Nota:* En la siguiente tabla se presenta el potencial redox de algunos polifenoles obtenidos de (Santos-Espinoza, Gutiérrez-Miceli, Ruíz-Valdiviezo, & Montes-Molina, 2020)

**Potencial redox del cobre:** para determinar el potencial redox del cobre se debe tomar como referencia el electrodo estándar o normal de hidrogeno  $E_{\frac{H^+}{H_2}}^0 = 0V$  por ende, el potencial redox del cobre es:

**Tabla 2:**

*Tabla de Potenciales Estándar de Reducción de cobre*

Semirreacciones de Reducción	$E^0$ (Voltios)
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	+ 0.34

### Capítulo III: Metodología

#### Fase de campo

#### *Selección de frutos*

Para la selección de frutas se escogió dentro de un Minimarket local llamado “El Surtido” ubicado en la Av. Puerto Rico sector del Valle de los Chillos en la provincia de Pichincha / Ecuador con coordenadas -0.30652004397735383, -78.4382589148822. La vendedora supo indicarnos la ubicación de donde proviene cada fruta y las condiciones a las que estas fueron cosechadas y cultivadas. Se seleccionaron las frutas que estén más frescas y sin presencia de plagas tanto en la cascara como en la pulpa. Se escogieron 5 frutas las cuales existen menor información bibliográfica respecto a la capacidad antioxidante y la concentración de compuestos polifenólicos, las frutas seleccionadas de muestran en la tabla 3.

**Tabla 3:**

#### *Frutas seleccionadas*

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre científico</b>
Taxo	<i>Passiflora tarminiana</i> V.E.Barney.
Naranjilla	<i>Solanum quitoense</i> Lam.
Maracuyá	<i>Passiflora edulis f. flavicarpa</i> Deg.
Frutilla	<i>Fragaria chiloensis</i> L.
Uvilla	<i>Physalis peruviana</i> L.

### **Origen de las muestras frutales**

#### **Finca Ecuamazonic natural**

Es una finca ubicada a 42 km de la vía Puyo-Palora en la provincia de Pastaza latitud  $-1.7210886865745312$ , longitud  $-77.8732414636361$  el clima en esta región es cálido húmedo con alto índice de precipitación. De esta finca provienen 3 de las 5 muestras frutales que son: Naranja (*Solanum quitoense* Lam.), Taxo (*Passiflora tarminiana* V.E.Barney), Maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.).

#### **Figura 4:**

##### *Ubicación de la finca Ecuamazonic natural*



*Nota:* El gráfico muestra la ubicación de la Finca Ecuamazonic natural obtenida de google maps.

#### **ECOANDES**

Las frutillas provienen de una finca llamada ECOANDES ubicado en la Eduardo Crespo y 10 de julio en el cantón Quito, en la provincia de pichincha, latitud  $-0.11215821547409002$ , longitud  $-78.34606099559313$ , esta región posee un clima templado seco y se encuentra ubicado a 2415 metros sobre el nivel del mar.



**Figura 5:**

*Ubicación de la finca ECOANDES.*



*Nota:* La figura muestra la ubicación de la finca ECOANDES, obtenida mediante google maps.

### **Agrícola Arenas.**

Las uvillas provienen de una finca al norte de Ecuador en la Provincia de Imbabura, específicamente en un Pueblo llamado San miguel de Urququi, latitud 0.5053805100051912, longitud -78.19198354224737 la temperatura promedio oscila entre 14°C a 19°C y está ubicado a 2,307 sobre el nivel del mar.

**Figura 6:**

*Ubicación de la Finca Agrícola Arenas.*



## **Fase de laboratorio**

### ***Pretratamiento del material vegetal***

Se lavó las muestras frutales con agua potable y abundante jabón para eliminar todo rastro de suciedad que pueden estar presentes en la cascara o pulpa, una vez lavado se colocó en un mesón con papel absorbente para secar las frutas y posteriormente se dejó en refrigeración. A continuación, se

trituro la fruta con un procesador de alimentos eléctrico marca Oster. Una vez procesada la muestra frutal se colocó 5 gramos previamente pesados en la balanza analítica marca RADWAG modelo AS 220.R2, y se traspasó a tubos de vidrio con tapa rosca previamente etiquetados.

### ***Determinación de porcentaje de humedad en las frutas***

Para la determinación de la humedad en fruta se tomó una muestra de la pulpa de cada una de las frutas y con la ayuda de un cuchillo se cortó un pedazo de la fruta y se la pesó inicialmente con una balanza analítica marca RADWAG modelo AS 220.R2, una vez obtenido el peso inicial de la fruta a continuación se coloca en una estufa marca Memmert durante 24 horas a 120 grados centígrados. Una vez transcurrido el tiempo estandarizado se retira la muestra de la estufa y se pesa la muestra deshidratada según indica en (Ranganna, 1977). Se siguió la siguiente formula establecida por:

$$\% \text{ de humedad} = \left( \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \right)$$

En donde:

$P_i = \text{Peso inicial}$

$P_f = \text{Peso final}$

### ***Extracción de polifenoles***

#### **Preparación de la disolución agua Etanol**

Se requirió preparar una solución de etanol con agua tipo 1 a diferentes concentraciones 0%,20%,40%,80% como se indica en la tabla 4 según como indica en (Salgado, 2018). Para esto se estableció preparar 500 ml de cada una.

**Tabla 4:**

*Tabla de concentraciones para la dilución de etanol al 0%,20%,40%,80%*

<b>Concentración Etanol -Agua</b>	<b>Cantidad de Agua (ml)</b>	<b>Cantidad de etanol (ml)</b>
0%	500	0
20%	400	100
40%	300	200
80%	100	400

Una vez preparada las soluciones a diferentes concentraciones se tomaron 10 ml de cada concentración y se colocó en diferentes tubos de vidrio junto con 5gr de cada muestra frutal procesada anteriormente, se etiqueto los tubos con el tipo de agitación y el extracto frutal que se incorpora siguiendo la nomenclatura establecida en las tablas 5 ,6.

#### **Agitación orbital**

Dentro del diseño experimental se estableció una agitación orbital, para este ensayo se configuro la mesa de agitación marca WiseShake a 100 rpm y se etiqueto los tubos con un asterisco para diferenciarlos de otros ensayos. A continuación, se procede a dejar en agitación toda la noche.

**Tabla 5:**

*Nomenclatura del ensayo agitación orbital*

<b>Nombre</b>	<b>Siglas</b>
Uvilla	* <i>Uv</i>
Frutilla	* <i>ill</i>
<b>Nombre</b>	<b>Siglas</b>
Maracuyá	* <i>My</i>

Naranja	* $Nr$
Taxo	* $Tx$

### **Agitación rotacional**

Dentro del diseño experimental establecido para la extracción de polifenoles se realizó dos tipos de agitaciones, la agitación rotacional se realizó con ayuda de un equipo fabricado dentro del laboratorio de materiales avanzados de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE como se muestra en la figura 7, este agitador rotacional gira a una velocidad de 50 vueltas por minuto y no tiene una marca comercial.

**Tabla 6:**

*Nomenclatura del ensayo agitación orbital*

<b>Nombre</b>	<b>Siglas</b>
Uvilla	Uv
Frutilla	ill
Maracuyá	My
Naranja	Nr
Taxo	Tx

Una vez se etiquetó los tubos se agregó 5 gr de las muestras frutales junto con 10 ml de solución de Agua etanol se mantuvieron a en agitación durante 16 horas para al día siguiente ser retiradas del agitador rotacional.

**Figura 7:**

*Agitador Rotacional*



*Nota:* En la siguiente imagen se presenta el agitador rotacional ubicado en el laboratorio de materiales avanzados del centro de Nanociencia y Nanotecnología CENCINAT.

### ***Determinación concentración de polifenoles***

#### **Protocolo para la curva de calibración**

Para analizar las concentraciones de polifenoles, se requirió realizar una curva de calibración partiendo de una solución madre con una concentración de 5 mg/l, para esto se utilizó los datos de la tabla 7 y una vez fabricada la solución madre se realizaron las diluciones siguiendo las indicaciones de la tabla 8. Se siguió la preparación de reactivos según (CABASCANGO, 2018)

#### ***Preparación de reactivo de ácido gálico***

Se requiere preparar una disolución de ácido gálico de 0.1 g/l, para esto se debe pesar 0.025 g de ácido Gálico y se colocara en un balón de 250 ml cubierto previamente con aluminio para protegerlo de la luz, se afora los 250 ml con agua destilada y se agita, para finalizar se deja reposar a la solución.

***Preparación de carbonato de sodio al 20%***

Pesar 20 g de carbonato de sodio en un matraz de 100 ml, agitar con agitación magnética fuerte hasta asegurar que todos los cristales se hallan disueltos (no se debe aplicar calor), una vez terminado este proceso es indispensable filtrar la solución con filtros de 0.2  $\mu$ m marca Advangene Store y almacenar a temperatura ambiente.

***Preparación del reactivo de Folin Ciocalteu***

El reactivo de Folin Ciocalteu de la marca Thermo Scientific disponibles en el laboratorio a 2N por lo que se diluyó a 1N, se diluyó 1:2 del reactivo con agua destilada. Una vez disuelta la solución es necesario proteger de la luz y colocar en el refrigerador, para el proceso de la curva de calibración se prepara 100ml de reactivo

***Preparación de solución Madre para la curva de calibración***

Para la solución madre se ocupó un vial ámbar de 20 ml, se procura tener una solución madre de concentración 5 mg/L de ácido gálico siguiendo las recomendaciones de (Gutiérrez Avella, Ortiz García, & Cisneros, 2008).



**Tabla 7:**

*Concentración de reactivos para la solución madre*

<b>Solución madre de 5 mg/l</b>	
ÁCIDO GÁLICO	500 ul
CARBONATO DE SODIO AL 20%	1250 ul
REACTIVO DE FOLIN CIOCALTEU	1250 ul
AGUA DESTILADA	7000 ul

Una vez preparada esta solución madre se la lleva a un proceso de filtración con microfiltros de 0.2 nm marca Advangene Store, dejándolo reposar durante 10 minutos. Partiendo de la solución madre preparada anteriormente se realizó diluciones en serie para obtener las concentraciones de 4 mg/L, 3 mg/L, 2mg/L, 1 mg/L como se indica en la tabla 8.

**Tabla 8:**

*Cálculos para la dilución de la solución madre.*

<b>Concentración</b>	<b>Volumen tomado de la solución anterior (ml)</b>	<b>Cálculos de la nueva concentración</b>	<b>Volumen necesario (ml)</b>
4 mg/L	8 ml	$v_1 = \frac{4 \frac{mg}{l} * 8 ml}{5 \frac{mg}{l}}$	V1= 6.4 ml Agua destilada = 1.6 ml
3 mg/L	6 ml	$v_1 = \frac{3 \frac{mg}{l} * 6 ml}{4 \frac{mg}{l}}$	V1= 4.5 ml Agua destilada = 1.5 ml
2mg/L	4 ml	$v_1 = \frac{2 \frac{mg}{l} * 4 ml}{3 \frac{mg}{l}}$	V1= 2.67 ml Agua destilada = 1.33 ml
1mg/L	3 ml	$v_1 = \frac{1 \frac{mg}{l} * 3 ml}{2 \frac{mg}{l}}$	V1= 1.5 ml Agua destilada = 1.5 ml

Una vez realizadas todas las diluciones se dejará reposar a las soluciones por 4 días.

### ***Medición de absorbancia en el Espectrofotómetro UV-Vis***

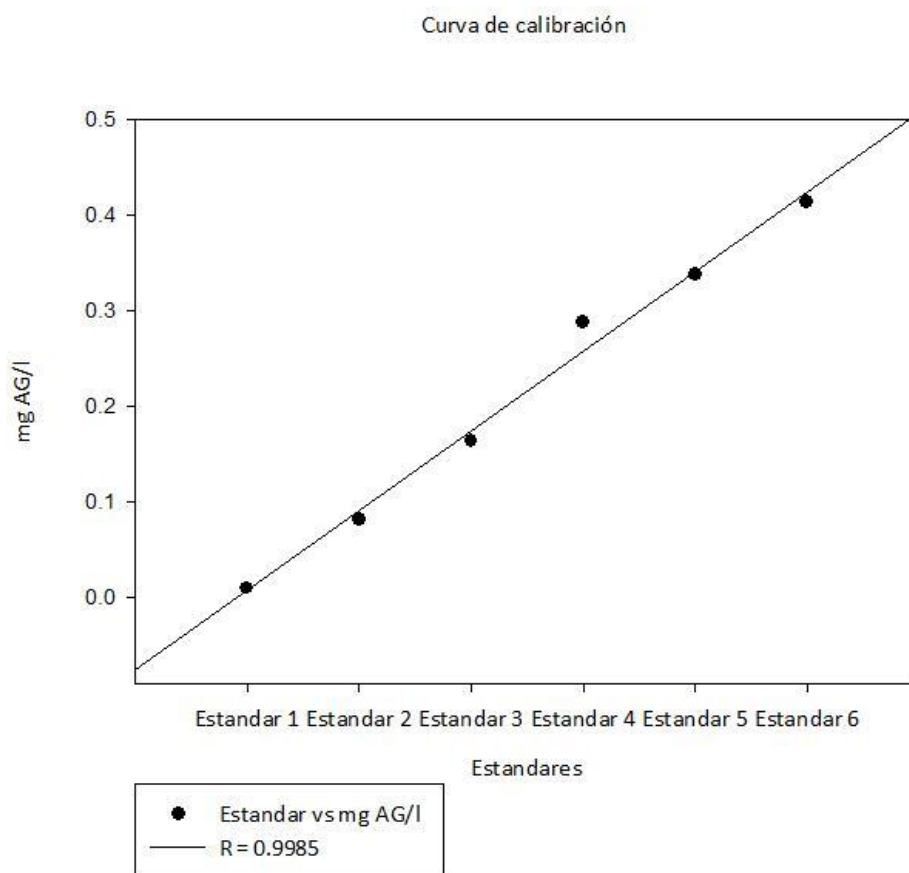
Para medir las muestras en el espectrofotómetro de uv visible marca SPECORD, primero se configuró los parámetros de medición dentro del programa, estableciendo la absorbancia a 760 nm. Para esta curva de calibración se tomaron alícuotas de 2 ml de cada dilución realizada en la tabla 8, Dentro del programa se colocó las concentraciones de cada solución así el equipo pudo



analizar las muestras y se obtuvo una curva de calibración con un R cuadrado de 0.99 como se muestra en la figura 8.

**Figura 8:**

*Curva de calibración para la cuantificación de polifenoles totales*



### **Protocolo para cuantificación de polifenoles en el espectrofotómetro UV-Vis**

Una vez configurada la curva de calibración se realizó una dilución de los extractos, para esto se tomó 10  $\mu$ l de extracto diluido en 10 ml de agua. Se configura los parámetros del espectrofotómetro para que el equipo lea las muestras en 760 nm.

**Unidad experimental:** La unidad experimental fue 5 gr de muestras frutales junto con las diluciones a diferentes concentraciones de etanol en tubos de ensayo de 15 ml

**Diseño experimental:** Se realizo un diseño experimental multifactorial de dos columnas en donde se analizará las diferentes concentraciones de etanol, junto con dos tipos distintos de agitación, como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9:**

*Diseño experimental para cuantificación de polifenoles*

Tipo de agitación	Concentración de Etanol	Muestras (mg de ácido gálico/l)				
		Uvilla	Frutilla	Taxo	Naranja	Maracuyá
Rotacional	0%					
	20%					
	40%					
	80%					
Orbital	0%					
	20%					
	40%					
	80%					

#### **Protocolo para determinar la capacidad antioxidante**

Para determinar la capacidad antioxidante se siguió el protocolo establecido en (FAJARDO, 2016) donde se utiliza el reactivo de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo de la marca thermo scientific ubicado en la bodega del CENCINAT.

#### **Preparación método DPPH**

Se preparó una solución de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo conocido por sus siglas DPPH, se pesó 0.004 g en matraz aforado, se disolvió en 100 ml de metanol al 80%, a continuación, se utiliza un matraz protegido contra la luz y se lo deja en sonicación durante 20 minutos.

### Actividad antioxidante

Para la actividad antioxidantes se debe calibrar el equipo Uv-Vis para medir la absorbancia a 515 nm, con el reactivo DPPH que realizamos anteriormente, se hace reaccionar directamente en las celdas de cuarzo por un total de 10 minutos, los datos arrojados por el equipo se anotaran como indica en la tabla 10. Este tiempo de medición se realizará en intervalos de 2 minutos para evidenciar que el DPPH que inicialmente tiene un color purpura fuerte toma un color amarillo conforme se le agrego los extractos frutales. Para este ensayo se tomaron 50 ul de las muestras frutales con 950 ul de DPPH. (Thaipong, Boonprakob, Crosby, Cisneros Zevallos, & Hawkins Byrne, 2006)

Se determina el porcentaje de DPPH reducido mediante la siguiente formula: (Campo, 2017)

$$\%DPPH = \frac{A_0 - A_m}{A_0} * 100.$$

**Tabla 10:**

*Capacidades antioxidantes con los diferentes extractos frutales*

<b>Capacidad Antioxidante</b>				
	Inicial	Final	Porcentaje	Aproximación (% DPPH)
<b>Uvilla</b>				
<b>Frutilla</b>				
<b>Taxo</b>				
<b>Maracuyá</b>				
<b>Naranjilla</b>				

### *Protocolo para síntesis de nanopartículas de cobre y yodo*

#### **Selección de las 3 muestras frutales.**

Se recopilo todos los datos obtenidos de la capacidad antioxidante y la cantidad de polifenoles obtenidos dentro de las 5 muestras frutales. Mediante un análisis estadístico con un ANOVA de una vía

utilizando el programa Sigma Plot versión 15 se delimito las 3 mejores muestras con estas características antes mencionadas.

### Preparación del sulfato de cobre

Se requirió preparar una solución de sulfato de cobre a 0.01 molar, para esto se calculó la cantidad de reactivo necesario para 50 ml, es importante mencionar que todas las soluciones están hechas con agua tipo 1. En el laboratorio de materiales avanzados CENCINAT existe el sulfato de cobre pentahidratado marca FISHER S. con un peso molecular de 249.68 g/mol, por consecuencia se preparó la solución en base a los cálculos a continuación.

$$249.68 \frac{g}{mol} * 0.01 \frac{mol}{l} * 0.05l = 0.125 g$$

Pero como se requiere el sulfato de cobre se realiza un reajuste con el peso molecular del  $CuSO_4 = 159.609 \frac{g}{mol}$ .

$$\frac{159.609 \frac{g}{mol} * 0.125 g}{249.68 \frac{g}{mol}} = 0.08 g$$

### Preparación de hidróxido de sodio

Se requiere preparar una solución de hidróxido de sodio marca FISHER S. a 0.01 molar, para esto se calculó la cantidad de reactivo necesario para 100 ml siguiendo los siguientes cálculos.

$$40 \frac{g}{mol} * 0.01 \frac{mol}{l} * 0.1l = 0.04 g$$

Se debe agregar 0.04g de hidróxido de sodio en 100 ml de agua destilada.

### Protocolo para la síntesis de nanopartículas de cobre

Una vez seleccionada las 3 mejores muestras frutales se extrajo 10 ml de los extractos previamente etiquetados, se filtró las muestras y agrego nitrógeno dentro de los tubos para eliminar el oxígeno del ambiente, esta técnica se implementó por recomendación de nuestra tutora Erika

Murgueitio, para a continuación reservar en un tubo falcón de 50 ml. Agregamos 5 ml de solución de sulfato cúprico mientras se mantiene en un bombeo constante de gas noble para a continuación con ayuda de pH-metro agregar la solución de hidróxido de sodio hasta llegar a un pH ideal de entre 9 - 10.

### **Preparación de Yoduro de potasio**

Para la preparación del Yoduro de potasio marca Baker Analyzed a 0.01 M, se toma en cuenta el peso molecular  $166 \frac{g}{mol}$  y se preparara 250 ml de dicha solución siguiendo los siguientes cálculos.

$$166 \frac{g}{mol} * 0.01 \frac{mol}{l} * 0.025l = 0.4 gKI$$

### **Protocolo para la síntesis de nanopartículas de Yoduro de Cobre**

Se toma como base el protocolo descrito anteriormente de las nanopartículas de cobre y siguiendo la línea de gas noble se agrega 5 ml de la solución de yoduro de potación. A continuación, se corrige el pH para que este entre 9 - 10 añadiendo hidróxido de sodio.

### ***Protocolo para la caracterización de nanopartículas***

#### **Análisis de estabilidad de las nanopartículas**

Para analizar la estabilidad de las nanopartículas se estableció un ensayo utilizando el equipo de dispersión de luz dinámica o por sus siglas en ingles (DLS) para realizar mediciones constantes añadiendo 10 ul de las nanopartículas de cobre sintetizadas anteriormente, hasta evidenciar una agrupación determinada por la gráfica arrojada el software tomando como referencia la figura 8 y analizando la tabla 11.

### **Análisis de la cinética de nanopartículas**

Para determinar la cinética de estabilidad de las nanopartículas en un periodo de tiempo se realizó un ensayo en donde se tomaron 30 ul de nanopartículas siguiendo el manual de usuario del DLS propio del laboratorio de materiales avanzados, se mide el tamaño de las nanopartículas cada 30 minutos durante 3 horas seguidas.

**Tabla 11:**

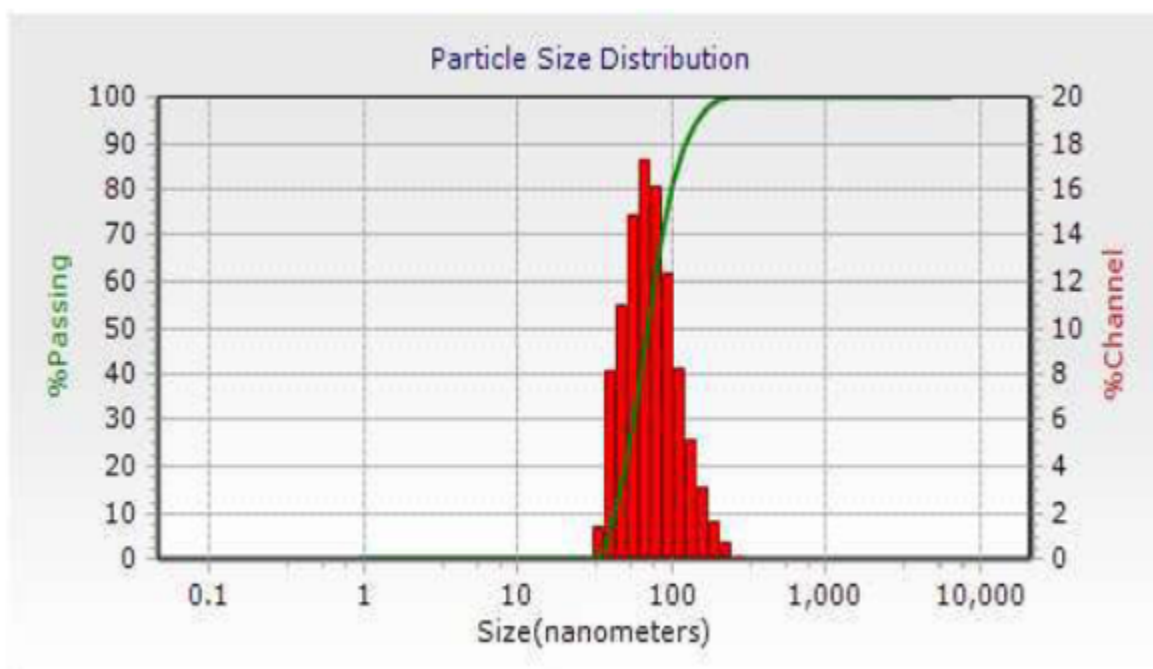
*Diseño experimental para determinar la estabilidad vs tiempo*

<b>Muestra</b>						
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Medición 1</b>	<b>Medición 2</b>	<b>Medición 3</b>	<b>Medición 4</b>	<b>Medición 5</b>	<b>Promedio (nm)</b>
<b>0</b>						
<b>30</b>						
<b>60</b>						
<b>90</b>						
<b>120</b>						
<b>150</b>						
<b>180</b>						
<b>210</b>						
<b>240</b>						
<b>270</b>						

*Nota:* En la presente tablas se registrará los datos (nm) arrojados por el DLS en el periodo de tiempo establecido (cada 30 min).

**Figura 9:**

*Ejemplo de tamaños de nanopartículas en el DLS*



*Nota:* En la figura se muestra una gráfica donde se indican el tamaño de las nanopartículas analizadas mediante el DLS.

## Capítulo IV: Resultados

### Porcentaje de humedad en las frutas

Para el porcentaje de humedad en cada una de las frutas es importante tomar en cuenta la pulpa de la fruta, por simple inspección se puede observar que cada fruta tiene un alto contenido de agua, pero una vez colocada en la estufa su volumen como su peso disminuyen debido al proceso de deshidratación, en este ensayo se evaluó el porcentaje de agua que pierden las frutas, a continuación, en la tabla 12 se encuentran los porcentajes de humedad de cada fruta.

**Tabla 12:**

*Porcentaje de humedad de las 5 frutas.*

Fruta	Peso húmedo (g)	Peso Seca (g)	% de Humedad
Uvilla	1.67	0.28	83.23
Frutilla	2.38	0.37	84.45
Maracuyá	2.42	0.54	77.69
Naranjilla	7.51	0.89	88.15
Taxo	2.46	0.33	86.59

### Cantidad de polifenoles presenten en las frutas

Para el análisis de polifenoles en frutas se debe considerar los dos tipos de agitación y comparar la concentración de polifenoles presentes en ambos ensayos tabla 13, para delimitar a que concentración de etanol y en qué tipo de agitación se obtuvo la mayor concentración de polifenoles como se muestra en la tabla 14 un resumen de la agitación con la concentración de etanol para cada Fruta, en la figura 9 se presenta una gráfica de las mejores muestras.



**Tabla 13:***Diseño experimental concentración de polifenoles*

Tipo de agitación	Concentración de Etanol	Muestras (mg ácido gálico/l)				
		Uvilla	Frutilla	Taxo	Naranja	Maracuyá
Rotacional	0%	2.05	3.01	2.18	2.1	2.06
	20%	2.55	2.64	3.05	4.84	2.16
	40%	2.23	2.94	3.02	2.06	2.33
	80%	4.49	3.19	1.87	2.15	2.93
Orbital	0%	0.68	2.19	2.68	2.04	1.51
	20%	1.77	2.25	3.13	1.66	1.42
	40%	2.23	2.02	2.69	1.63	1.81
	80%	1.55	3.03	2.76	1.9	2.73

*Nota:* Dentro de la siguiente tabla se presenta un diseño experimental multifactorial donde se obtuvo los valores de la cantidad de polifenoles existentes en cada fruta en dos tipos diferentes de agitación, a diferentes concentraciones de etanol las unidades que se manejan son mg de ácido gálico/ l (mg AG/l).

Realizada una comparación entre los datos obtenidos de la tabla anterior se delimito la mejor concentración de etanol y tipo de agitación para cada extracto frutal.

**Tabla 14:***Frutas con mayor presencia de polifenoles*

Polifenoles			
Fruta	Tipo de agitación	Concentración de Etanol	Cantidad de polifenoles mg AG/l
Naranja	Rotacional	20%	4.84
Uvilla	Rotacional	80%	4.49
Frutilla	Rotacional	80%	3.19
Taxo	Orbital	20%	3.13
Maracuyá	Rotacional	80%	2.93

**Figura 10:**

*Gráfico en barras de los mejores ensayos para extraer polifenoles*

*Nota:* En la gráfica se muestra las 5 frutas con el mejor tipo de agitación y las concentraciones de etanol. Por otra parte, se realizó un ANOVA de 3 vías con un alpha de 0.05 en donde se evidencia que la mejor agitación para este tratamiento es el rotacional frente al orbital, utilizando el método estadístico de Holm-Sidak para asegurar la selección de las muestras como se muestra en la figura 10.

Figura 11:

## Análisis estadístico

<b>A</b>					
Balanced Design					
Dependent Variable: Ensayo					
Normality Test (Shapiro-Wilk) Failed (P < 0.010)					
Equal Variance Test: Failed (P < 0.010)					
Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Muestra	4	6.546	1.636	708.137	<0.001
Agitacion	1	11.145	11.145	4822.809	<0.001
Concentracion de Etanol	3	6.720	2.240	969.410	<0.001
Muestra x Agitacion	4	8.384	2.096	907.075	<0.001
Muestra x Concentracion	12	17.453	1.454	629.393	<0.001
Agitacion x Concentracion	3	1.580	0.527	227.942	<0.001
Muestra x Agitacion x Concent	12	17.270	1.439	622.807	<0.001
Residual	80	0.185	0.00231		
Total	119	69.284	0.582		

<b>B</b>					
Data source: Data 1 in Tesis Mario					
Balanced Design					
Dependent Variable: Ensayo					
Normality Test (Shapiro-Wilk) Failed (P < 0.050)					
Equal Variance Test: Failed (P < 0.050)					
Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Muestra	4	6.546	1.636	708.137	<0.001
Agitacion	1	11.145	11.145	4822.809	<0.001
Concentracion de Etanol	3	6.720	2.240	969.410	<0.001
Muestra x Agitacion	4	8.384	2.096	907.075	<0.001
Muestra x Concentracion	12	17.453	1.454	629.393	<0.001
Agitacion x Concentracion	3	1.580	0.527	227.942	<0.001
Muestra x Agitacion x Concent	12	17.270	1.439	622.807	<0.001
Residual	80	0.185	0.00231		
Total	119	69.284	0.582		

*Nota:* Se realizó dos simulaciones con los análisis estadísticos a diferentes grados de significancia uno al 95 % (B) y otro al 99% (A), utilizando el programa Sigma plot versión 15 del año 2022 en donde se realizó un ANOVA de tres vías en donde se analizó Las muestras frutales vs el tipo de agitación vs la concentración de alcohol. Analizando estas variables el programa nos muestra que existe una interacción estadísticamente significativa entre Muestra, Agitación y Concentración de Etanol (P = <0.001). Esto indica que el efecto de un factor no es consistente en todas las combinaciones de los otros dos factores; y, por lo tanto, existe una diferencia

significativa en el tipo de agitación con la concentración de etanol, considerando las diferentes muestras frutales.

### Capacidad antioxidante de las frutas

Siguiendo el protocolo descrito en la metodología, para la capacidad antioxidantes se consideró los resultados de la tabla 14 que muestra el mejor tratamiento para cada fruta, de esta manera se puede delimitar las muestras con mayor cantidad de polifenoles y capacidad antioxidante. El espectrofotómetro UV-Vis cuantifico la capacidad antioxidante de cada ensayo obteniendo un dato inicial y transcurrido 10 minutos un dato final indicado en la tabla 15, se puede analizar el porcentaje de capacidad antioxidante en la figura 12

**Tabla 15:**

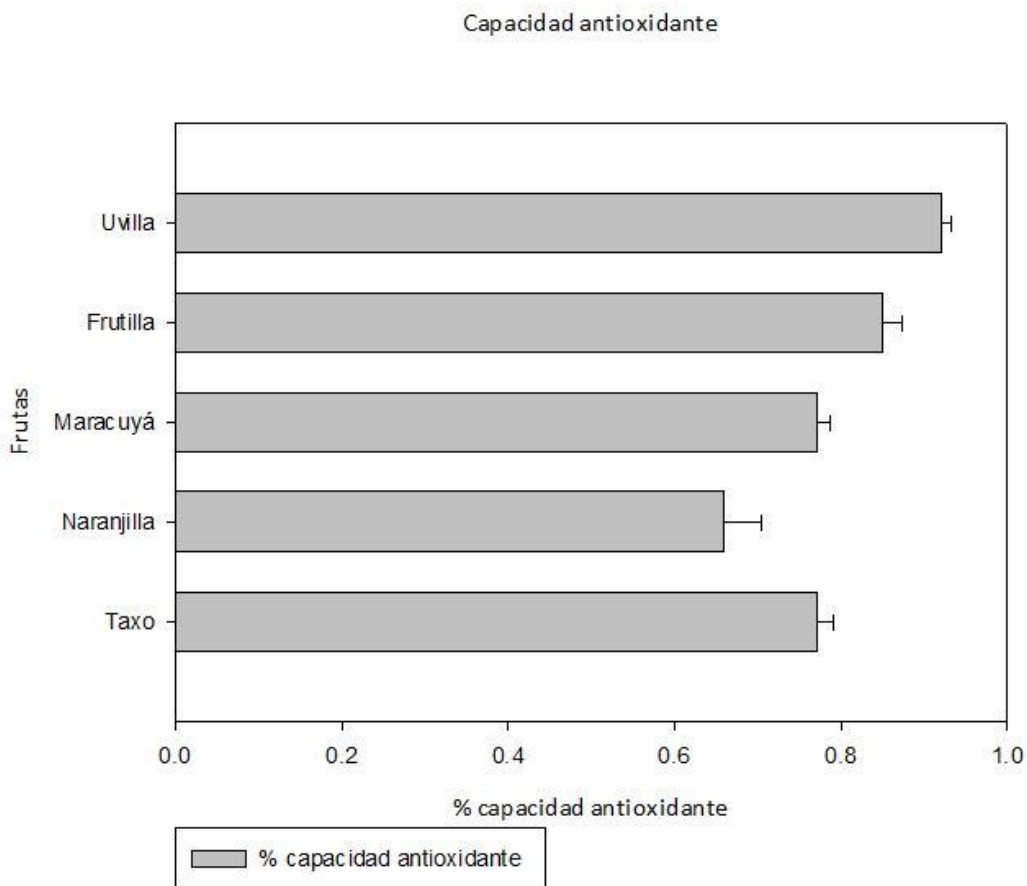
*Datos arrojados por el UV-Vis*

Capacidad Antioxidante				
Frutas	Inicial ( $A_0$ )	Final ( $A_m$ )	Porcentaje (%)	Aproximación
Uvilla	0.32	0.023	92.81	92%
Frutilla	0.42	0.061	85.48	85%
Taxo	0.47	0.109	76.81	77%
Maracuyá	0.43	0.097	77.44	77%
Naranja	0.33	0.1106	66.48	66%

*Nota:* En la siguiente tabla se muestran las absorbancias iniciales ( $A_0$ ) y la Absorbancias final ( $A_m$ ) para cada muestra frutal, siguiendo el calculo especificado en la metodología nos determinara el porcentaje de capacidad antioxidante

**Figura 12:**

Gráfico en barras de la capacidad antioxidante de cada fruta.



*Nota:* Para este análisis se consideró los mejores ensayos para la concentración de polifenoles y basados en estos resultados se cuantificó la capacidad antioxidante para cada muestra, como resultados obtenemos que el Taxo, Naranja y Uvilla son las tres frutas ideales para la síntesis de nanopartículas de cobre.

## Síntesis de nanopartículas de Cobre y Yodo

### *Nanopartículas de cobre*

Para la síntesis de nanopartículas de cobre se siguió el protocolo establecido anteriormente en la metodología, se consideró con los 3 mejores extractos frutales que presentaban mayor cantidad de polifenoles con mayor capacidad antioxidante, una vez delimitada estas muestras se sintetizo las nanopartículas y se analiza el pH, Inicialmente se obtiene un pH acido de 6.67 en cual es corregido con hidróxido de sodio (NaOH) hasta alcanzar un pH de entre 9 a 10 con ayuda de un pH metro como se muestra en la figura 13.

#### **Figura 13:**

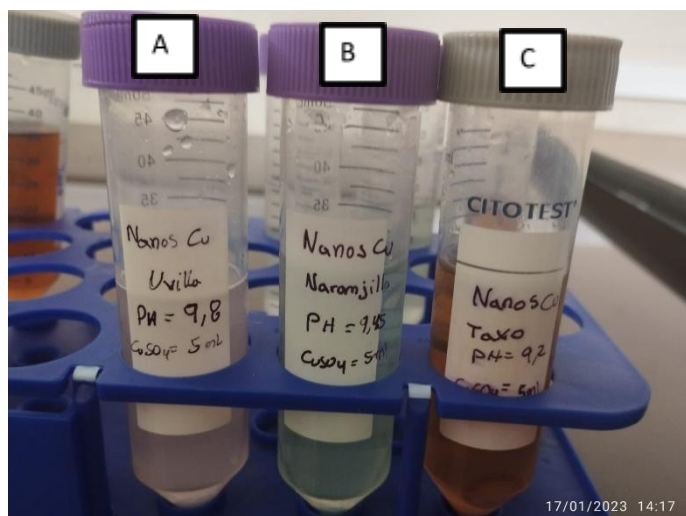
*pH inicial de las nanopartículas de cobre.*



*Nota:* En la figura se muestra la utilización de un pH metro maraca SevenCompact que nos arroja un dato digital del pH al que se encuentra nuestras nanopartículas de cobre, se realizó un ajuste del pH de las tres muestras frutales (Taxo, Naranja y Uvilla) con hidróxido de sodio, Se incorporo NaOH hasta llegar a un pH de entre 9 - 10.

**Figura 14:**

*Nanopartículas de cobre en extractos frutales de Taxo, Naranjilla y Uvilla*



*Nota:* Las nanopartículas de cobre cambian de color conforme cambia el pH, dentro de esta síntesis se logra observar distintos colores diferentes entre sí (A) Uvilla, (B) Naranjilla y (C) Taxo. Para verificar la presencia de nanopartículas se realizó su caracterización en el DLS.

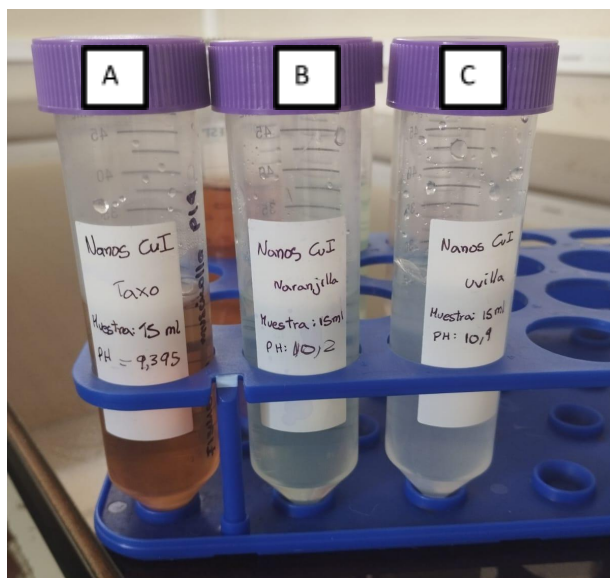
### ***Nanopartículas de yoduro de cobre***

Para la síntesis de las nanopartículas de yoduro de cobre se partió de la síntesis de nanopartículas de cobre descrito en la metodología y se añadió una solución de Yoduro de potasio.



**Figura 15:**

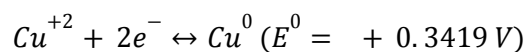
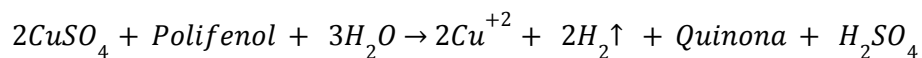
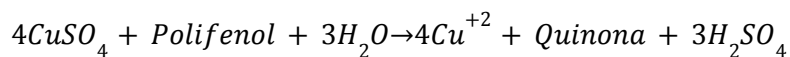
*Nanopartículas de yoduro de cobre en extractos frutales de Taxo, Naranjilla y Uvilla*



*Nota:* Al igual que con las nanopartículas de cobre las nanopartículas de yoduro de cobre mantienen una tonalidad distinta a los extractos frutales, y determinaremos la presencia de nanopartículas únicamente con la ayuda del DLS indicados en la tabla 16.

### ***Mecanismo de formación de la NPs***

La síntesis de las nanopartículas de cobre y yoduro de cobre son una modificación al protocolo establecido por (Markin & Markina, 2019) el cual menciona que se requiere utilizar los extractos polifenólicos tal como se estableció en la metodología, arrojándonos la siguiente reacción.

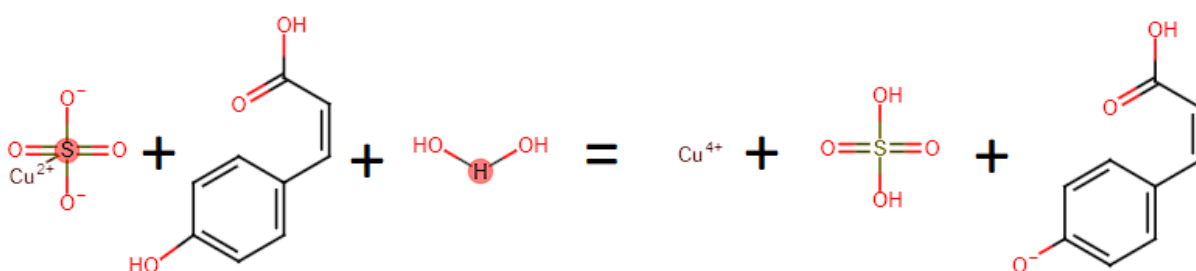


Para la formación del cobre cerovalente es importante considerar el valor del potencial redox del cobre descrita en la **tabla 2** vs el **potencial redox de los polifenoles descritos en la tabla 1**. Una vez analizado

estos valores, se logra observar que el potencial redox de polifenoles es mayor al potencial redox del cobre, llegando a la conclusión que lo polifenoles presentes en las frutas son capaces de reducir al cobre debido a que la solución de sulfato de cobre reduce al polifenol cediéndole su grupo sulfato y provocando el que grupo polifenol actúe como agente reductor del cobre como se muestra un ejemplo en la figura 16.

**Figura 16:**

*Ejemplo de formación del Cu reducido*



*Nota:* En la figura se muestra como ejemplo al Ácido p-cumárico el cual actúa como agente reductor para el sulfato de cobre gracias a su radical OH que interactúa con el grupo SO<sub>4</sub> para formar el Ácido sulfúrico obteniendo como producto el Cobre con una carga +4.

### Caracterización de nanopartículas

#### *Ensayo de agrupación de nanopartículas de cobre*

Se recolecto los datos emitidos por el DLS para analizar y determinar la tendencia de las muestras cada que se le agregaba 10 ul como se mencionó en la metodología anteriormente. Se recolectaron los datos de las muestras de Taxo, Naranjilla y Uvilla y se reportaron en las tablas 17,18,19 respectivamente.

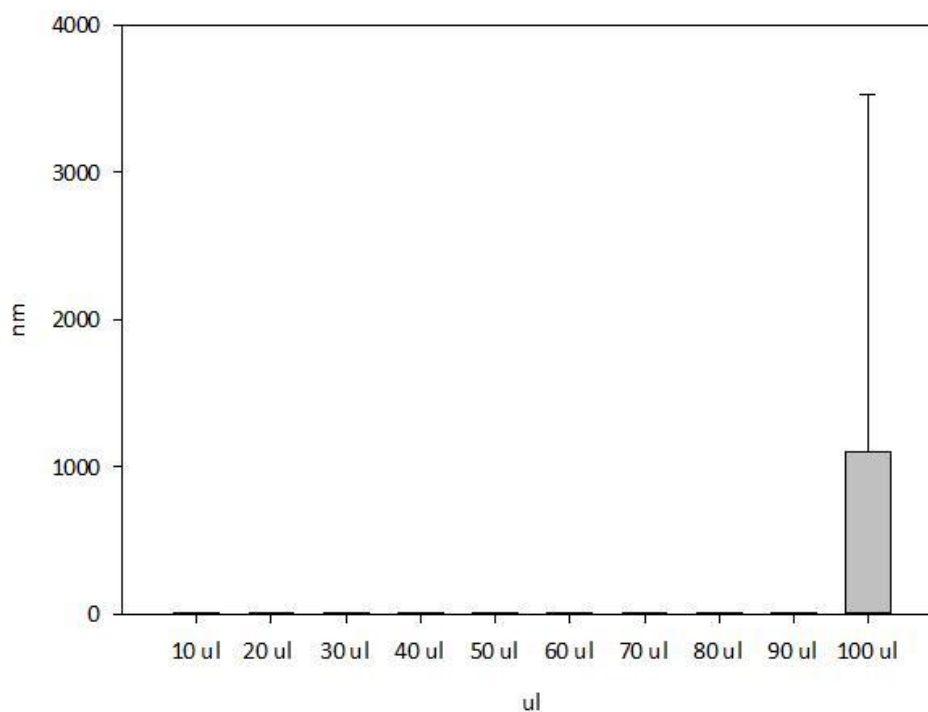
**Tabla 16:**

*Límite de concentración antes de agrupación en Taxo*

	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)	Media (nm)	Desviación Estándar
10 ul	9.2	6	8.7	9.6	11.9	9.08	2.11
20 ul	7.2	7.5	8.3	8.4	7.4	7.76	0.55
30 ul	7.7	10.9	10	10.2	9.7	9.7	1.20
40 ul	6.9	8.9	8.5	7.2	8.3	7.96	0.86
50 ul	7.4	8.1	7.8	9.9	10.9	8.82	1.51
60 ul	9.3	8.6	6.1	9.5	7.8	8.26	1.38
70 ul	9.7	6.7	8.8	7.8	7.4	8.08	1.18
80 ul	10.8	8.9	7.7	9.5	10	9.38	1.17
90 ul	10	10.3	8.8	8.1	7.7	8.98	1.14
100 ul	5446.3	9.7	7	9.3	11.4	1096.74	2431.48

**Figura 17:**

*Grafica de agrupación de nanopartículas en agente reductor de Taxo*



*Nota:* Dentro de la figura se muestra una línea de tendencia desde los 10 microlitros (ul) hasta los 90 ul, pero cuando la concentración llega a 100 ul existe un pico, por este motivo podemos deducir que existe una agrupación.

A continuación, en la tabla y figura 17 se presentan los datos emitidos por el DLS del diámetro de las nanopartículas de cobre analizando en que concentración, existe una agrupación de nanopartículas.

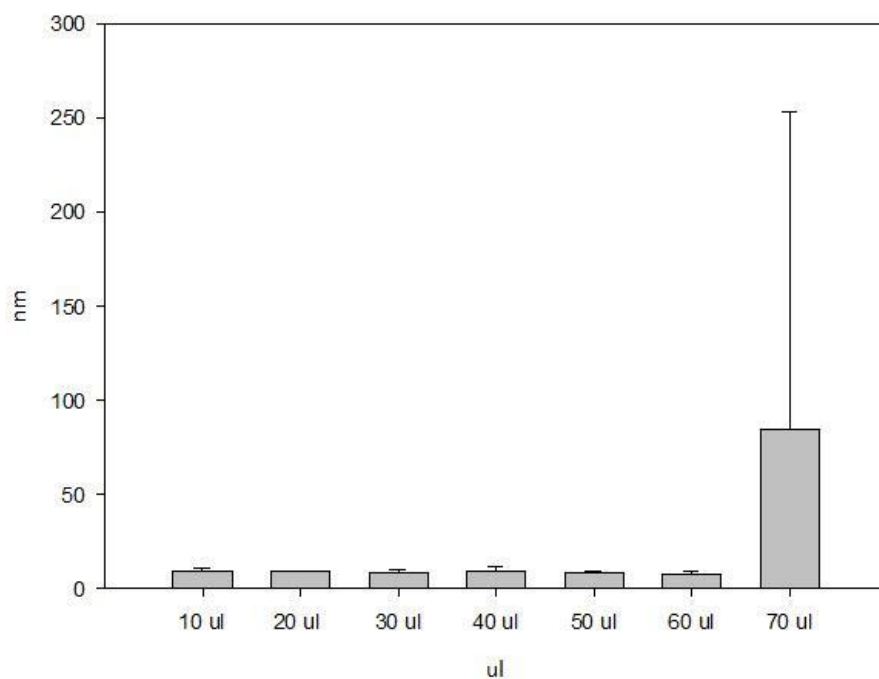
**Tabla 17:**

*Límite de concentración antes de agrupación en Naranja.*

	Naranja						
	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)	Media (nm)	Desviación Estándar
10 ul	10.8	9.5	10.2	8.1	7.1	9.14	1.52
20 ul	8.8	9.9	9.3	8.1	8.9	9	0.66
30 ul	9.6	10.1	6.8	9.3	8.2	8.8	1.32
40 ul	6.8	7.9	12	7.4	12.2	9.26	2.62
50 ul	8.9	9	8.6	9.6	7.2	8.66	0.89
60 ul	7.5	7.2	7.1	8.9	9.5	8.04	1.09
70 ul	6.4	386.6	9.1	12.6	8.6	84.66	168.80

**Figura 18:**

*Grafica de agrupación de nanopartículas en agente reductor de Naranja*



*Nota:* Dentro de la figura se muestra una línea de tendencia desde los 10 ul hasta los 60 ul, pero cuando la concentración llega a 70 ul existe el equipo DLS nos arroja un dato elevado, por consecuencia se determina una agrupación de nanopartículas.

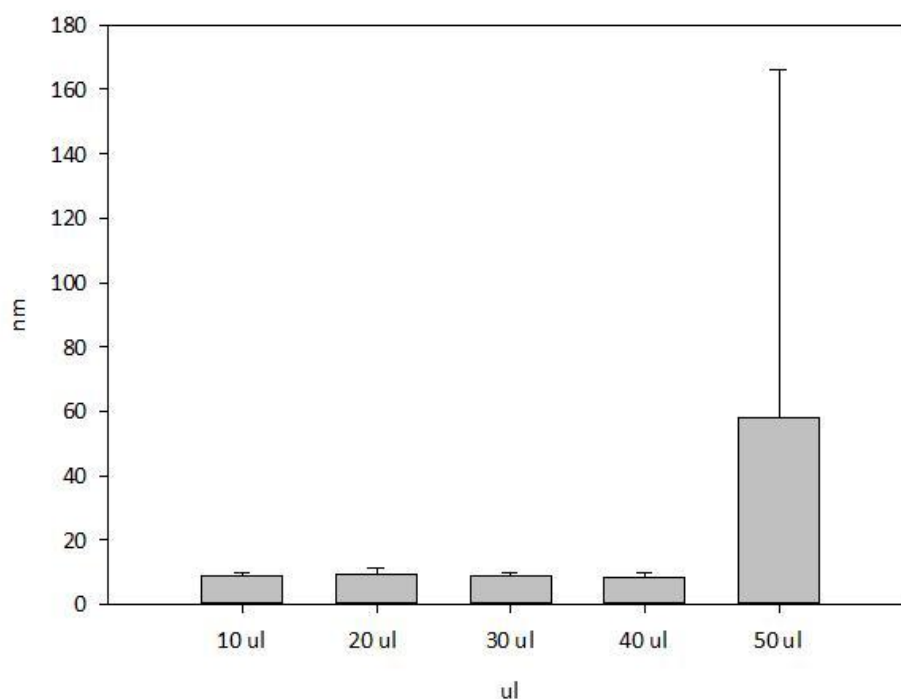
Tabla 18:

*Límite de concentración antes de agrupación en Uvilla.*

	Uvilla						Desviación Estándar
	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)	Media (nm)	
10 ul	9.3	7.6	9.3	9	9.3	8.9	0.74
20 ul	9	12.3	7.4	9.7	7.9	9.26	1.92
30 ul	7.9	9	9.7	9.4	8.4	8.88	0.73
40 ul	6.8	7.3	8.8	7.8	10.5	8.24	1.46
50 ul	251.9	9.2	10.7	9.4	7.9	57.82	108.5

Figura 19:

*Grafica de agrupación de nanopartículas en agente reductor de Uvilla*



*Nota:* Dentro de la figura se muestra una línea de tendencia desde los 10 ul hasta los 40 ul, pero cuando la concentración llega a 50 ul el DLS reporta un pico de 57.82nm, por consecuencia se determina una agrupación de nanopartículas.

### ***Cinética de nanopartículas de cobre***

Para determinar la cinética de las nanopartículas se debe considerar que las muestras están frescas y preparadas el día que se realizó el ensayo, siguiendo el protocolo establecido en la metodología anteriormente se obtuvo los siguientes resultados presentado en las tablas 19,20 y 21.

**Tabla 19:**

*Cinética de las nanopartículas de cobre en extracto de Taxo.*

Taxo							
Tiempo (min)	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)	Promedio (nm)	Desviación Estándar
0	10.9	9	11.4	8	10.3	9.92	1.40
30	8.3	6.9	9	8.8	6.5	7.9	1.13

60	7.5	11.1	9	7.6	10.8	9.2	1.71
90	6.9	6.5	8.2	8	8	7.52	0.77
120	6.9	9.7	7.8	12.4	6.7	8.7	2.38
150	10.3	7.9	5.4	6.6	8.1	7.66	1.83
180	9.1	8.7	7	7.3	9.4	8.3	1.08
210	8.8	8.7	9.3	8.3	7.7	8.56	0.60
240	8	8.1	9.5	9.8	6.7	8.42	1.26
270	7.1	7.2	7.2	8	7.8	7.46	0.41

Tabla 20:

*Cinética de las nanopartículas de cobre en extracto de Naranja.*

Naranja							
Tiempo (min)	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)	Promedio (nm)	Desviación Estándar
0	9.9	8.9	12.5	6.5	10.1	9.58	2.17
30	9.8	9.5	8.3	8.8	8.9	9.06	0.59
60	9.2	10.1	6.3	9.2	7.3	8.42	1.56
90	11.3	8.9	9.1	7.5	9.4	9.24	1.36
120	8	5.8	9.5	7	6.2	7.3	1.49
150	5	6.8	7.2	8.1	11.7	7.76	2.47
180	7.7	8.5	7.7	11.2	10.7	9.16	1.68
210	8.8	14	10.6	8.6	8.8	10.16	2.3
240	9.9	7.2	7	10.7	6.7	8.3	1.86
270	8.5	9.4	7.7	9.7	11.2	9.3	1.32

Tabla 21:

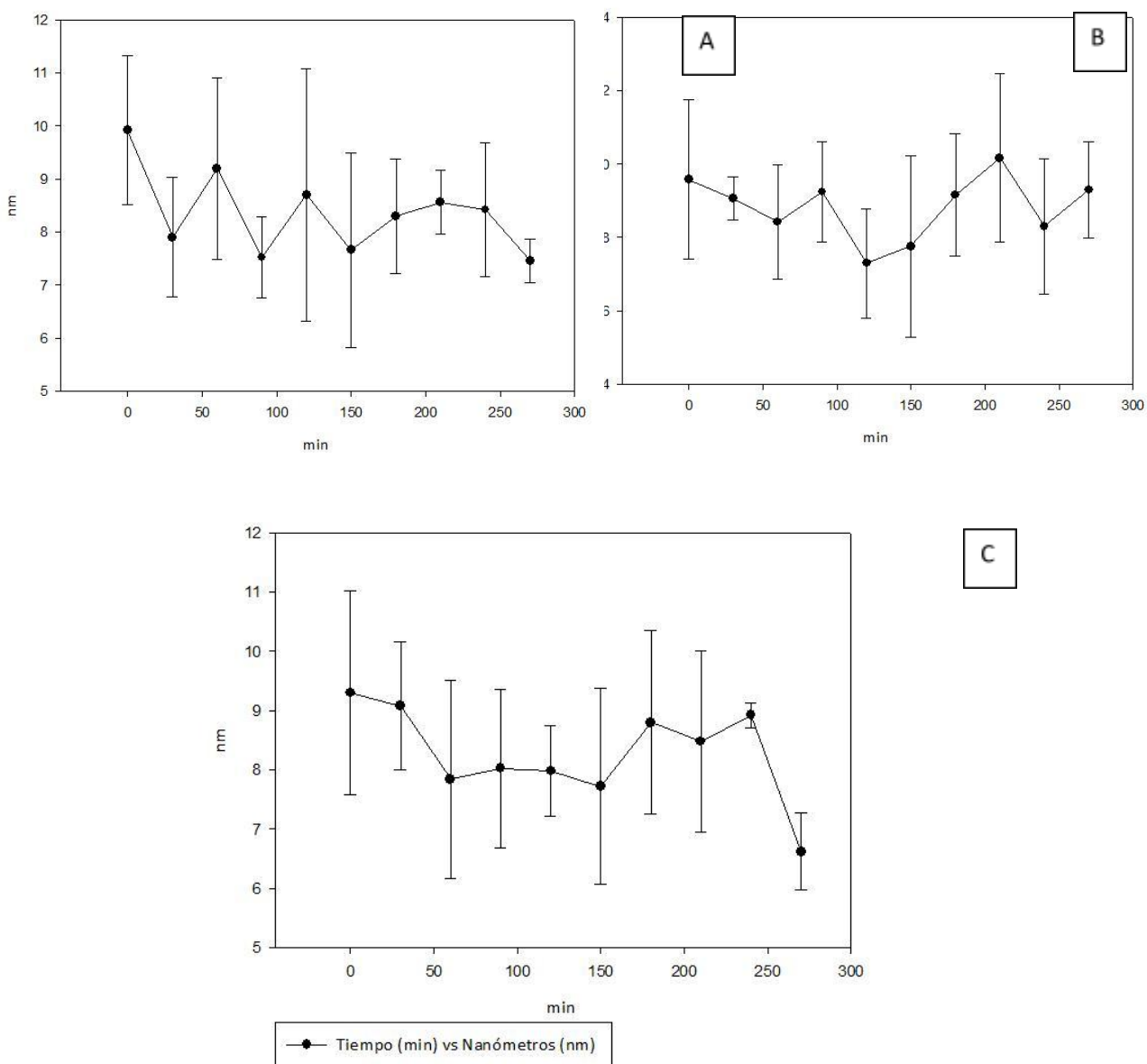
*Cinética de las nanopartículas de cobre en extracto de Uvilla.*

Uvilla							
Tiempo (min)	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)	Promedio (nm)	Desviación Estándar
0	10.7	6.7	8.4	10.4	10.3	9.3	1.71
30	8.8	9.8	9.6	7.3	9.9	9.08	1.08
60	7.9	6.8	7.2	6.6	10.7	7.84	1.67
90	7.1	9.8	8.7	8.1	6.4	8.02	1.33
120	9.1	8.4	7.6	7.2	7.6	7.98	0.76
150	9.1	5.5	7.3	9.6	7.1	7.72	1.65

<b>180</b>	10.2	6.4	9.3	8.2	9.9	8.8	1.54
<b>210</b>	10.2	6.6	8	7.7	9.9	8.48	1.53
<b>240</b>	8.9	8.6	9	8.9	9.2	8.92	0.22
<b>270</b>	7.4	6.2	6.4	5.9	7.2	6.62	0.65

Figura 20:

## Análisis grafico de la cinética de nanopartículas



*Nota:* Dentro de las siguientes graficas se presenta evidencia la estabilidad de las nanopartículas en donde se evidencia que en el extracto de Taxo (A) las nanopartículas se mantienen de un tamaño entre



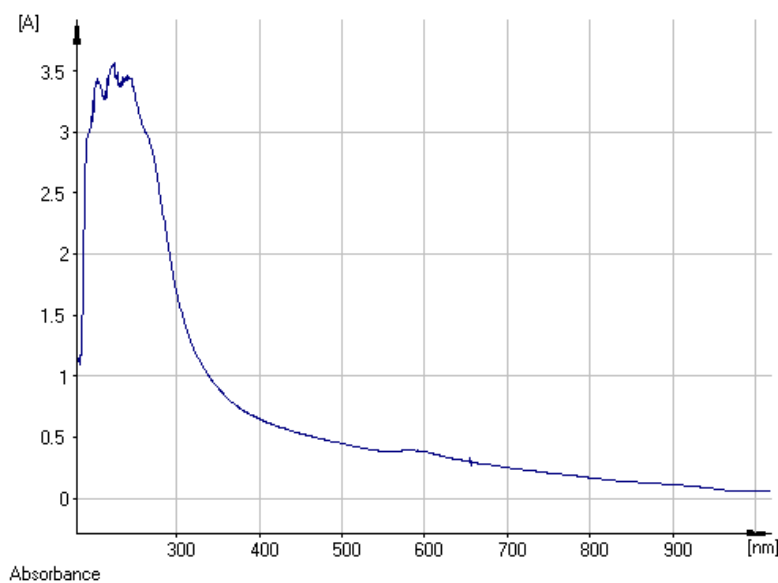
los 7.9 – 9.92 nm, cuando utilizamos el extracto de naranjilla (B) las nanopartículas se mantienen entre un rango de 7.3 – 10.16 nm y por último cuando se utiliza el extracto de uvilla (C) las nanopartículas se mantienen en un rango de 6.62 – 9.3 nm.

### ***Caracterización de nanopartículas de cobre en el UV-Vis***

Para asegurar la presencia de nanopartículas se realizó un análisis con el Uv-Vis el cual arroja una gráfica del espectro analizado en el equipo a continuación se observan las gráficas de absorbancia vs nanómetros de las distintas nanopartículas sintetizadas con las 3 muestra frutales como se presenta en la figura 21 ,22 y 23.

**Figura 21:**

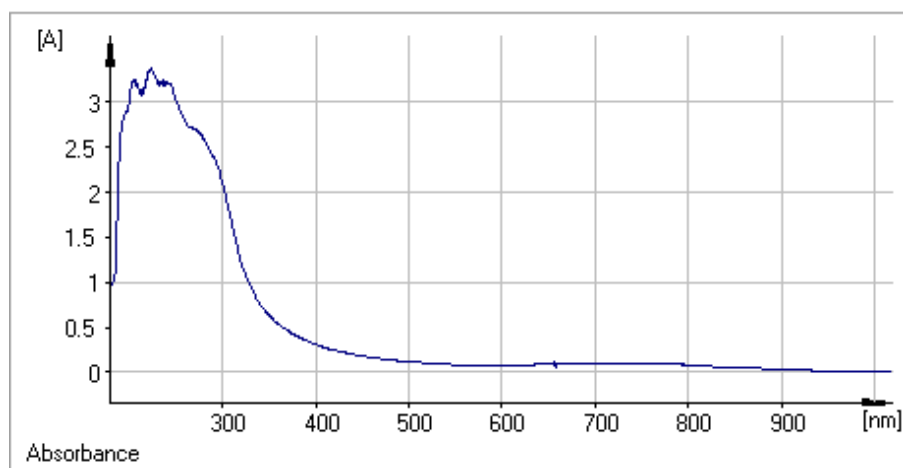
*Espectro de Nanopartículas de cobre en uvilla*



*Nota:* en la siguiente imagen se logra apreciar los picos de absorbancia en una escala de 150 nm, en base a revisión bibliográfica nos indica que los espectros con esta frecuencia son de nanopartículas que ha sufrido un proceso de oxidación, es decir que se encuentran moléculas de oxígeno dentro del medio, al igual que podremos observar en las figuras 21 y 22.

**Figura 22:**

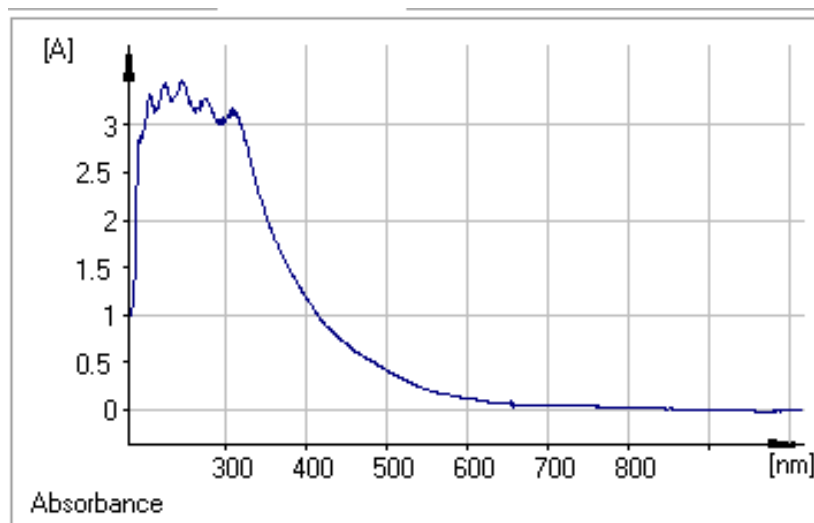
*Espectro de Nanopartículas de cobre en Naranja*



*Nota:* En esta figura al igual que en la anterior se puede observar picos a 300 nanómetros, concluyendo que las nanopartículas de cobre sintetizadas con naranja poseen moléculas de oxígeno en su composición.

**Figura 23:**

*Espectro de Nanopartículas de cobre en Taxo*



### ***Cinética de nanopartículas de yoduro de cobre***

Siguiendo el mismo protocolo que se utilizó para medir las nanopartículas de cobre, se recolecto los datos obtenidos del DLS en un periodo de 270 minutos analizando el promedio del diámetro de las nanopartículas como se indica en las tablas 22,23 y 24, con base a estas tablas mencionadas se realizó una gráfica como se muestra en la figura 24.

**Tabla 22:**

Cinética de las nanopartículas de yoduro de cobre en extracto de Taxo.

Taxo							
Tiempo (min)	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)	Promedio (nm)	Desviación Estándar
0	10.9	10.7	9.8	11.1	6.8	9.86	1.78
30	9	6.7	9.5	9.6	7.2	8.4	1.35
60	11.4	8.4	8.3	7.6	6.6	8.46	1.79
90	8	10.4	9.6	10.8	10.7	9.9	1.16
120	10.3	10.3	8.8	9.2	8.8	9.48	0.77
Tiempo (min)	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)	Promedio (nm)	Desviación Estándar
150	9.9	8.3	7.3	10.1	7.7	8.66	1.28
180	8.9	6.9	6.5	6.3	9	7.52	1.32
210	12.5	9	8.9	9.2	5.7	9.06	2.41
240	6.5	8.8	9.9	7.3	8.1	8.12	1.32
270	10.1	6.5	7.5	7.9	9.6	8.32	1.5

**Tabla 23:**

*Cinética de las nanopartículas de yoduro de cobre en extracto de Naranja.*

Naranja							
Tiempo (min)	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)	Promedio (nm)	Desviación Estándar
0	6.9	7.1	6.7	7.6	8.1	7.28	0.57
30	6.5	8.9	8	8.9	11.7	8.8	1.89
60	8.2	9.8	5.8	10.3	9.1	8.64	1.77
90	8	8.7	9.5	7.9	5.5	7.92	1.5
120	8	8.1	7	5.4	7.3	7.16	1.09
150	11.3	6.4	6.2	6.6	9.6	8.02	2.3
180	8.9	6.9	9.1	8.1	7.1	8.02	1.01
210	9.1	9.7	8.4	5	9.1	8.26	1.88
240	7.5	7.8	7.6	6.8	8.7	7.68	0.68
270	9.4	12.4	7.2	7.2	7	8.64	2.32

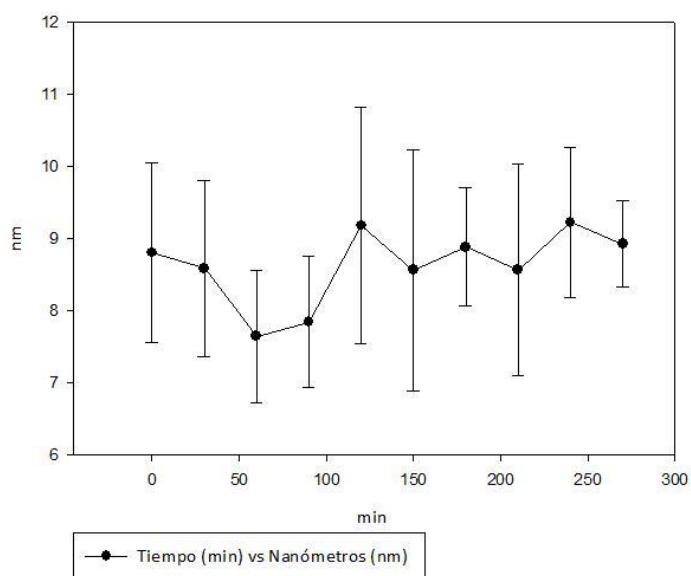
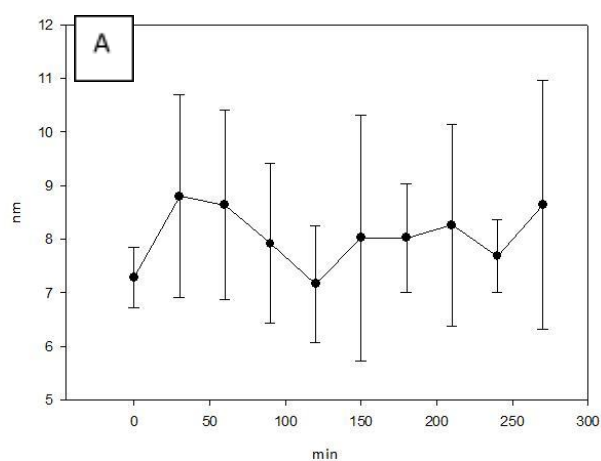
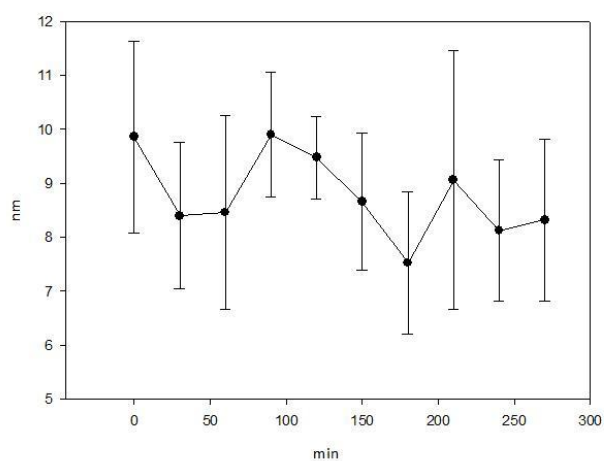
**Tabla 24:**

*Cinética de las nanopartículas de yoduro de cobre en extracto de Uvilla.*

Naranja							
Tiempo (min)	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)	Promedio (nm)	Desviación Estándar
0	9.4	9.9	8.8	6.7	9.2	8.8	1.24
30	7.7	8.8	10.2	9.1	7.1	8.58	1.22
60	8.5	8.7	6.6	7.2	7.2	7.64	0.91
90	7.7	9.3	8	7	7.2	7.84	0.91
120	11.2	8.3	7.7	10.7	8	9.18	1.64
150	10.7	7.7	9.9	6.7	7.8	8.56	1.67
180	10.2	8.8	8	8.9	8.5	8.88	0.82
210	6.4	10.3	8.1	8.6	9.4	8.56	1.47
240	9.3	10.6	9.5	9	7.7	9.22	1.04
270	8.2	8.6	9.8	8.9	9.1	8.92	0.60

**Figura 24**

*Análisis gráfico de la cinética de nanopartículas de yoduro de cobre*



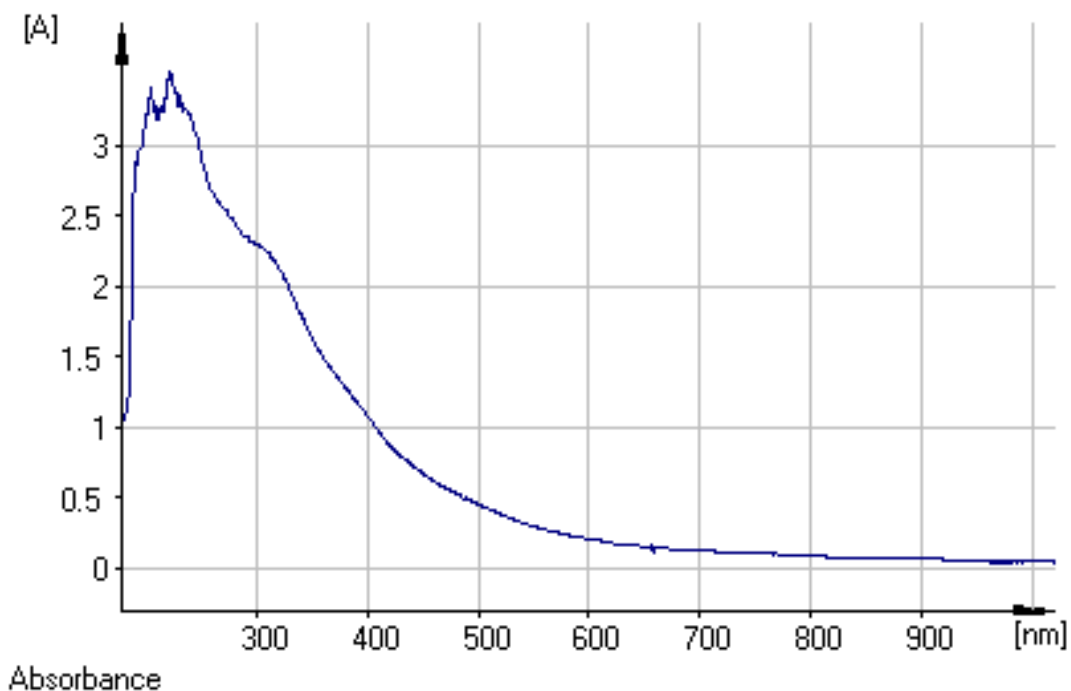
*Nota:* En esta figura se puede observar la estabilidad de las nanopartículas en un lapso de 270 minutos en donde se puede analizar que en el extracto de Taxo (A) las nanopartículas se mantienen de un tamaño entre los 7.52 – 9.9 nm, cuando utilizamos el extracto de naranjilla (B) las nanopartículas se mantienen entre un rango de 7.2 – 8.8 nm y por último cuando se utiliza el extracto de uva (C) las nanopartículas se mantienen en un rango de 7.64 – 9.18 nm.

### **Caracterización de nanopartículas de Yoduro de cobre en el UV-Vis**

Al igual que en las nanopartículas de cobre se realizó un análisis mediante el equipo Uv Vis para evidenciar el espectro que obtenemos al sintetizar nanopartículas de yoduro de cobre con diferentes extractos frutales tal como muestran en las figuras 24, 25 y 26.

**Figura 25**

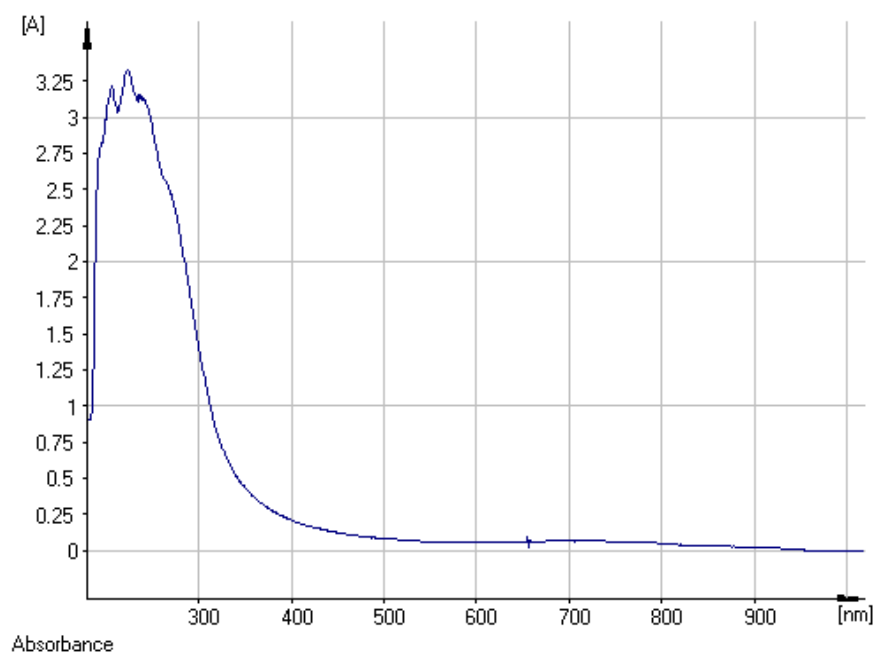
*Espectro de Nanopartículas de cobre en Taxo*



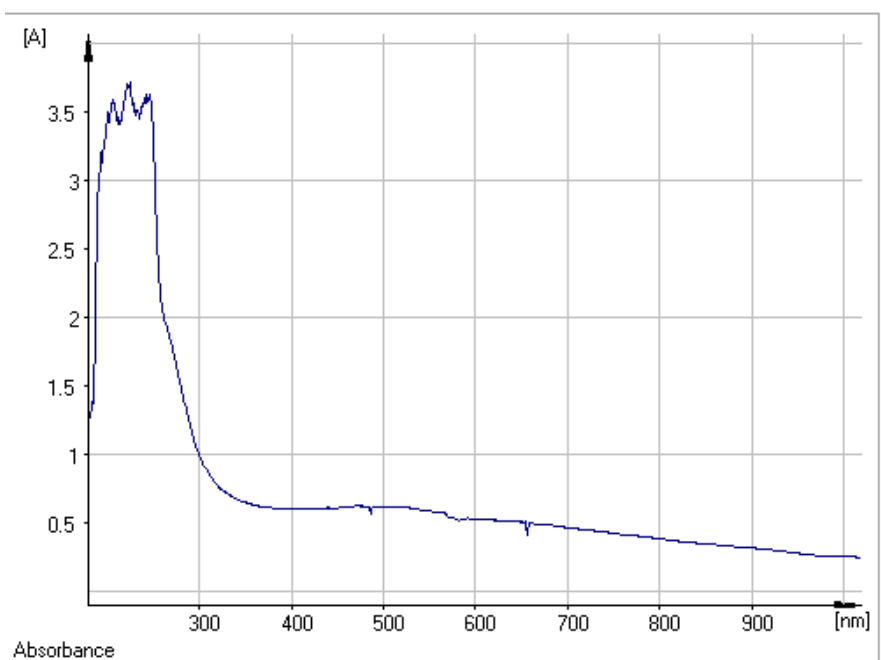
*Nota:* Dentro de la siguiente figura se muestra los picos de absorbancia en una escala de 150 nm, en base a revisión bibliográfica, este fenómeno ocurre cuando las nanopartículas de yoduro de cobre sufren un proceso de oxidación, analizando estos resultados se puede observar el mismo fenómeno en las figuras 26 y 27.

**Figura 26**

*Espectro de Nanopartículas de cobre en Naranja*

**Figura 27**

*Espectro de Nanopartículas de cobre en Uvilla*







## Capítulo V: Discusión

El método de agitación empleado para la extracción de polifenoles según (Briceño Carrasquel & Sailema Ortiz, 2019) no es relevante, lo que sí es importante considerar es el tiempo que ha transcurrido las muestras desde su maceración hasta el momento del análisis. Otro punto importante según (Ortiz Moncayo, 2018) es evaluar la concentración de etanol para cada muestra frutal. Analizando los resultados de la humedad en cada fruta se menciona que el procedimiento fue el adecuado según (Sánchez Barreno, 2022) obteniendo un peso fidedigno de las muestras frutales deshidratadas. En la cuantificación de la capacidad antioxidante nuestros resultados coinciden con el método empleado en (Naspud Rojas, 2018) utilizando la técnica del DPPH para cuantificar la capacidad antioxidante de la Uvilla (92%), Taxo (77%), Naranjilla (66%), Frutilla (85%) y Maracuyá (77%).

En la síntesis de nanopartículas de cobre se implementó la línea de gas noble para reducir las posibilidades de obtener unas nanopartículas oxidadas como nos mencionan en ( Rengifo Maravi, 2016), obteniendo así un diámetro apropiado para las nanopartículas de entre 9 a 10 nm, este tamaño se determinó gracias a la técnica del DLS que nos permite evidenciar el diámetro y la estabilidad de las nanopartículas tanto de cobre como de yoduro de cobre.

Para la síntesis de las nanopartículas de yoduro de cobre se mantuvo con la línea de gas noble para obtener nuestras nanopartículas, comparándolas con el tamaño de nanopartículas descritas por ( Del Socorro Aguilar & Rosas, 2015) donde se muestras nanopartículas en un rango de entre 3 a 15 nm coincidiendo con las nanopartículas descritas en la tabla 19,20 y 21 que poseen un rango aproximado de entre 6.62 a 10.15 nm indiferentemente de los extractos frutales en los que fueron sintetizados, demostrando a su vez la estabilidad de las mismas al evidenciar mediante el DLS que estas nanopartículas no se agrupan en 270 minutos que fue la duración del ensayo.



## Capítulo VI: Conclusiones

- Se logró obtener mayor concentración de polifenoles cuando se utilizó la agitación rotacional para 4 muestras frutales, con la excepción de la muestra de Taxo que se obtienen mayor concentración de polifenoles con la agitación orbital demostrando mediante análisis estadístico que para extraer compuestos polifenólicos en frutas, la agitación rotacional es la mejor técnica a emplear.
- Por otro lado, se determinó que la concentración de etanol para la Naranja y Taxo fue mejor cuando utilizamos Etanol al 20%, por otra parte, para las muestras de Uvilla, Frutilla y Maracuyá la concentración ideal de Etanol es al 80%. De igual manera se obtuvo que la capacidad antioxidante de Uvilla, Frutilla y Taxo poseen un valor de 92%, 85% y 77% respectivamente.
- Se midió la concentración de polifenoles y la capacidad antioxidante en el equipo Uv-Vis de las 5 muestras frutales, se determinó que los 3 mejores extractos frutales son los extractos de Naranja con la agitación rotacional y una concentración de etanol al 20%, el extracto de Uvilla con agitación rotacional y una concentración de etanol al 80% y por último la muestra de Taxo con agitación orbital y una concentración de etanol al 20%, estas muestras fueron sesgadas mediante análisis estadístico.
- Con los extractos frutales se sintetizó tres nanopartículas de cobre (CuNPs) y Yoduro de cobre utilizando el sulfato de cobre y los extractos frutales de Taxo, Uvilla y Naranja.
- Para la caracterización se obtuvo un promedio en el tamaño de las nanopartículas de cobre de 9.5 a 11 nm y de 7.16 a 9.9 nm en las nanopartículas yoduro de cobre, obteniendo estas cifras con la ayuda del equipo DLS y corroboradas con el Espectro UV-Vis, podemos determinar que las nanopartículas de cobre son de cobre oxidado y por eso su espectro tiene picos menores en a los 300 nm.

## Capítulo VII: Recomendaciones

- Se recomienda tener muestras frutales frescas, de preferencia deben ser recién cosechadas o en su defecto mantener la línea de frío adecuada para evitar la fermentación de las frutas.
- Al momento de procesar la muestra, el área de trabajo debe estar completamente limpia y ordenada, se debe procesar la muestra y almacenarla en un refrigerados para asegurar que no empiece su estado de putrefacción.
- Se debe considerar el potencial redox del cobre tanto como el potencial redox de los polifenoles.
- Es importante al momento de preparar las nanopartículas de Cobre y Yodo mantener la línea de gas noble, de lo contrario se obtendrán nanopartículas oxidadas o di oxidadas.

## Capítulo VIII: Bibliografía

Aguayo González., F., Zarzuela Roldán, E., & Lama Ruiz., J. (2011). *NANOTECNOLOGIA Y NANOQUÍMICA*.

Sevilla.

Del Socorro Aguilar, M., & Rosas, G. (2015). Síntesis de Nanopartículas de Cu por Reducción Química.

*Síntesis de Nanopartículas de Cu por Reducción Química*. Instituto de Investigaciones

Metalúrgicas, Morelia Mich. 58000. MEXICO.

Farfán Barrera, C., Hernández, B. E., & Reyes, P. G. (2012). Determinación de los flavonoides en seis

plantas del género *Lippia* (Verbenaceae) nativas de Guatemala como posibles fuentes de

nutracéuticos. *INFORME FINAL PROYECTO*. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,

Guatemala.

PROAÑO GUANOLUISA, O. L. (2003). "PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACION DE UNA EMPRESA

PRODUCTORA Y COMERCIALIZADORA DE UVILLA". *PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA*

*OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERA COMERCIAL*. ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO

SEDE-LATACUNGA, LATACUNGA.

Rengifo Maravi, J. C. (2016). Síntesis y caracterización de nanopartículas de cobre por el proceso poliol

asistido vía microondas. *Tesis Para optar el Título Profesional de Químico*. UNIVERSIDAD

NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, Lima.

Aguilar Hernández, M. D. (2019, 08). *Repositorio UMSNHSíntesis verde de nanopartículas de Ag, Au,*

*Cu<sub>2</sub>O y preparación convencional de nanoestructuras de Cu, Cu<sub>2</sub>O y CuO en diferent*. From

[http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB\\_UMICH/1334](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/1334)

Alcívar, E. (2014). *ELABORACIÓN Y EXPORTACIÓN DE CONCENTRADO DE PULPA DE MARACUYÁ PARA EL*

*MERCADO POLACO*. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

- Alvarez, M. V. (2008). POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE ZUMOS DE FRUTAS NATIVAS DEL ECUADOR. *TRABAJO DE GRADUACION PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE. UNIVERSIDAD DEL AZUAY, CUENCA, ECUADOR.*
- Alvarracin Baculima, M., Cuenca León, K., & Pacheco Quito, E. M. (2021, Diciembre 19). Nanopartículas Antimicrobianas en Odontología: Estado del arte. *Universidad Católica de Cuenca, Ecuador.*, 1-9. doi:10.5281/zenodo.5791388
- Anastas , P. T., & Warner, J. c. (1998). Green Chem. *Theory and Practice*, p.30.
- Baraton , M. (2015). Surface Chemical Analysis of Nanoparticles for Industrial Applications. *The Nano-Micro Interface: Bridging the Micro and Nano Worlds, 2nd ed.,* 499–535.
- Barrabés , N., Just , J., Dafinov , A., Medina , F., Fierro , & Sueiras , J. E. (2006). The Effect of Copper Nanoparticles. *Appl Catal B-Environ. Catalytic Reduction of Nitrate on Pt-Cu and Pd-Cu on Active Carbon using Continuous Reactor.*, 77-85.
- Bravo, K., Duque, L., Ferreres, F., Moreno, D. A., & Osorio, E. (2017). Passiflora tarminiana fruits reduce UVB-induced photoaging in human skin fibroblasts. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology.*, 78-88. doi:https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.01.023.
- Briceño Carrasquel, J. A., & Sailema Ortiz, M. L. (2019, Julio). Extracción simultánea de polifenoles totales y flavonoides totales en hojas de Fragaria spp. *Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería Bioquímica.*
- CABASCANGO, L. D. (2018). Aplicación de nanopartículas de Fe(0) sintetizadas con extracto de mora (Rubus glaucus) en suelos contaminados artificialmente con fenantreno para su remoción. *TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA. UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE, Sangolqui, Pichincha, Ecuador.*
- Campo, J. L. (2017). Estudio comparativo de la actividad antioxidante en fresas de. *Memoria del Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Coruña, La coruña, España.*

- Campos, Y. (2022). *Nanotecnología en el Mundo: Marco Regulatorio*. Quito: Facultad de Ciencias del Trabajo y Comportamiento Humano.
- Casierra-Posada, F., García, E. J., & Lüdders, P. (2004). *Determinación del punto óptimo de cosecha en el lulo (Solanum quitoense Lam. var. quitoense y septentrionale)* (Vol. vol. 22). Bogotá, Colombia: Agronomía Colombiana.
- Castro , A., Rodriguez, L., & Vargas, E. (2008). Dry gooseberry (*Physalis peruviana* L) with pretreatment of osmotic dehydration. *Vitae - Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 226–231.
- Cedeño, M., & Montenegro , D. (2004). Plan exportador, logístico y comercialización de uchuva al mercado de Estados Unidos para FRUTEXPO SCI Ltda. *Ingeniería, vol. Ingeniero Industrial*. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ingeniería, Bogotá.
- Coppens d'Eeckenbrugge, G., Segura, E., Hodson de Jaramillo, E., & Góngora, G. (1997). Les fruits de la passion. (M. J. A. Charrier, Ed.) *CIRAD-ORSTOM*, 291-312.
- Crozier, A., Del Rio, D., & Clifford, N. (2010). Bioavailability of dietary flavonoids and phenolic compounds. *Mol. Aspects Med.*, vol. 31, no. 6, 446–467.
- Delgado, O. L., Betanzos, C. G., & Sumaya, M. M. (2010). Importancia de los Antioxidantes Dietarios en la Disminución del Estrés Oxidativo. *Investigación y Ciencia*(50).
- FAJARDO, R. B. (2016). DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE HOJAS DE *Diplostegium phylloides* (Kunth) Wedd. *DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE HOJAS DE Diplostegium phylloides* (Kunth) Wedd. UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES U.D.C.A, BOGOTÁ, Colombia.
- Folquer, F. (1986). La frutilla o fresa. *Estudio de la planta y su producción comercial*, 184.
- Garzó, M. G. (2018). Nanomateriales, nanopartículas y síntesis verde. *Repertorio de Medicina y Cirugía* .
- Gómez García , R. A. (2021). Seguridad y salud en el trabajo en Ecuador. *Archivos de prevencion de riesgos laborales*, 232–239. doi:<https://doi.org/10.12961/apr.2021.24.03.01>

- Gutiérrez Avella, D. M., Ortiz García, C. A., & Cisneros, A. M. (2008). Medición de Fenoles y Actividad Antioxidante en Malezas Usadas para. *Simposio de Metrología*, 1108-1 a 1108-5.
- Guzmán Duxtan, A. J., Rengifo Maraví, J. C., & Echevarría Muñoz, J. M. (2020). Rev. Soc. Quím. Perú vol.86 no.4. *Síntesis y caracterización de nanopartículas de cobre (NPs Cu) por el método poliol asistido vía microondas (MW)*.
- Guzmán, D., Aldo, J., Rengifo, M., Joel, C., Echevarría, M., & Jezabel, M. (2020). Síntesis y caracterización de nanopartículas de cobre (NPs Cu) por el método poliol asistido vía microondas (MW). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(4), 412-427. doi:<https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v86i4.311>
- Hochella , M. F., Lower, S. K., Maurice, P. A., Penn, R. L., Sparks, D. L., & Twining, B. S. (2008). Nanominerals, mineral nanoparticles, and Earth systems. *Science*. 319, 1631-1635.
- Kalaiarasi, R., Jayalakshmi,, N., & Venkatachalam, P. (2010). Phytosynthesis of nanoparticles and its applications. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 11(1-4), 1-16.
- Konczak, , I., & Roule, , P. (2011). Nutritional properties of commercially grown native Australian fruits: lipophilic antioxidants and minerals. pp. 2339–2344.
- Lima, A., & Cunha, M. A. (2004). Da maracujá: producao e qualidade na passicultura. *Embrapa Mandioca e Fruticultura*.
- LLAMUCA, D. O. (2012). DIAGNOSTICO SITUACIONAL DEL TAXO (PassifloramollissimaB.H.K.)EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA. *TRABAJO DE INVESTIGACION PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERA AGRONOMA*. UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO, FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA, CEVALLOS - ECUADOR.
- Llerena, W. S. (2014). Caracterización fisicoquímica y funcional de seis frutas tropicales y andinas ecuatorianas. *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 22(2), 13-22.



- López, W. O. (2019). La naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) en Ecuador. *La naranjilla (Solanum quitoense Lam.) en Ecuador*. UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS, CUBA UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA, ECUADOR.
- Lu., K. (2013). Nanoparticulate materials: synthesis, characterization, and processing. *New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.*
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: Food sources and bioavailability. *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 79, 727–747.
- Markin, A. V., & Markina, N. E. (2019, Mayo 24). Experimenting with Plasmonic Copper Nanoparticles To Demonstrate Color Changes and Reactivity at the Nanoscale. *CHEMICALEDUCATION*, 1438-1442. doi:<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b01050>
- Medina C., C. I., Lobo A., M., & Martínez B., E. (2009). *Revisión del estado del conocimiento sobre la función productiva del lulo (Solanum (Vol. vol. 10)*. Cundinamarca, Colombia: Corpoica. Ciencia y Tecnología Agorpecuaria.
- Naranjo Logroño, I. E., Cuzco Macías, L. G., Cepeda Auquilla, N. G., & Cabay Cepeda, L. M. (2019, Enero 21). Development and Application of Nanoparticles in the Contraception of the New Millennium. *CSSN*. From <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/87/87>;
- Naspud Rojas, M. E. (2018). DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS EXTRACTOS ALCOHÓLICOS DEL FRUTO DE MORA (*Rubus glaucus* Benth) OBTENIDOS CON TRES PRETRATAMIENTOS TÉRMICOS. *Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, Cuenca, Ecuador.
- Oomah, B., & Mazza, G. (2000). Functional foods. In: *rancis. The Wiley Encyclopedia of Science and Technology*. , 2nd ed. Wiley, New York, pp. 1176–1182.

- Ortiz Moncayo, J. (2018). Obtención de un extracto rico en polifenoles a partir del residuo de la pulpa de mortiño (*Vaccinium meridionale*). *Trabajo de Titulación, modalidad proyecto de Investigación, previa la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato.
- Padilla, F. C., Rincón, A. M., & Bou-Rached, L. (2008). Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(3), 303-308. From [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222008000300014&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000300014&lng=es&tlng=es).
- Pardo, L., Arias, J., & Molleda, P. (2022, marzo 22). Elaboración de nanopartículas de plata sintetizadas a partir de extracto de hojas de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) y su uso como conservante. *La Granja*, 35(1). doi:<https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.04>
- Pereira, V. (2015). *ESTUDIO A LA APLICACIÓN DE TRES FRECUENCIAS Y DOS DOSIS DE*. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. From <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7384/1/TESIS%20DE%20GRADO.pdf>
- Poveda Núñez, M. C. (2014). *DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE COMPONENTES BIOACTIVOS Y LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE CINCO FRUTAS ANDINAS*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, Ecuador. From <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8454/1/BQ%2055.pdf>
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutr. Hosp*, 76-89.
- Ranganna, S. (1977). *Manual of Analysis of Fruits and Vegetable Products*. McGraw - Hill. .

- Revelo, J., & Sandoval, P. (2003). *Factores que afectan la producción y productividad de la naranjilla (Solanum quitoense Lam.) en la Región Amazónica del Ecuador*. Quito: Quito, EC: INIAP, Estación experimental Santa Catalina, Departamento de Protección Vegetal, 2003.
- Román, L. E., Gómez, E. D., Solis, J. I., & Gómez, M. M. (2020, Diciembre 09). *MDPI*. From <https://doi.org/10.3390/molecules25245802>
- Roy, N., Gaur, A., Jain, A., Bhattacharya, S., & Rani, V. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles: An approach to overcome toxicity. *Environmental toxicology and pharmacology*, 807–812.
- Salgado, D. (2018). *Aplicación de nanopartículas de Fe(0) sintetizadas con extracto de mora (Rubus glaucus) en suelos contaminados artificialmente con fenantreno para su remoción*. Universidad de las Fuerzas Armadas Espe, Sangolqui, Ecuador .
- Sánchez Barreno, N. V. (2022). Estimación de la humedad crítica para el secado de manzanas (*Pyrus malus*) utilizando redes neuronales artificiales. *Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato.
- Santana Báez, S., Mendoza Martín, M., Quevedo Villegas, M. C., & Gutiérrez Disla, E. J. (2018, Febrero 2). Revisión Sistemática sobre los efectos tóxicos de las nanopartículas metálicas en la salud de los trabajadores. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 295-311. From [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0465-546X2018000300295&lng=es&tln g=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2018000300295&lng=es&tln g=es).
- Santos-Espinoza, A., Gutiérrez-Miceli, F., Ruíz-Valdiviezo, V., & Montes-Molina, J. (2020). El papel de los compuestos polifenólicos en la síntesis verde de nanopartículas metálicas. *BioTecnología*, 24(2), 48.
- Serrano, Z. (1996). Veinte cultivos de hortalizas en invernadero. 638.

- Shamaila, S., Leghari Sajjad, A. K., Ryma, N.-u.-A., Farooqi, S. A., Jabeen, N., Majeed, S., & Farooq, I. (2016). Advancements in nanoparticle fabrication by hazard free eco-friendly green routes, *Applied Materials Today*, 150-199. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apmt.2016.09.009>.
- Stalikas, C. D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *J. Sep. Sci.*, vol. 30, no. 18, 3268–3295.
- Stevens, P. F. (2017, Julio 14). *Angiosperm Phylogeny Website*. From <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- Tapia, M., & Fries, A. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. FAO y ANPE, Lima.
- Telégrafo, E. (2014, Septiembre 30). Ecuador es el primer exportador de pulpa de maracuyá del mundo. *El Telégrafo*. From <https://ipdrs.org/index.php/noticias/que-pasa/10-ecuador/3325-ecuador-es-el-primer-exportador-de-pulpa-de-maracuya-del-mundo#:~:text=Se%20estima%20que%20la%20producci%C3%B3n,entre%20en%20ejecuci%C3%B3n%20el%20plan.>
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros Zevallos, L., & Hawkins Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for. *Journal of Food*, 669-675.
- Tsotsis, G. (2018). APLICACIONES DE LA NANOTECNOLOGIA EN LOS MATERIALES DE LA CONSTRUCCIÓN. *MÁSTER EN CONSTRUCCIÓN AVANZADA EN LA EDIFICACIÓN Trabajo Final de Máster*. Escuela politecnica Superior de Barcelona, Cataluña.
- Tuston Chacon , R. G. (2012). Sistematización de experiencias del cultivo de frutilla ,para la sierra norte de pichincha. *Producto previo a la obtención del título de INGENIERO AGROPECUARIO*. Universidad Politecnica Salesiana Sede QUITO, Quito.
- Wang, Y. (2019). Green synthesis of nanoparticles for the remediation of contaminated waters and soils: Constituents, synthesizing methods, and influencing factors.

- Zambrano, M., Villamarín Abadie, A. G., & del Rocío, C. (2020). Composición química y actividad antioxidante de *Passiflora tarminiana*. *Tesis. Recuperado a partir de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51153>*. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas, Guayaquil.
- Zapata, K., Cortes, F., & Rojano, B. A. (2013). Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto de Guayaba Agria (*Psidium araca*). *Información tecnológica*, 24(5), 103-112. From <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000500012>
- Zhang, B., Cai, J., Duan, Q., Reeves, M., & He, F. (2015). A Review of Polyphenolics in Oak Woods. *nt. J. Mol. Sci.*, vol. 16, 6978–7014.