



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE DEPARTAMENTO 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

**“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.”**

**Autor:** Mario Alejandro Bauz Lara

**Director:** Ing. Andrés Izquierdo Ph.D.

**Codirector:** Quim. Erika Murgueitio Ph.D.

Sangolquí, 06 de marzo de 2022



1. Introducción

2. Objetivos

3. Materiales y Métodos

4. Resultados y Discusión

5. Conclusiones y Recomendaciones



**1. Introducción**

2. Objetivos

3. Materiales y Métodos

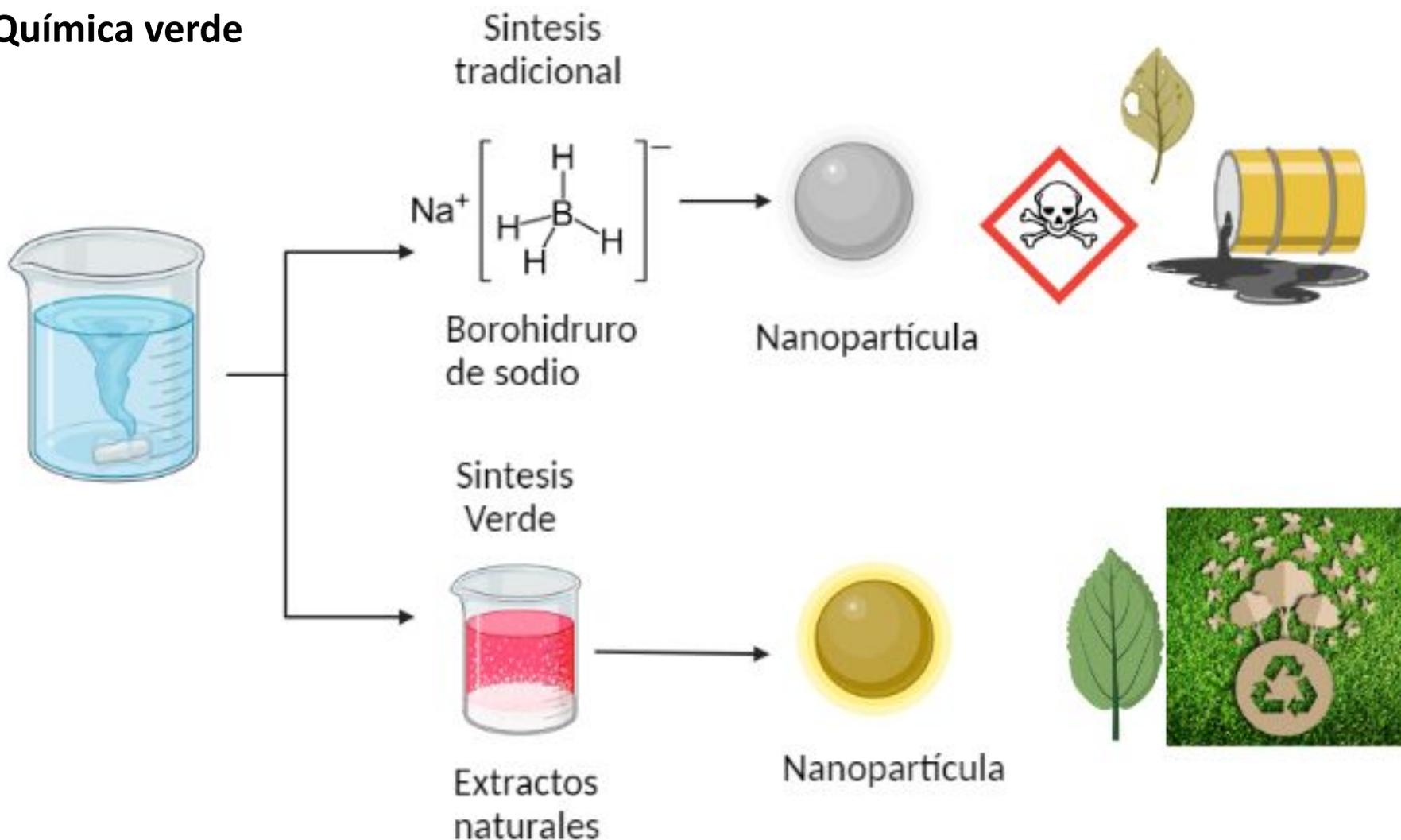
4. Resultados y Discusión

5. Conclusiones y Recomendaciones

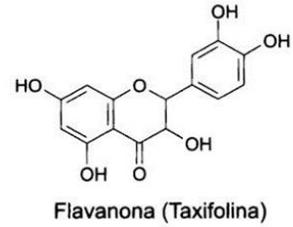
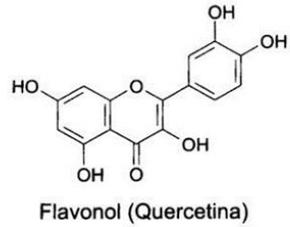
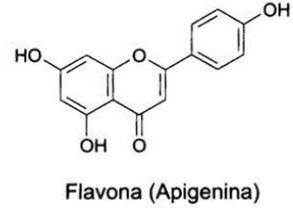
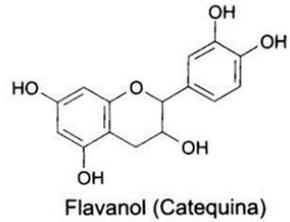




## Química verde



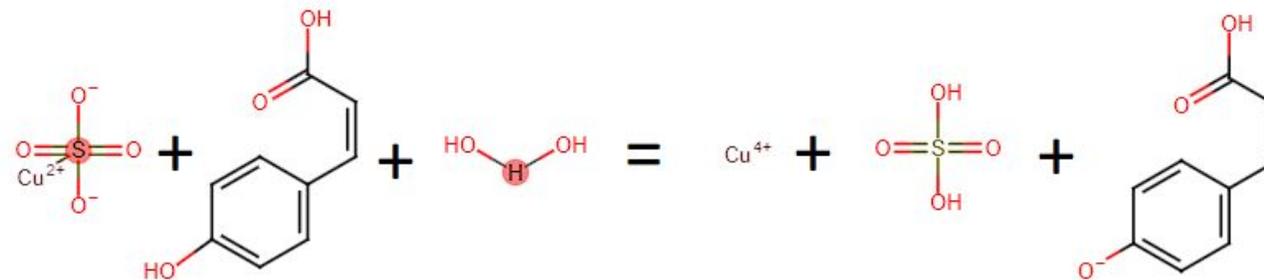
## Antioxidantes y Polifenoles



Farfán et al. 2012



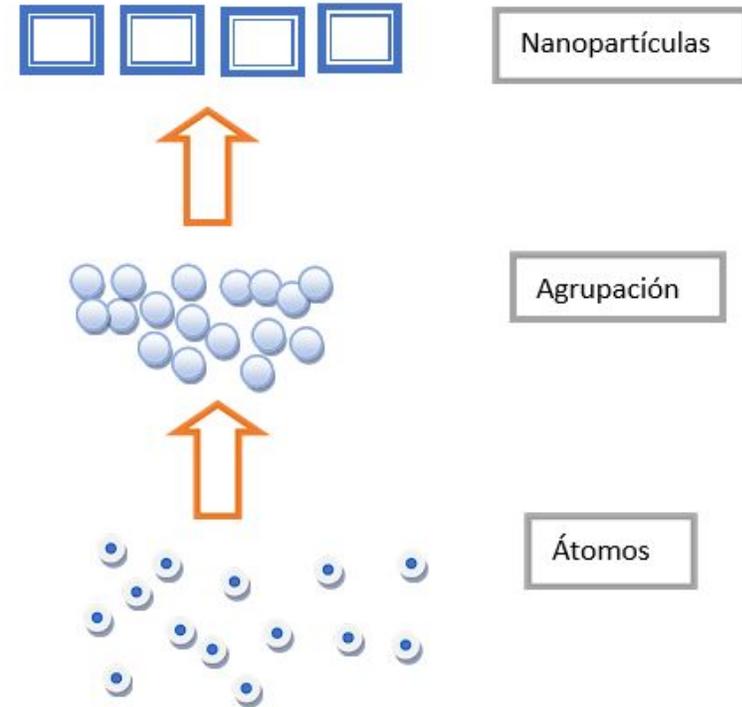
Keto.  
2023



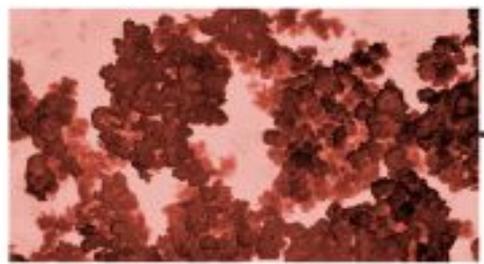
## Potencial Redox

Semirreacciones de Reducción	
	+ 0.34
Compuestos fenólicos	Epa [Voltios]*
Naringenina	0.76
Hesperetina	0.72
Ácido p-cumárico	0.59
Ácido ferúlico	0.53
Luteolin	0.41
Fisetina	0.39
Kaempferol	0.39
Ácido clorogénico	0.39
Catequina	0.36
Ácido cafeico	0.31
Quercetina	0.29
Miricetina	0.20

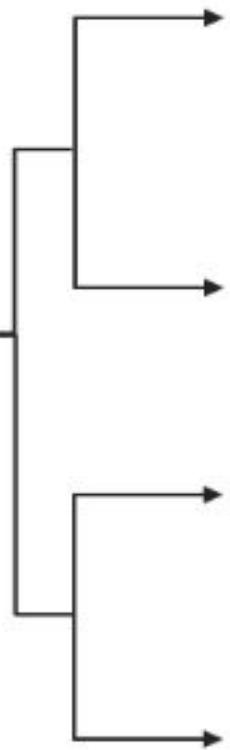
## Bottom up



## Aplicación de las Nanopartículas



Honrubia, 2022



Aplicación a la medicina



Aplicación al hormigón



Aplicación en desinfectantes



Aplicación en agricultura



1. Introducción

**2. Objetivos**

3. Materiales y Métodos

4. Resultados y Discusión

5. Conclusiones y Recomendaciones



## 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 (*Fragaria chiloensis* 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 (*Fragaria chiloensis* 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.



## Objetivos Específicos

- 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.



1. Introducción

2. Objetivos

**3. Materiales y Métodos**

4. Resultados y Discusión

5. Conclusiones y Recomendaciones



## Fase de campo

Nombre Común	Nombre científico
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.

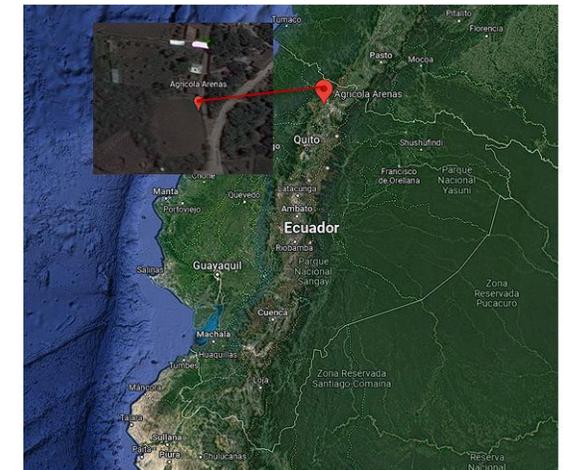
Figura 3: Ubicación de la finca Ecuamazonic natural



Figura 4: Ubicación de la finca ECOANDES.

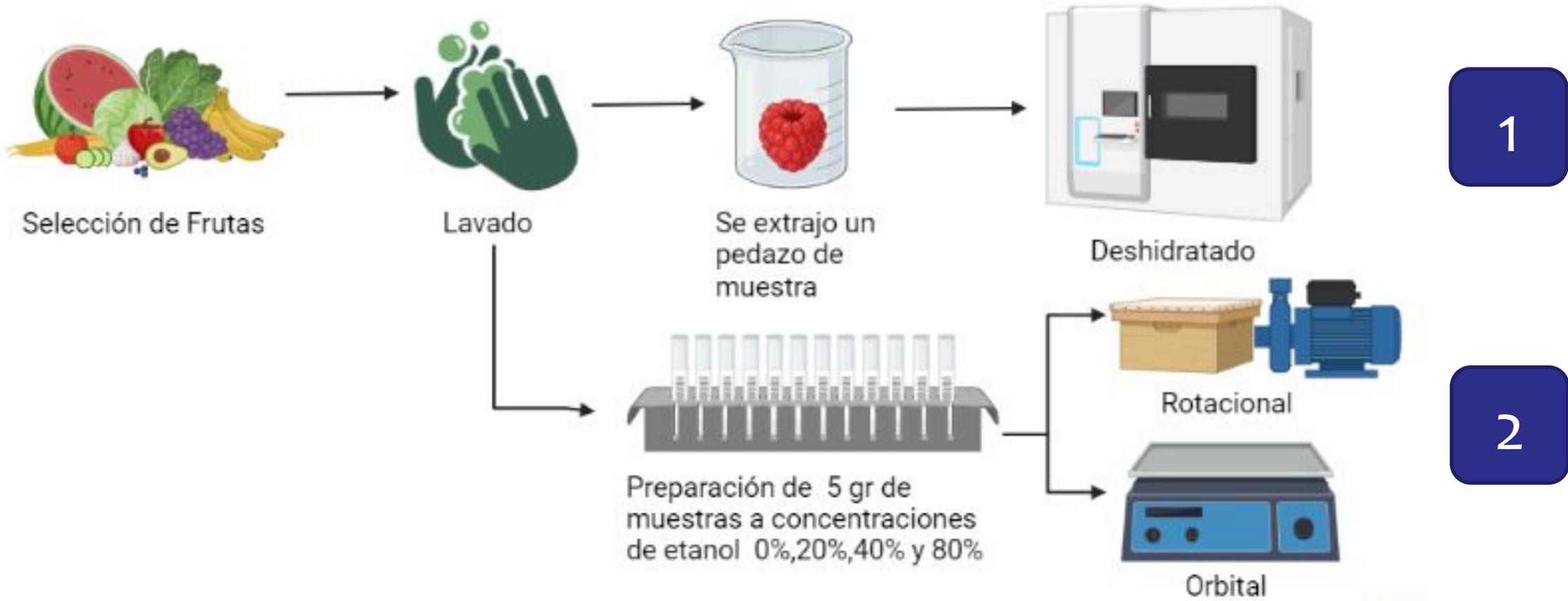


Figura 5: Ubicación de la Finca Agrícola Arenas.



## Fase de laboratorio

Pretratamiento del material vegetal



Orbital



Rotacional

Nombre	Siglas
Uvilla	
Frutilla	
Maracuyá	
Naranjilla	
Taxo	

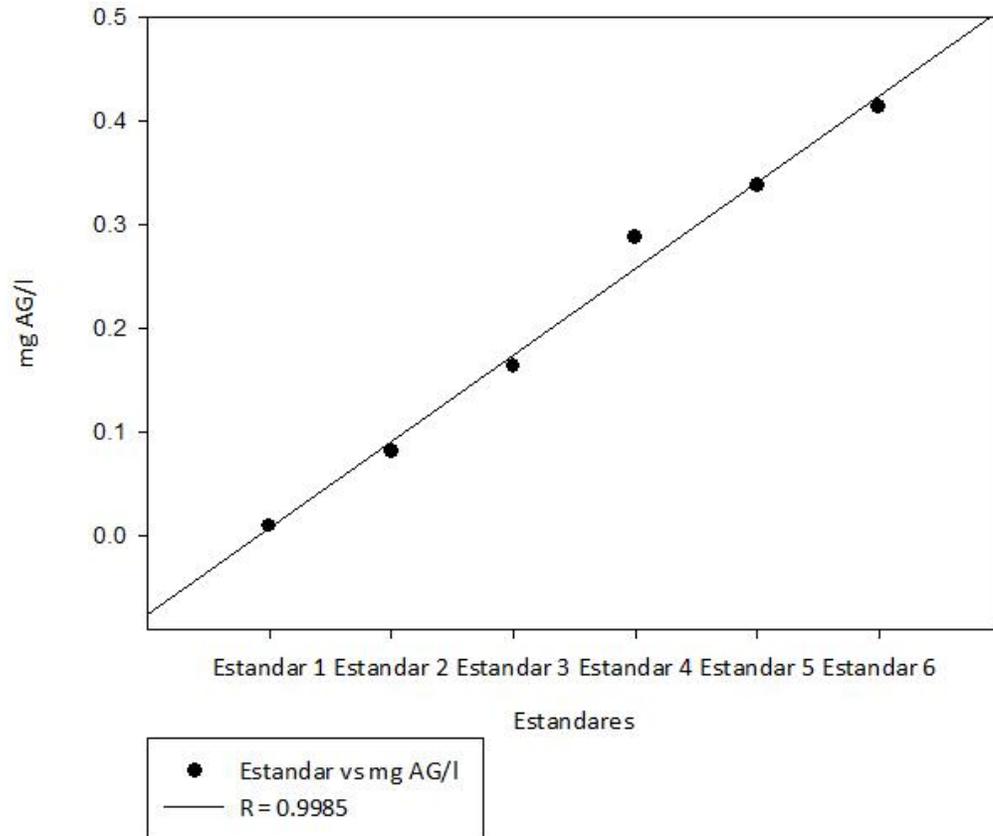
Nombre	Siglas
Uvilla	Uv
Frutilla	ill
Maracuyá	My
Naranjilla	Nr
Taxo	Tx

Preparación de la Curva de calibración para polifenoles



## Determinación concentración de polifenoles

Curva de calibración

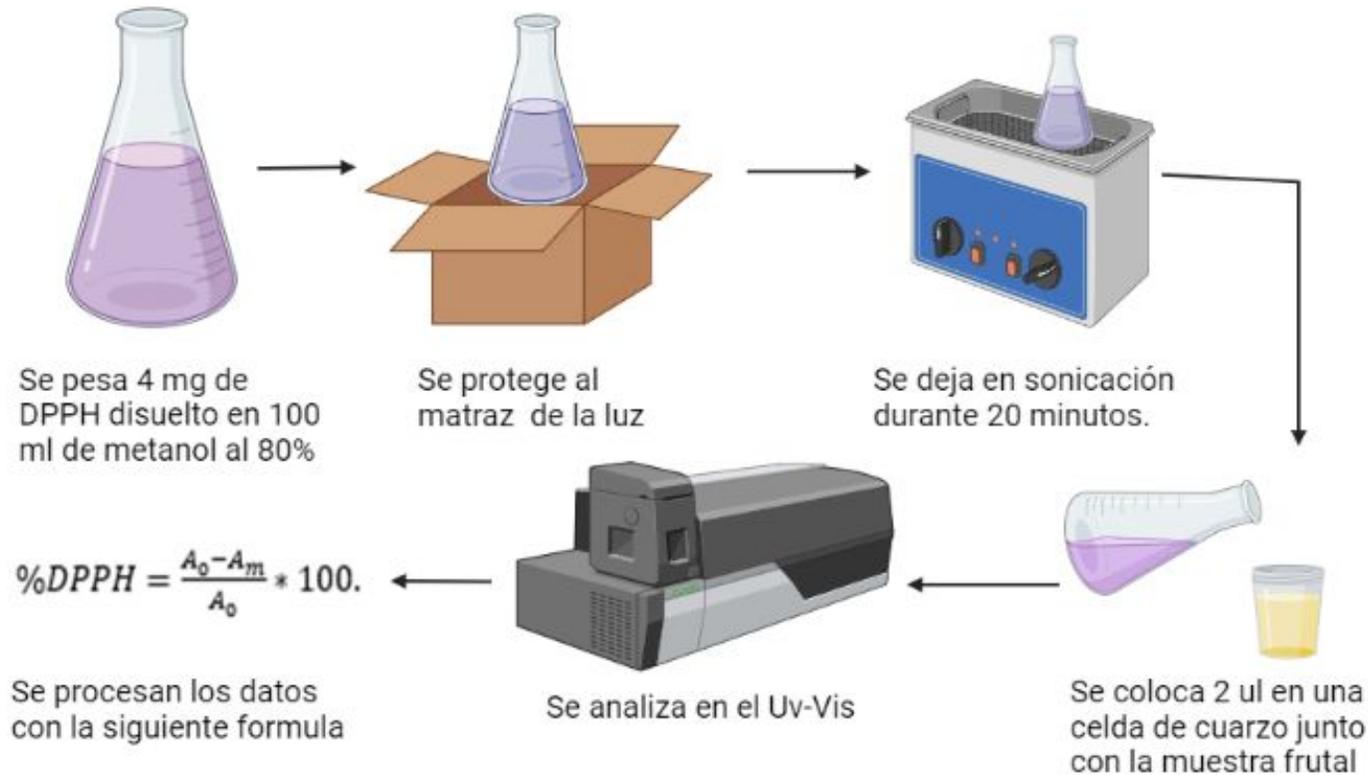


## Diseño Experimental

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



Capacidad Antioxidante				
	Inicial	Final	Porcentaje	Aproximación (% DPPH)
Uvilla				
Frutilla				
Taxo				
Maracuyá				
Naranja				

Verificación con ANOVA de una vía



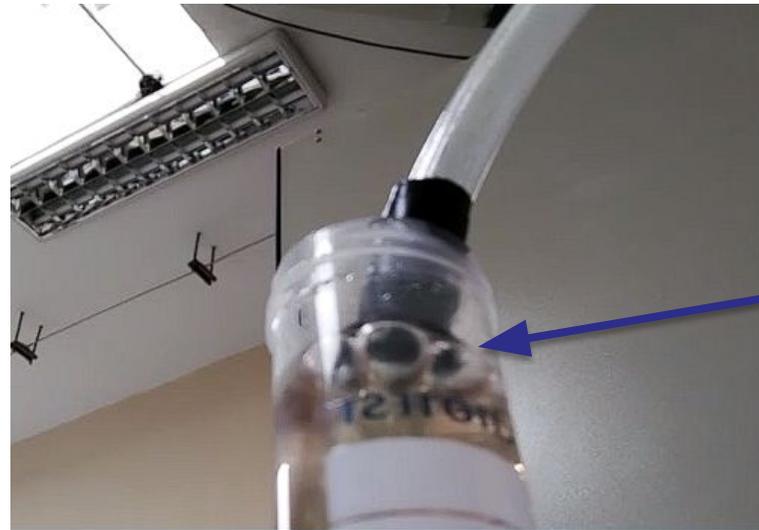
## Protocolo para síntesis de nanopartículas de cobre



Se mantuvo todo el proceso en línea de gas noble



## Protocolo para síntesis de nanopartículas de yoduro de cobre



Se mantuvo todo el proceso en línea de gas noble



## Protocolo para la caracterización de nanopartículas



**Análisis de estabilidad de las nanopartículas**



**Análisis de la cinética de nanopartículas**

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

1. Introducción

2. Objetivos

3. Materiales y Métodos

**4. Resultados y Discusión**

5. Conclusiones y Recomendaciones



## Porcentaje de humedad de las 5 frutas

Fruta	Peso húmedo (g)	Peso Seca (g)	% Pulpa deshidratada	% Agua
Uvilla	57.35	2.38	4.15	95.85
Frutilla	23.78	1.67	7.02	92.98
Maracuyá	43.66	2.42	5.54	94.46
Naranja	44.24	7.51	16.98	83.02
Taxo	42.82	2.46	5.74	94.26

## Concentración de polifenoles

Tipo de agitación	Concentración de Etanol	Muestras				
		Rotacional				
		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



Frutas con mayor presencia de polifenoles.

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



## Análisis estadístico.

Balanced Design

Dependent Variable: Ensayo

Normality Test (Shapiro-Wilk) Failed (P < 0.010)

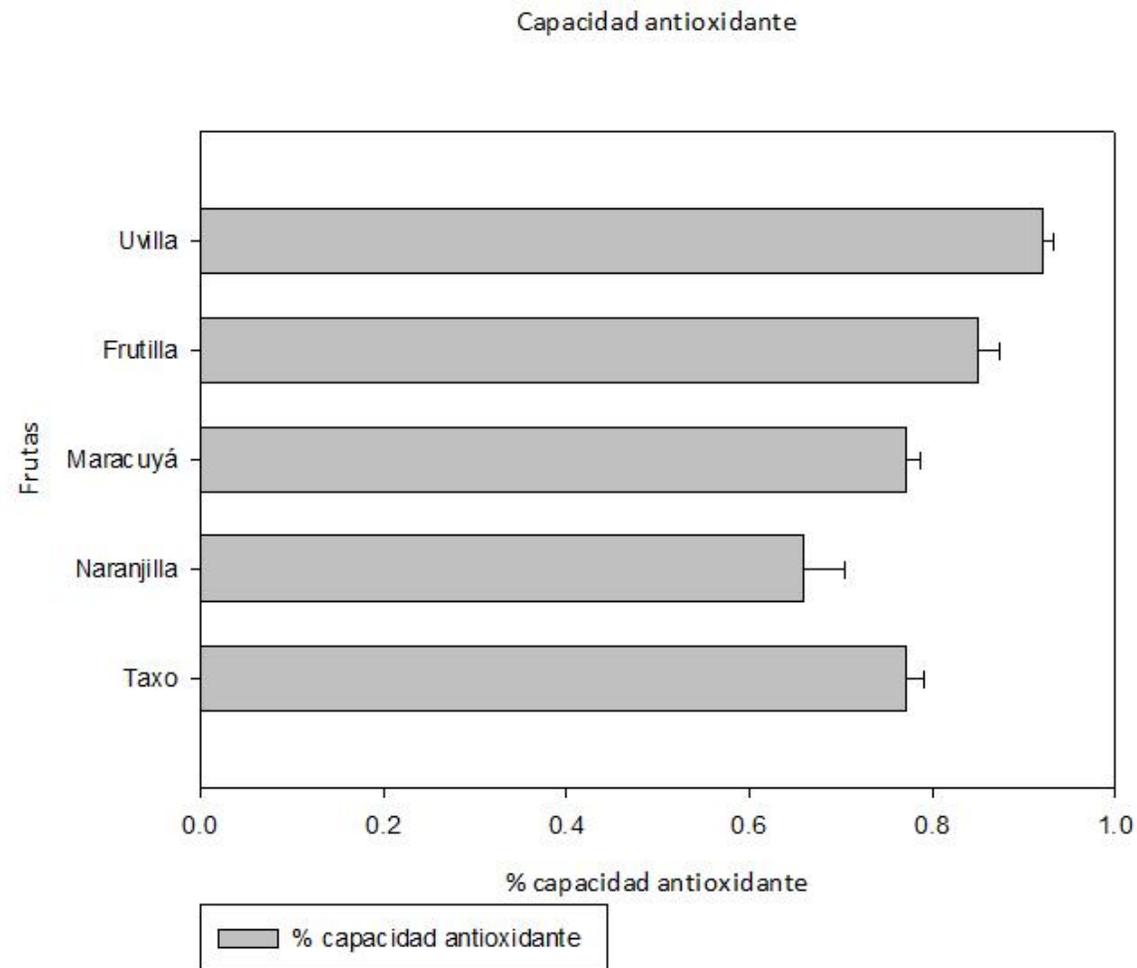
Equal Variance Test: Failed (P < 0.010)

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		

Significancia del 99%

## Capacidad antioxidante.

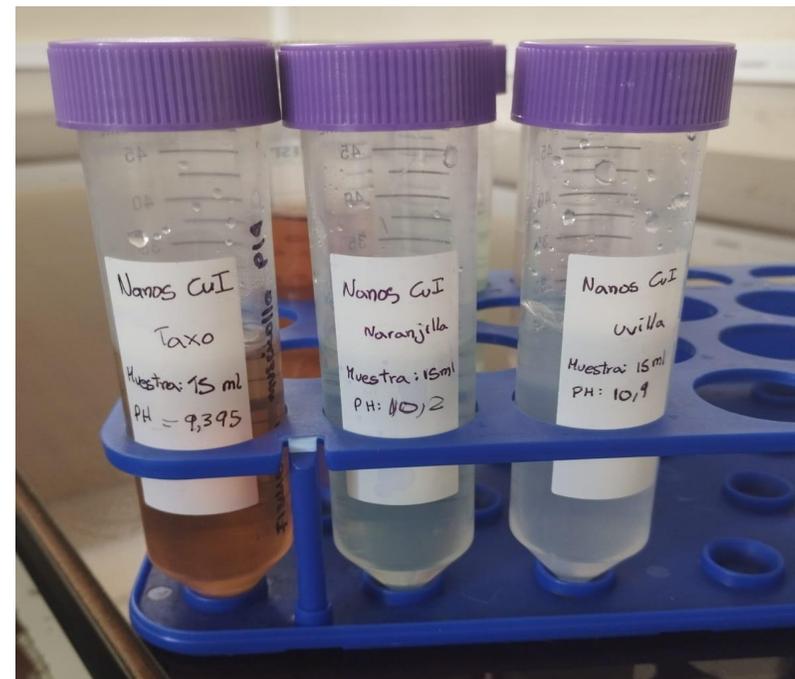
Capacidad Antioxidante				
Frutas			Porcentaje (%)	Aproximación
Uvilla	0.32	0.023	92.81	92%
Frutilla	0.42	0.061	85.48	85%
Taxo	0.47	0.109	76.81	77%
Maracuyá	0.43	0.097	77.44	77%
Naranjilla	0.33	0.1106	66.48	66%



## Nanopartículas de cobre en extractos frutales de Taxo, Naranja y Uvilla.

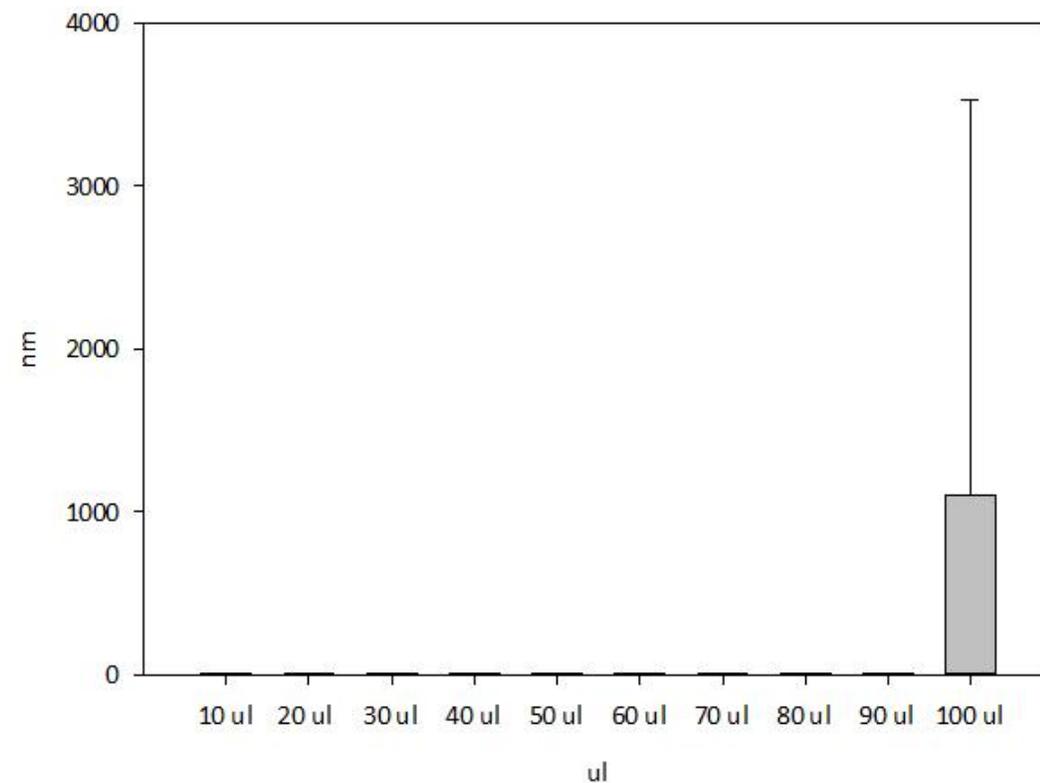


## Nanopartículas de yoduro de cobre en extractos frutales de Taxo, Naranja y Uvilla.



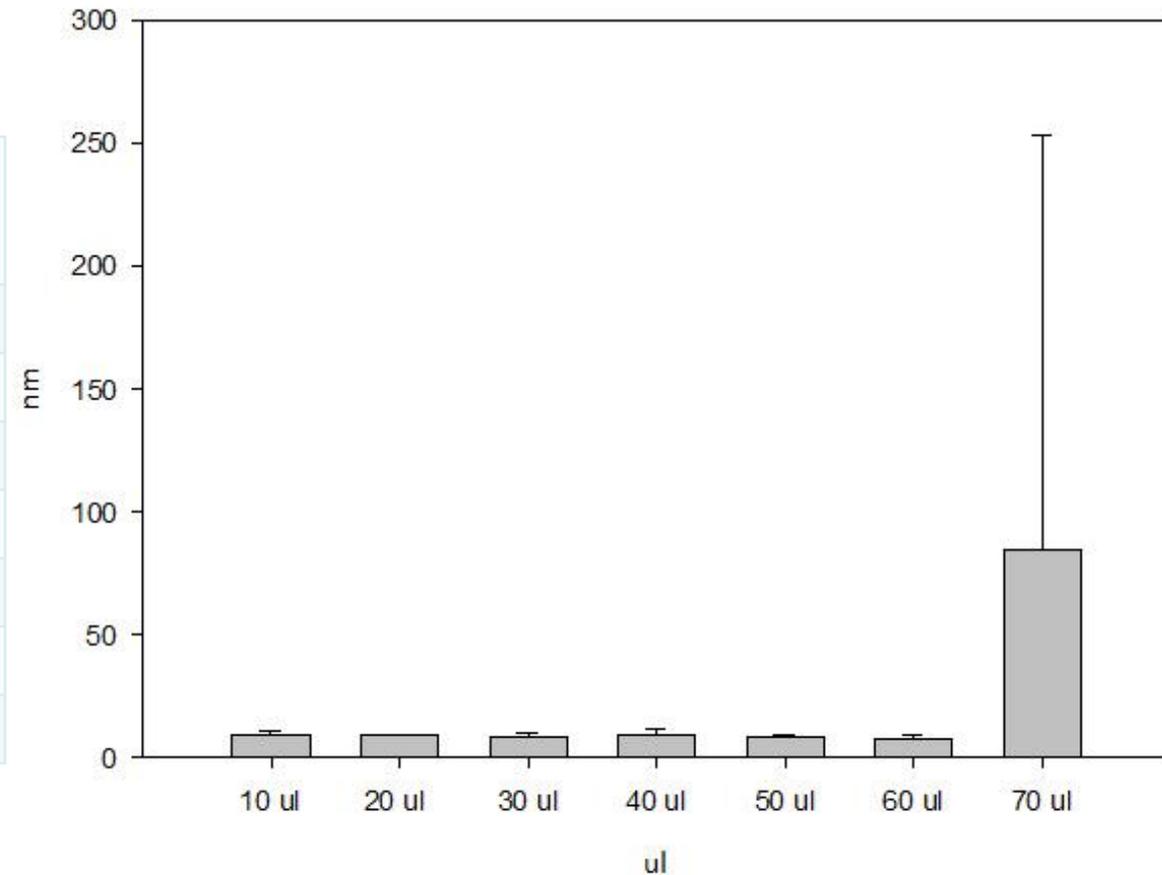
## Ensayo de agrupación de nanopartículas de Taxo

	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



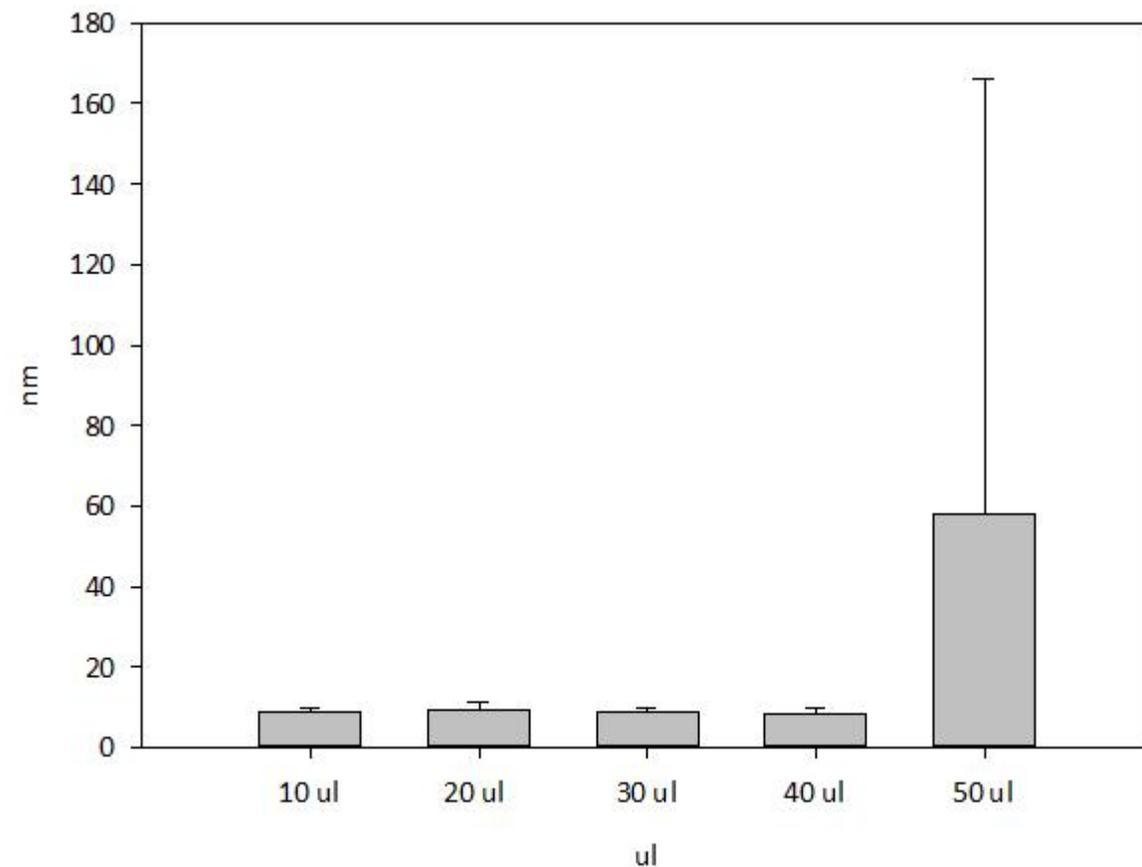
## Ensayo de agrupación de nanopartículas de Naranja

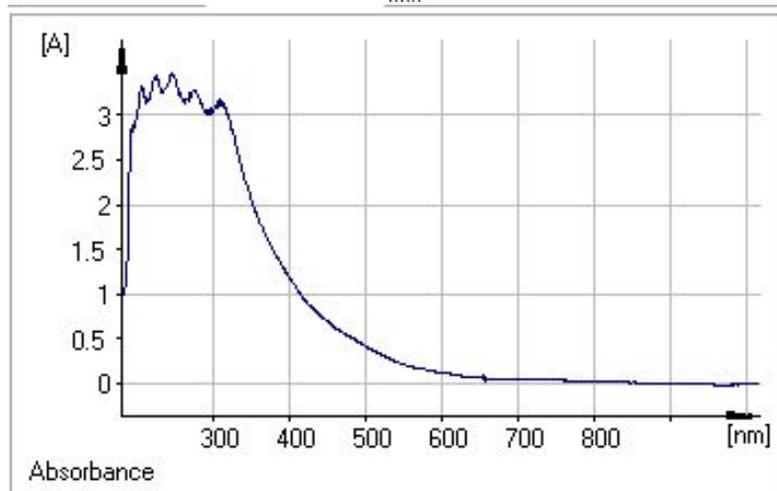
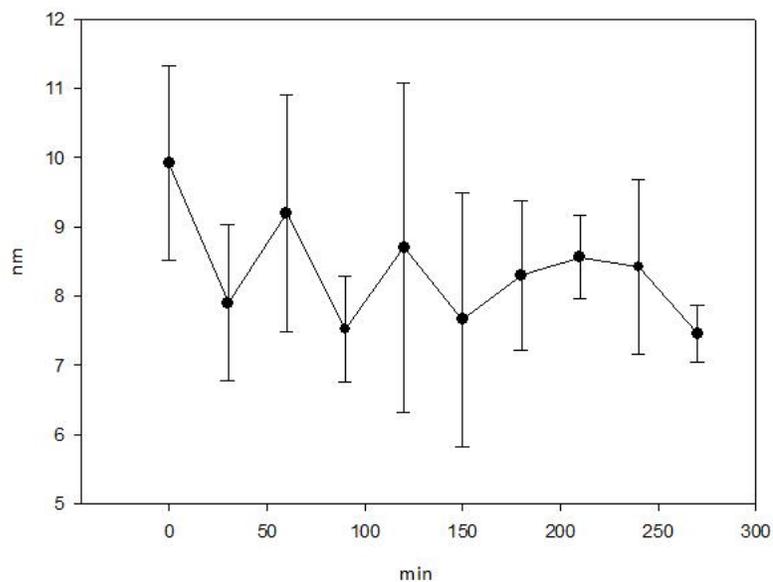
	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)	Media (nm)	Desviación Estándar
10 ul	10.8	9.5	10.2	8.1	7.1	9.14	1.52
20 ul	8.8	9.9	9.3	8.1	8.9	9	0.66
30 ul	9.6	10.1	6.8	9.3	8.2	8.8	1.32
40 ul	6.8	7.9	12	7.4	12.2	9.26	2.62
50 ul	8.9	9	8.6	9.6	7.2	8.66	0.89
60 ul	7.5	7.2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



## Ensayo de agrupación de nanopartículas de Uvilla

	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	Media	Desviación
	(nm)	(nm)	(nm)	(nm)	(nm)	(nm)	Estándar
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



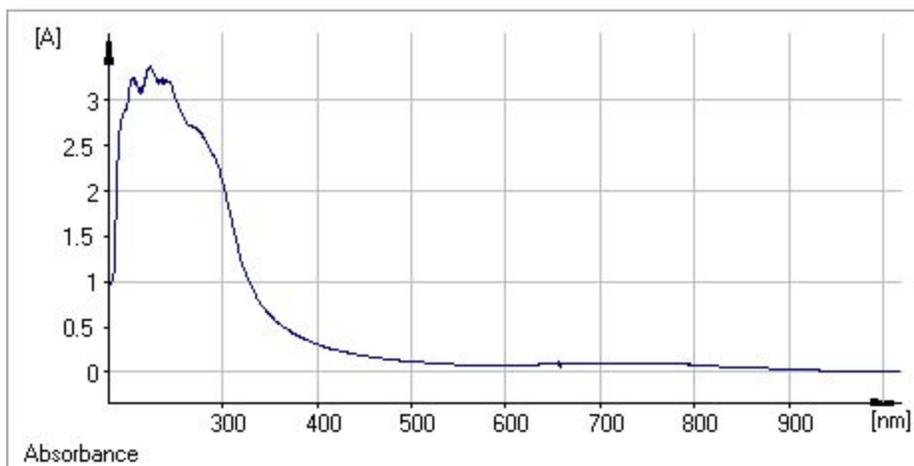
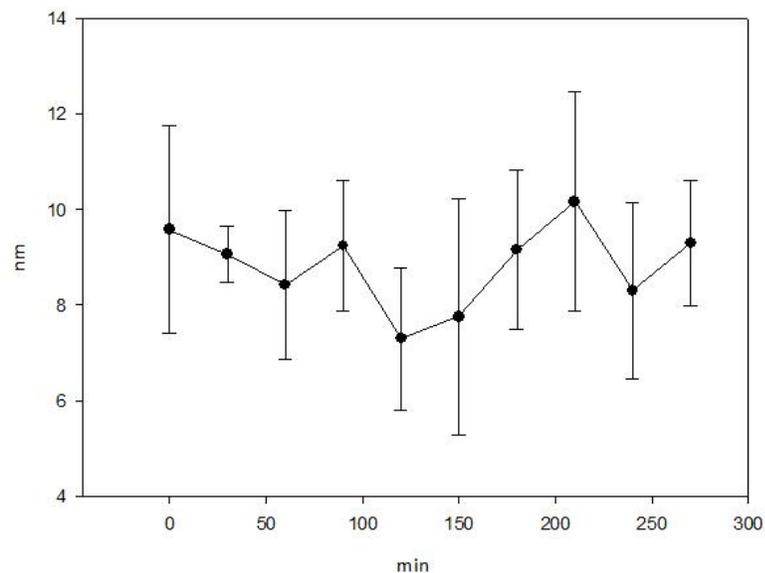


## Cinética de nanopartículas de cobre en extracto de Taxo

Tiempo (min)	Taxo					Promedio (nm)	Desviación Estándar
	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)		
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



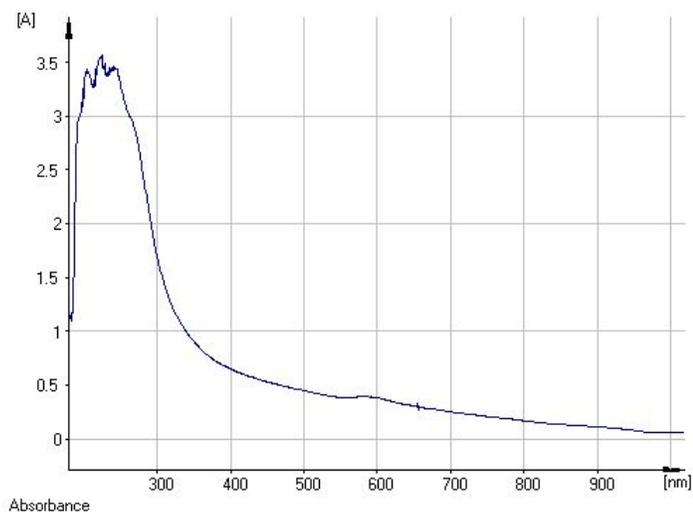
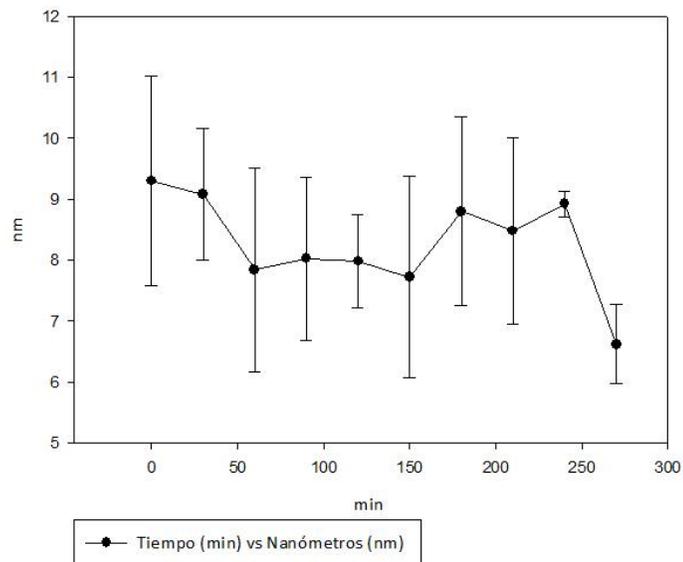
## Cinética de nanopartículas de cobre en extracto de Naranjilla



Naranjilla							
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

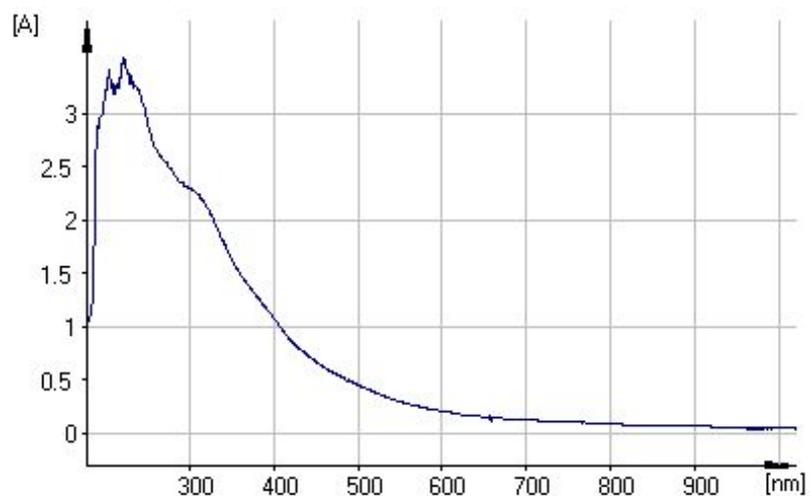
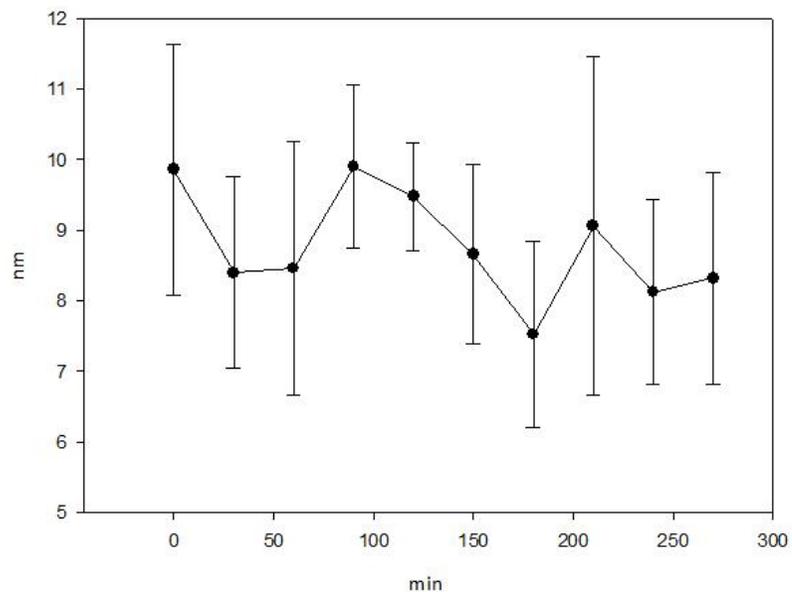


## Cinética de nanopartículas de cobre en extracto de Uvilla



Tiempo (min)	Uvilla					Promedio (nm)	Desviación Estándar
	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)		
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
180	10.2	6.4	9.3	8.2	9.9	8.8	1.54
210	10.2	6.6	8	7.7	9.9	8.48	1.53
240	8.9	8.6	9	8.9	9.2	8.92	0.22
270	7.4	6.2	6.4	5.9	7.2	6.62	0.65





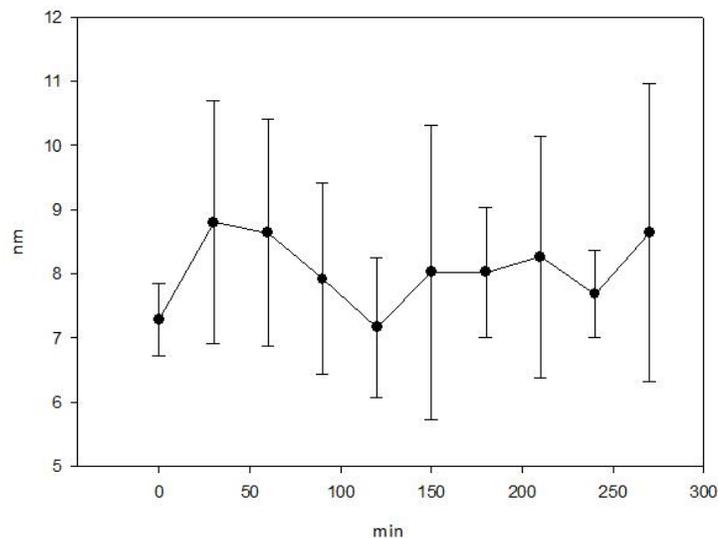
Absorbance

## Cinética de nanopartículas de yoduro de cobre en extracto de Taxo

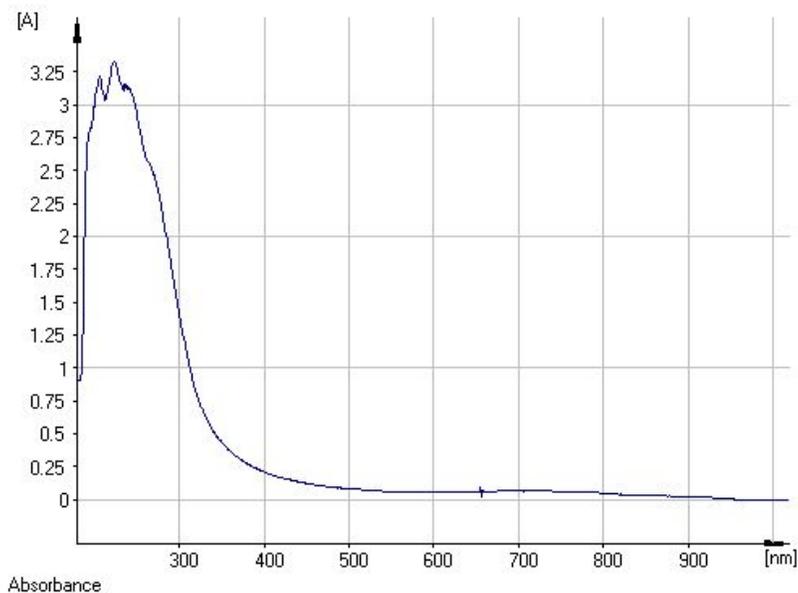
Tiempo (min)	Taxo					Promedio (nm)	Desviación Estándar
	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)		
0	10.9	10.7	9.8	11.1	6.8	9.86	1.78
30	9	6.7	9.5	9.6	7.2	8.4	1.35
60	11.4	8.4	8.3	7.6	6.6	8.46	1.79
90	8	10.4	9.6	10.8	10.7	9.9	1.16
120	10.3	10.3	8.8	9.2	8.8	9.48	0.77
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

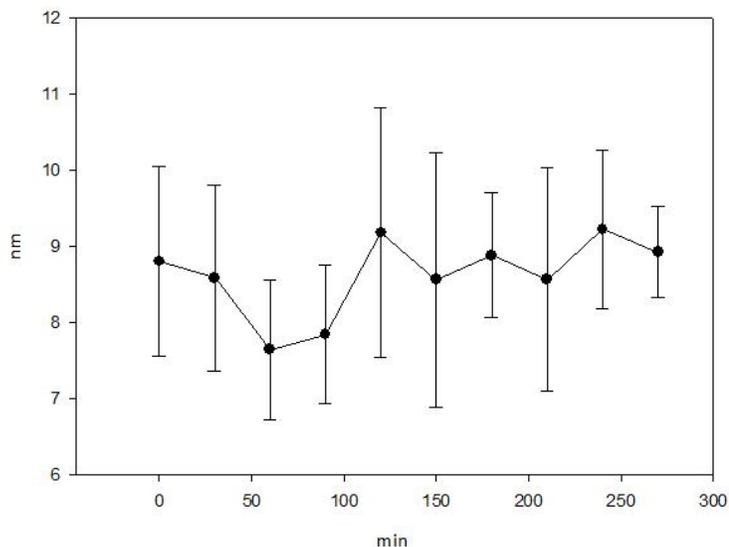


## Cinética de nanopartículas de yoduro de cobre en extracto de Naranja



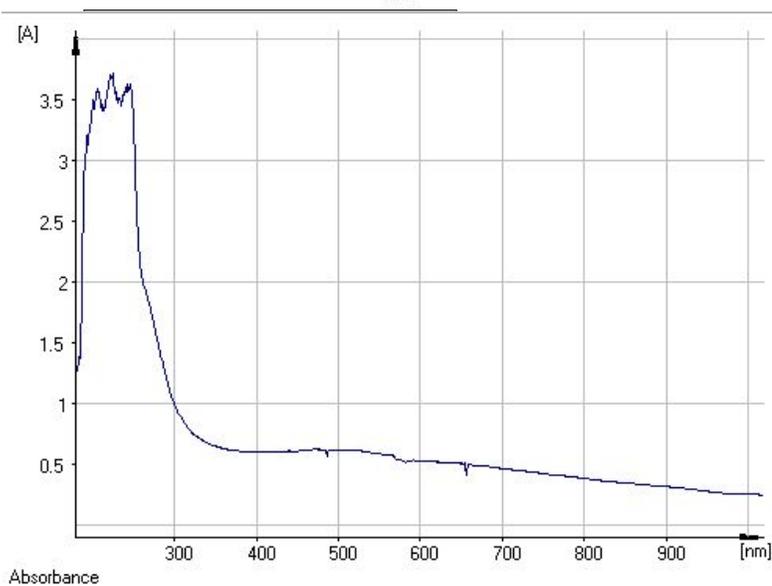
Naranja							
Tiempo (min)	Medición 1 (nm)	Medición 2 (nm)	Medición 3 (nm)	Medición 4 (nm)	Medición 5 (nm)	Promedio (nm)	Desviación Estándar
0	6.9	7.1	6.7	7.6	8.1	7.28	0.57
30	6.5	8.9	8	8.9	11.7	8.8	1.89
60	8.2	9.8	5.8	10.3	9.1	8.64	1.77
90	8	8.7	9.5	7.9	5.5	7.92	1.5
120	8	8.1	7	5.4	7.3	7.16	1.09
150	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





## Cinética de nanopartículas de yoduro de cobre en extracto de Uvilla

Naranjilla							
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



1. Introducción

2. Objetivos

3. Materiales y Métodos

4. Resultados y Discusión

**5. Conclusiones y Recomendaciones**



- Se logran obtener mayor concentración de polifenoles cuando utilizamos 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. 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%.
- Una vez medida 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%.



- Con los extractos frutales se sintetizó tres nanopartículas de cobre (CuNPs) utilizando el sulfato de cobre y los extractos frutales de Taxo, Uvilla y Naranjilla.
- Para la caracterización se obtuvo un promedio de 9.5 a 11 nm cifras analizadas en el DLS y corroboradas con el Espectro UV-Vis, podemos determinar que nuestras nanopartículas de cobre son de cobre oxidado y por eso su espectro tiene picos en los 300.



- 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.



