



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



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA

**Evaluación de la actividad antibacteriana de un jabón sólido de glicerina enriquecido con nanopartículas de plata sintetizadas en extracto de marco (*Ambrosia peruviana*)**

**Autor:** Hyllary Borja

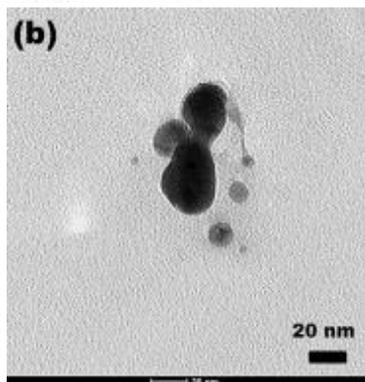
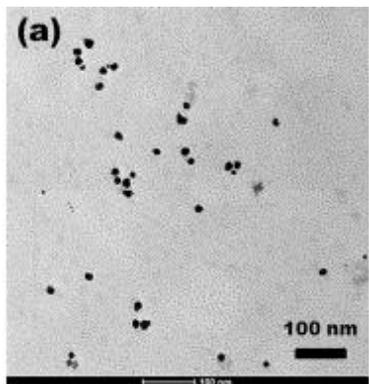
**Director:** Alexis Debut Ph.D.

Sangolquí, 26 de agosto 2022



- 1** **Introducción**
- 2** **Objetivos**
- 3** **Materiales y Métodos**
- 4** **Resultados y Discusión**
- 5** **Conclusiones**
- 6** **Recomendaciones**
- 7** **Agradecimientos**

# 1 INTRODUCCIÓN



Imágenes de AgNPs sintetizadas con extractos naturales obtenidas por TEM

- La plata es un metal de transición sin un papel biológico y se lo ha usado como agente antimicrobiano
- El rápido desarrollo de la nanotecnología ha permitido obtener nanopartículas con funciones muy útiles para el ser humano, los animales y el medio ambiente.

- Las nanopartículas de plata han demostrado ser un buen agente antibacteriano frente a *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y otras bacterias.
- La síntesis verde de AgNps es una alternativa viable, en donde los extractos de plantas se usan como agentes reductores para el proceso de síntesis.

- El Ecuador es uno de los países con mayor biodiversidad del mundo en flora y fauna.
- *Ambrosia peruviana*, también conocida como “marco”, es una planta herbácea que es muy usada en la medicina tradicional indígena para tratar muchas enfermedades.

- La incorporación de la nanotecnología en la industria cosmética ha permitido el desarrollo de nuevas formulaciones que tienen una mayor eficacia
- Las AgNPs son de gran interés por sus propiedades antimicrobianas y conservantes.
- Comité Científico sobre Seguridad del Consumidor (SCCS) → agente conservante seguro.

- En los últimos años, el uso de NPs en productos cosméticos se ha incrementado por los beneficios que han demostrado tener, persiste el debate de su toxicidad.
- Los agentes antibacterianos inorgánicos son más estables y seguros.
- Debido al abuso de los antibióticos se han desarrollado cepas más resistentes de bacterias.
- La síntesis verde de nanopartículas es una forma de obtener nanopartículas utilizando extractos de plantas.
  - Selección de un medio solvente biocompatible y no tóxico;
  - Selección de agentes reductores ambientalmente favorables; y
  - Selección de sustancias no tóxicas para la estabilización de las nanopartículas
- El marco es una planta muy usada desde hace tiempo en el Ecuador para tratar infecciones internas y externas (causadas por ectoparásitos) tanto en personas como animales.
- La industria cosmética está empezando a crecer con emprendimientos de cosmética natural



## 2 OBJETIVOS

## Objetivo General

Evaluar la actividad antibacteriana de un jabón sólido de glicerina enriquecido con nanopartículas de plata sintetizadas con extracto de marco (*Ambrosia peruviana*).

## Objetivos Específicos



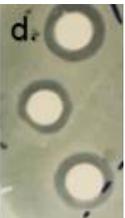
Obtener y caracterizar el extracto acuoso de marco (*Ambrosia peruviana*).



Sintetizar nanopartículas de plata (AgNPs) mediante una síntesis fitoquímica con extracto de marco (*Ambrosia peruviana*).



Elaborar un jabón sólido de glicerina enriquecido con nanopartículas de plata sintetizadas en extracto de marco (*Ambrosia peruviana*).



Evaluar la actividad antibacteriana del jabón frente a *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* mediante el método de difusión en agar

# 3 MATERIALES Y MÉTODOS

## Obtención del material vegetal

- Mercado Central → provincia Pichincha, cantón Quito, parroquia Centro Histórico, Barrio San Blas, Avenida Pichincha entre Manabí y Esmeraldas



Imagen obtenida de Google maps

## Tratamiento del material vegetal



Limpieza del material vegetal



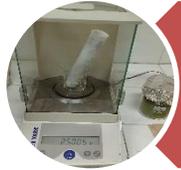
Secado del material vegetal



Molienda del material vegetal

Pulverisette 6 Classic Line, Fritsch

## Obtención del extracto



Pesaje del material vegetal



Preparación del extracto en microondas (Anton Para Multiwave PRO Microwave Reaction System)



Filtrado del extracto con cedazo



Filtrado al vacío



Extracto obtenido

## Caracterización del extracto

Cuantificación de flavonoides

- Curva de calibración de quercetina
- Cloruro de aluminio

Capacidad / actividad antioxidante

- Radical DPPH



## Síntesis de las AgNPs

Síntesis

- Goteo: 20 mL de una solución de  $\text{AgNO}_3$
- Agitación a 350 rpm

Optimización

- Parámetros de la tabla



Tabla 1 : Parámetros analizados en la optimización de la síntesis de AgNPs

Cantidad de extracto (mL)	Concentración de $\text{AgNO}_3$ (mM)	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH
1	0,1	$40 \pm 1$	6,14
1,5	0,5	$45 \pm 1$	7
2	1	$50 \pm 1$	8
2,5	2,5	$55 \pm 1$	9

## Caracterización de las AgNPs



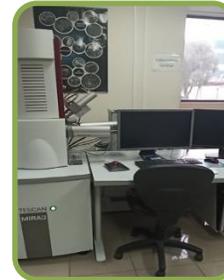
Espectrofotometría UV – Vis  
(Analytik jena SECORD S 600)



Dispersión dinámica de luz  
(DLS) (HORIBA LB-550  
Dynamic Light Scattering  
Nanoparticle Size Analyzer)



Difracción de rayos X (XRD)  
(PANalytical Empyrean)



Microscopía electrónica de  
barrido (SEM) (Tescan, Mira 3) y  
espectroscopia de energía  
dispersiva de rayos X (EDS)  
(Bruker X-Flash 6 | 30)



Microscopía electrónica de  
transmisión (TEM) (Tecnai G2  
Spirit Twin)

## Concentración de las AgNPs



50 mL de AgNPs:

- 2 h y 15 min
- Baño maría a 23°C
- Rotación constante

Buchi 23022A120

## Formulación del jabón

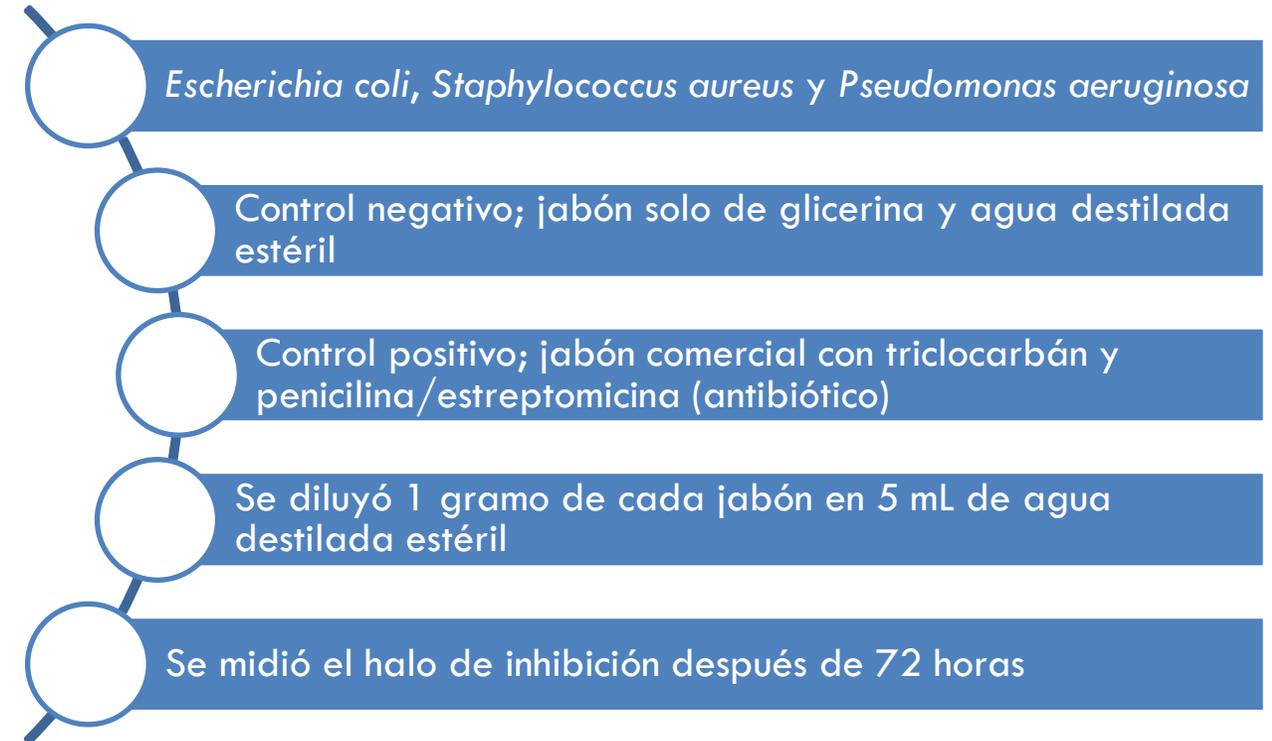
- Base para jabón de glicerina
- Ácido cítrico al 1%
- Concentraciones: 1,25%, 2,5%, 3,75% y 5%.
- Jabones de 3 gramos

## Caracterización del jabón



Baño maría a 70°C

## Prueba de difusión en agar



Análisis estadístico

Diseño Factorial (ANOVA)

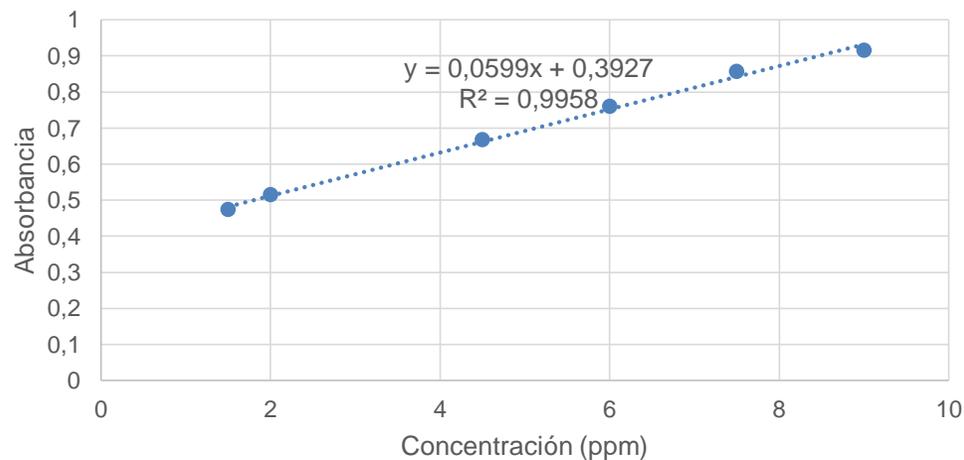
Duncan

# 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Caracterización del extracto – cuantificación de flavonoides

Tabla 2 : Datos de la curva de calibración de quercetina

Concentración (ppm)	Absorbancia a 425 nm (promedio)
1,5	0,0876
2	0,1167
4,5	0,2905
6	0,3909
7,5	0,4962
9	0,6603



Curva de calibración de quercetina

Tabla 3 : Resultados de la concentración de flavonoides

Concentración de Extracto (g/mL)	Repetición	Concentración de Flavonoides ( $\mu$ g Quercetina/mL solución) (promedio por repetición)	Concentración de Flavonoides ( $\mu$ g Quercetina/mL solución) (promedio total)
0,0025	R1	0,472	0,4542
	R2	0,4407	
	R3	0,4499	
0,005	R1	1,9943	2,0109
	R2	2,0255	
	R3	2,0127	
0,0075	R1	3,9356	3,9573
	R2	3,9746	
	R3	3,9616	
0,01	R1	5,8267	5,8181
	R2	5,8045	
	R3	5,8232	
0,025	R1	8,3139	8,2033
	R2	8,076	
	R3	8,2202	

## Caracterización del extracto – cuantificación de flavonoides

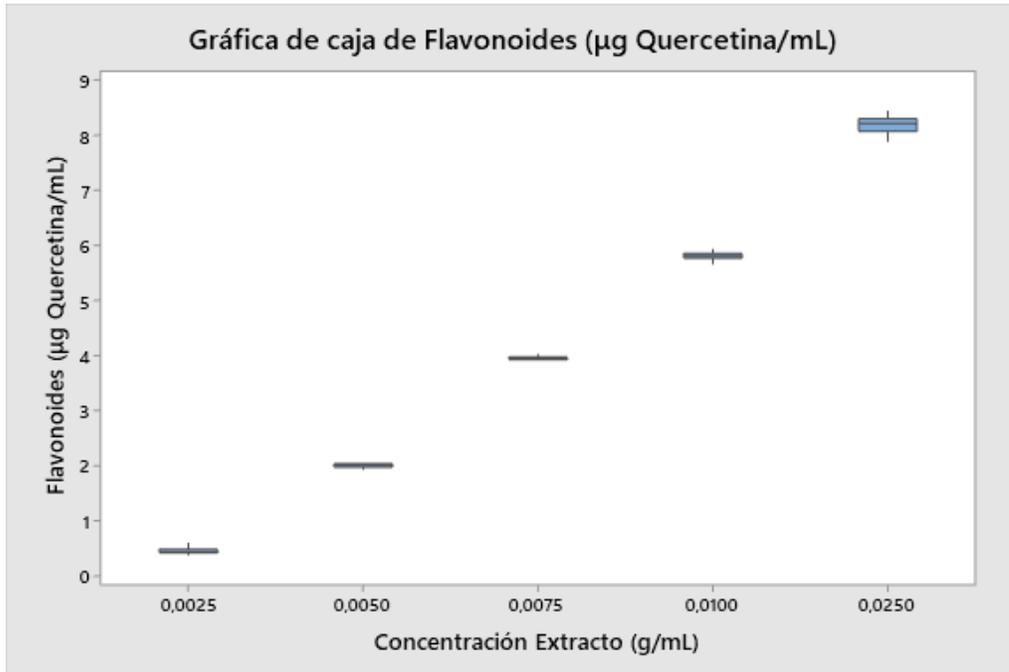
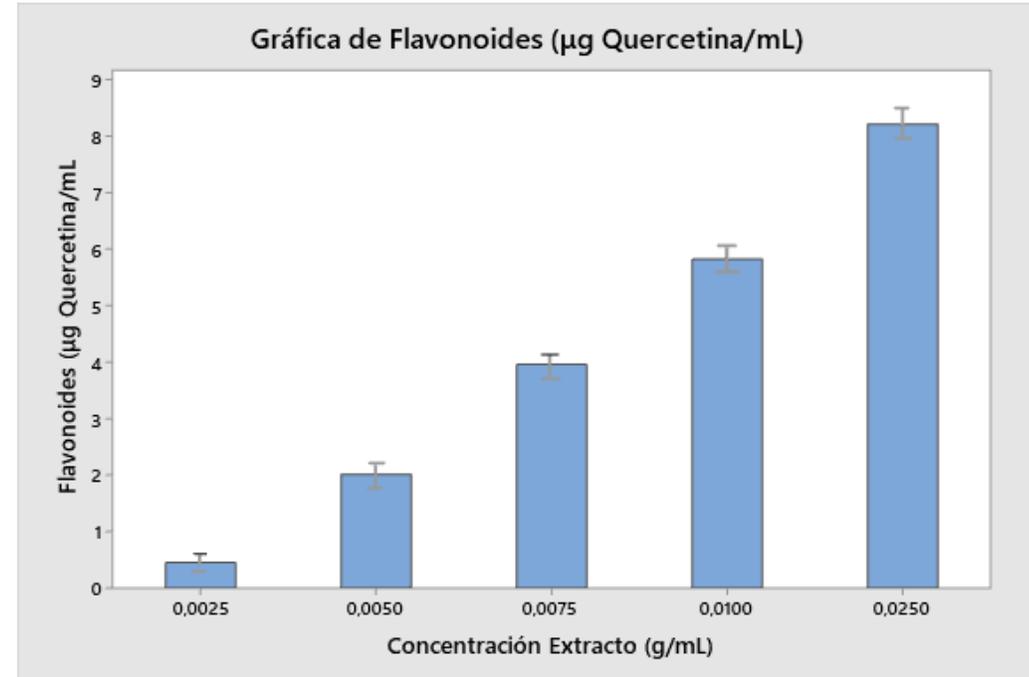


Diagrama de cajas de la concentración de flavonoides



Resultados de la concentración de flavonoides

## Caracterización del extracto – actividad antioxidante

Tabla 4: Resultados de la actividad antioxidante

Volumen de la muestra (mL)	Repetición	Actividad Antioxidante (%) (promedio por repetición)	Actividad Antioxidante (%) (promedio total)
0,2	R1	14,3392	14,0975
	R2	14,0201	
	R3	13,9331	
0,4	R1	16,4412	16,6668
	R2	16,6452	
	R3	16,9139	
0,6	R1	22,7572	23,025
	R2	22,9823	
	R3	23,3355	
0,8	R1	25,6293	25,8896
	R2	25,9203	
	R3	26,1192	
1	R1	30,6625	30,7199
	R2	30,7134	
	R3	30,7838	

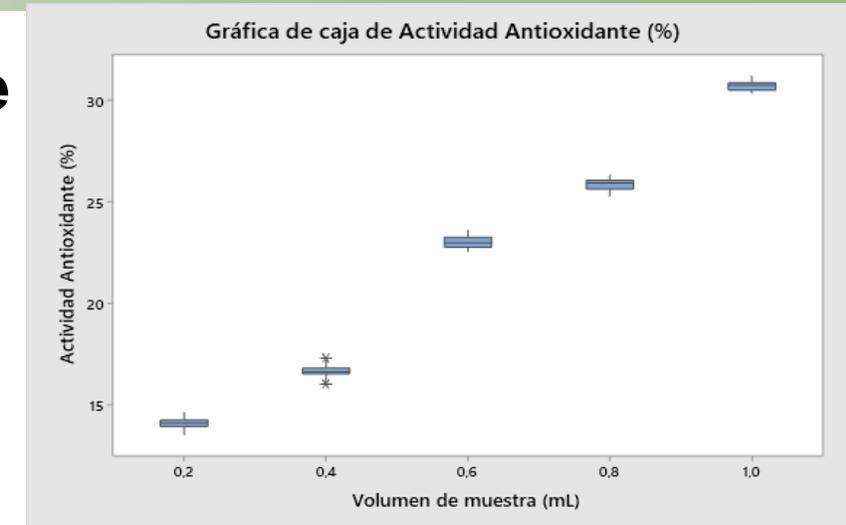
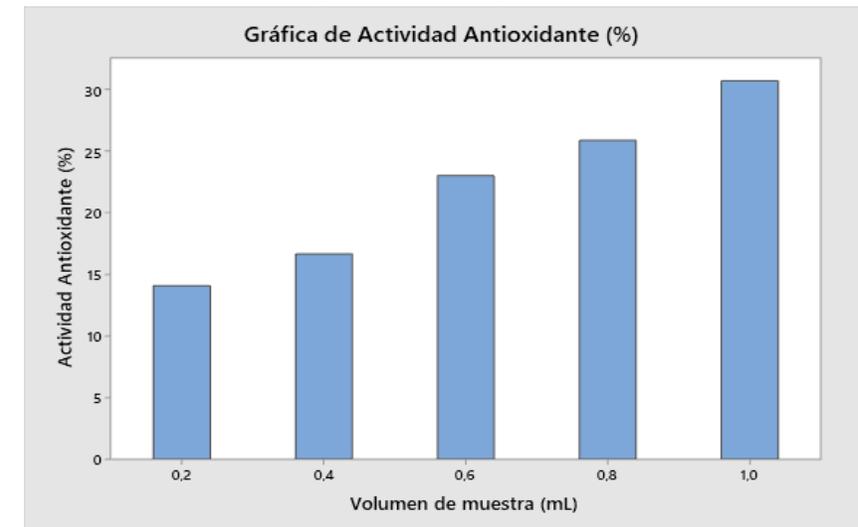
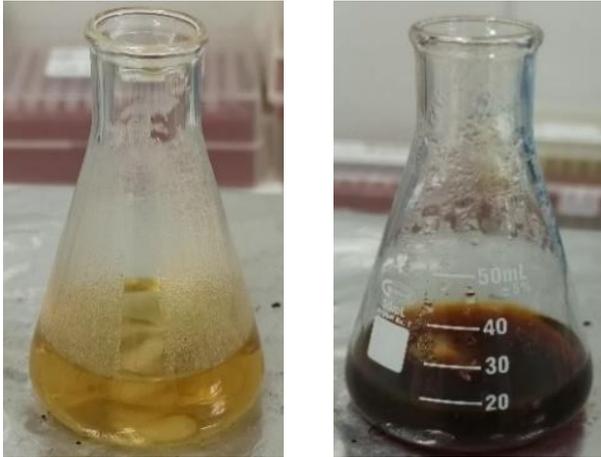


Diagrama de cajas de la actividad antioxidante



Resultados de la actividad antioxidante

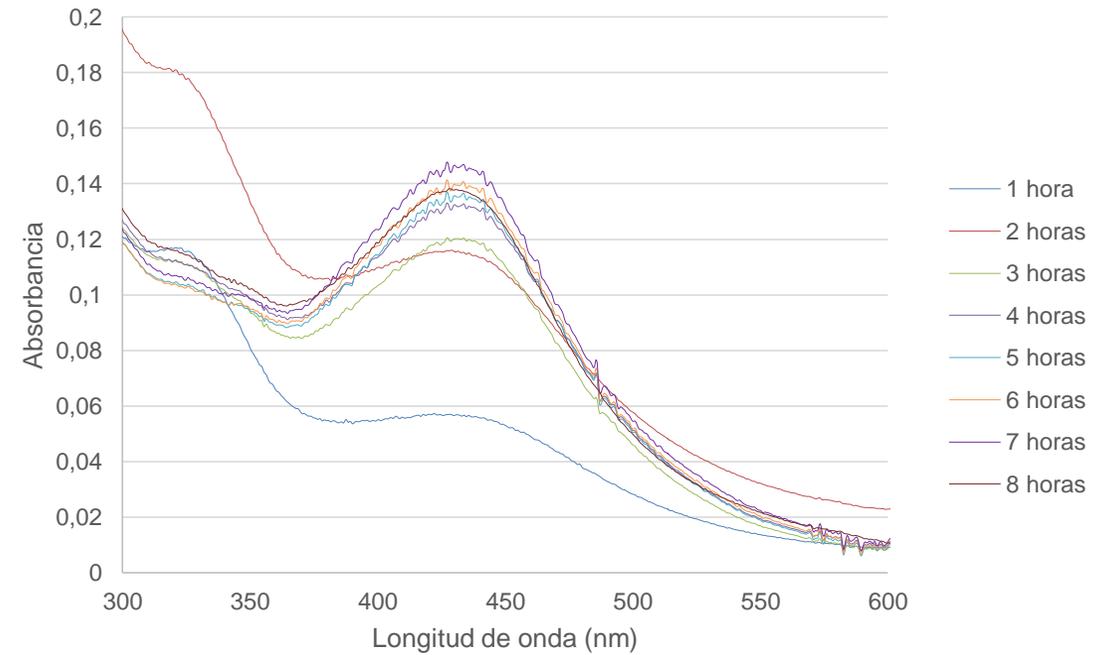
## Síntesis de las AgNPs



Imágenes del antes y después de la síntesis de las AgNPs

## Caracterización de las AgNPs – optimización

### Efecto del tiempo

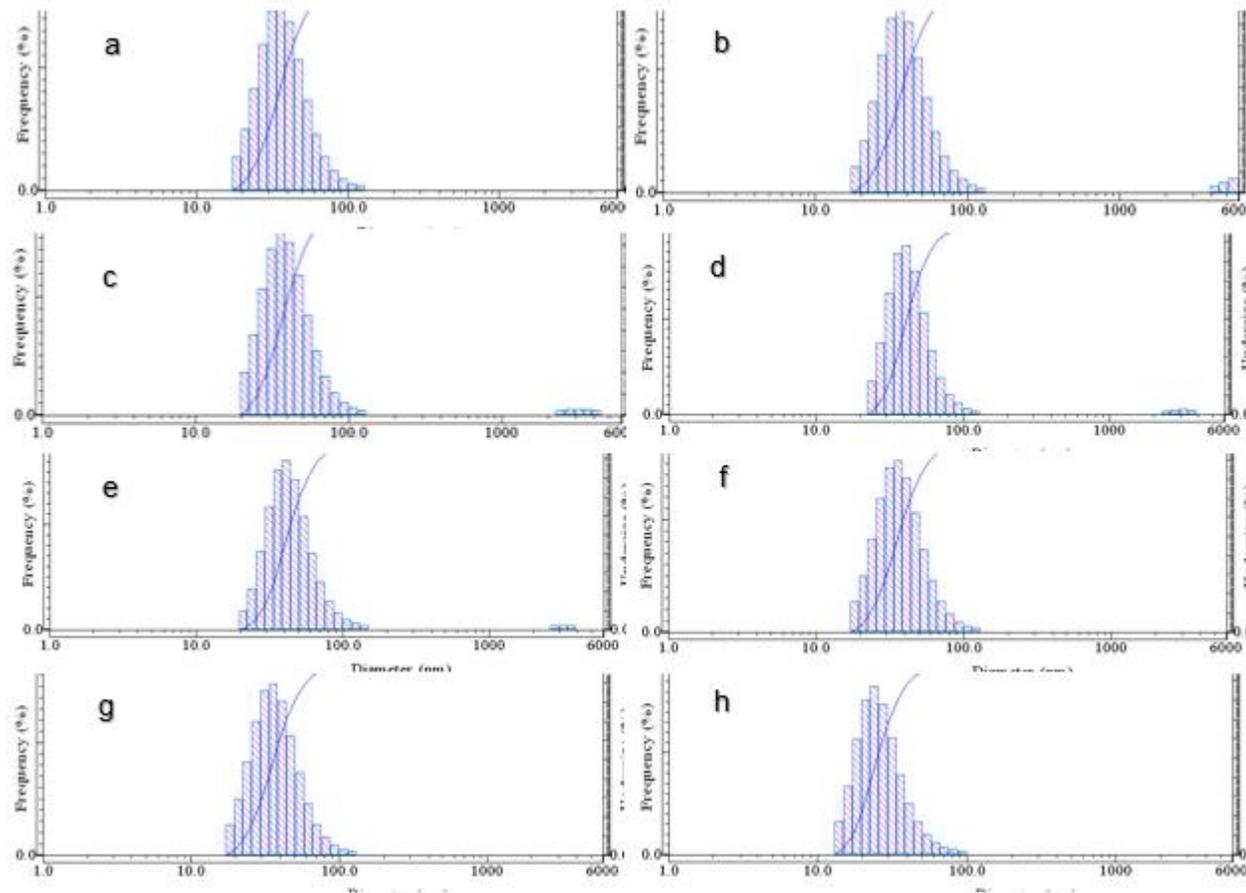


Espectros observados en las AgNPs sinterizadas variando el tiempo

A 427 nm → absorbancia de 0,1477

## Caracterización de las AgNPs – optimización

### Efecto del tiempo



Diagramas observados del análisis en DLS a lo largo del tiempo (a. 1 hora, b. 2 horas, c. 3 horas, d. 4 horas, e. 5 horas, f. 6 horas, g. 7 horas y h. 8 horas)

Tabla 5: Resultados obtenidos en DLS de la síntesis de AgNPs en el tiempo

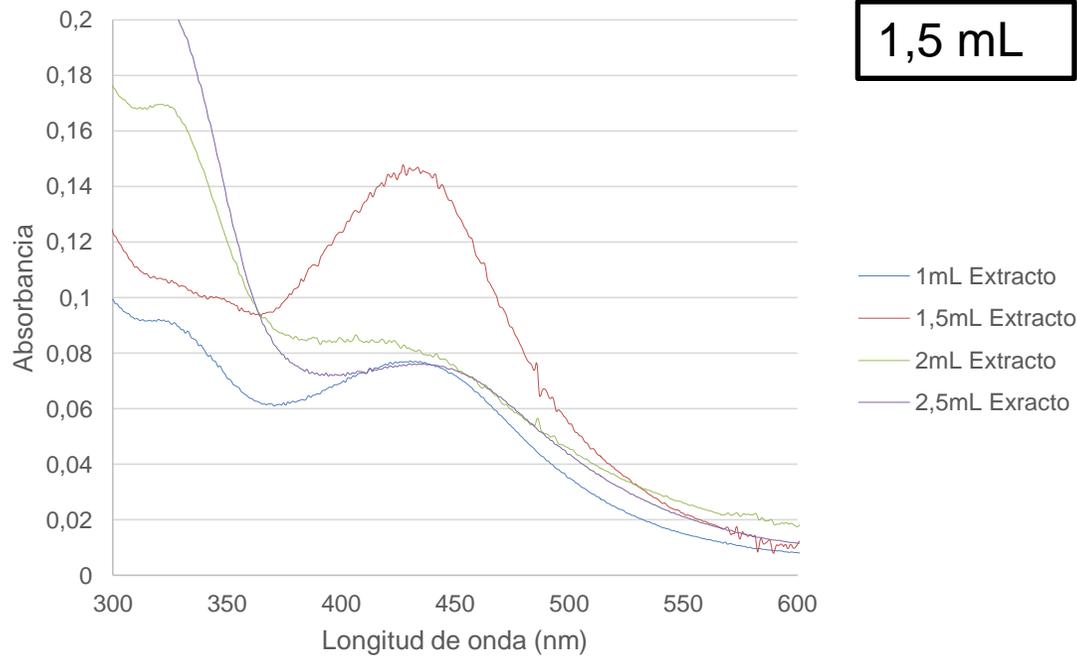
Tiempo	Tamaño promedio
1 hora	585,2 nm $\pm$ 1455,47 nm
2 horas	199,73 nm $\pm$ 688,17 nm
3 horas	111,13 nm $\pm$ 468,53 nm
4 horas	92,37 nm $\pm$ 413,57 nm
5 horas	80,63 nm $\pm$ 363,83 nm
6 horas	36,2 nm $\pm$ 14,8 nm
7 horas	32 nm $\pm$ 14,7 nm
8 horas	33,93 nm $\pm$ 14,43 nm

## Caracterización de las AgNPs – optimización

Tabla 6: Resultados obtenidos en DLS de la síntesis de AgNPs variando la cantidad de extracto

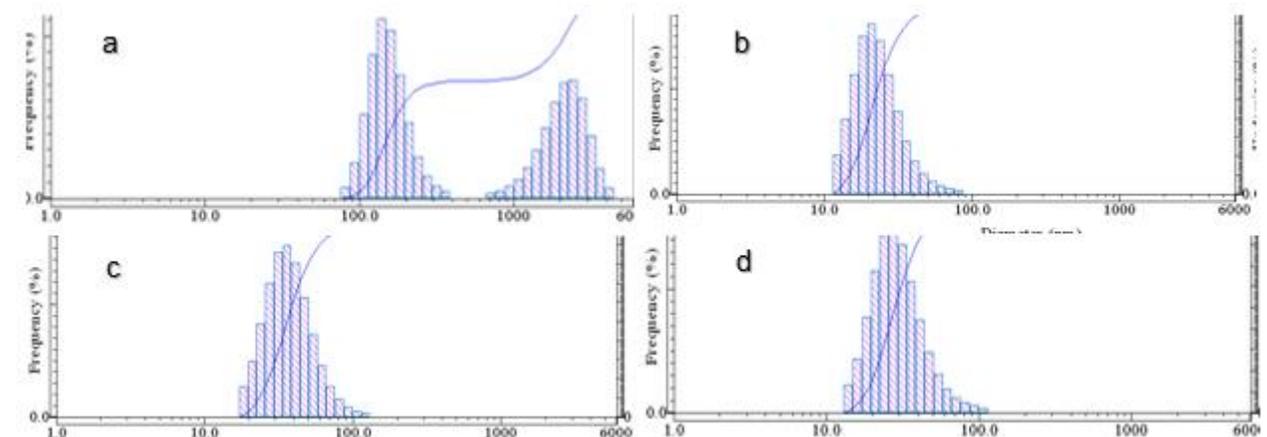
Cantidad de extracto	Tamaño promedio
1 mL	1080,27 nm $\pm$ 1269,73 nm
1,5 mL	32 nm $\pm$ 14,7 nm
2 mL	25,73 nm $\pm$ 10,87 nm
2,5 mL	32,07 nm $\pm$ 14,07 nm

### Efecto de la cantidad de extracto



Espectros observados en las AgNPs sinterizadas variando la cantidad de extracto

A 427 nm  $\rightarrow$  absorbancia de 0,1477



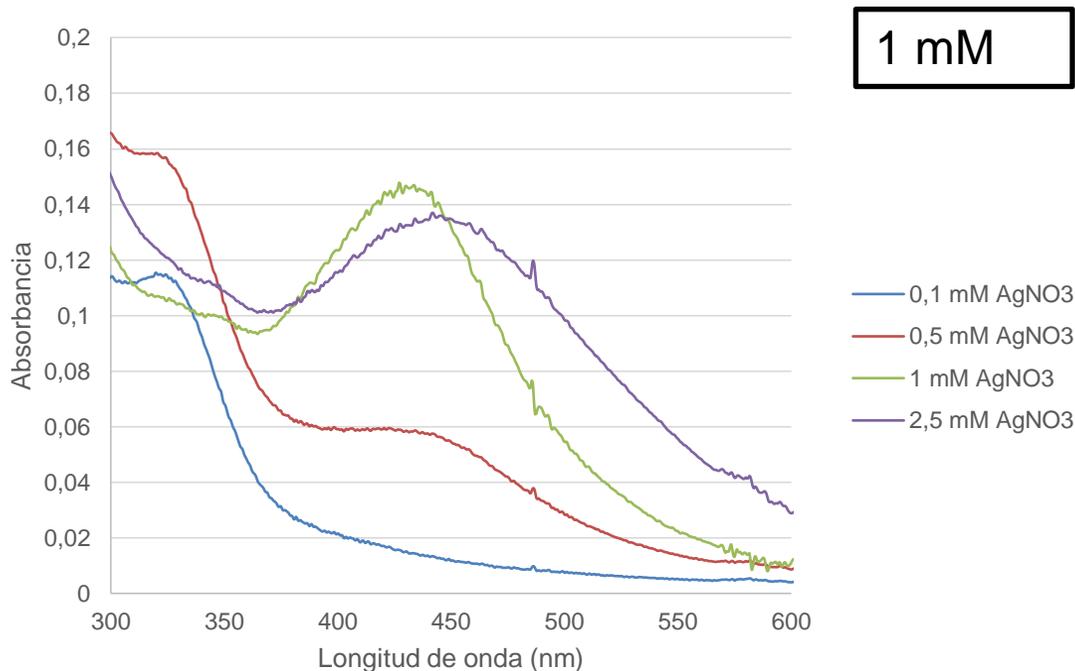
Diagramas observados del análisis en DLS variando la cantidad de extracto (a. 1 mL, b. 1,5 mL, c. 2 mL y d. 2,5 mL)

## Caracterización de las AgNPs – optimización

Tabla 7: Resultados obtenidos en DLS de la síntesis de AgNPs variando la concentración de  $\text{AgNO}_3$

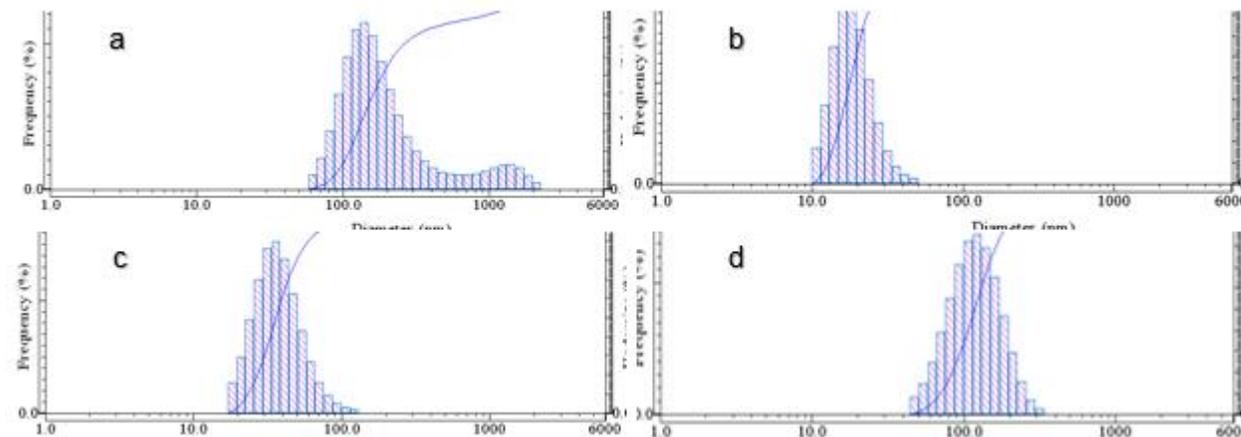
Concentración de $\text{AgNO}_3$	Tamaño promedio
0,1 mM	151,93 nm $\pm$ 597,8 nm
0,5 mM	19,13 nm $\pm$ 6,37 nm
1 mM	32 nm $\pm$ 14,7 nm
2,5 mM	126 nm $\pm$ 52,73 nm

### Efecto de la concentración de nitrato de plata



### Espectros observados en las AgNPs sinterizadas variando la concentración de nitrato de plata

A 427 nm  $\rightarrow$  absorbancia de 0,1477



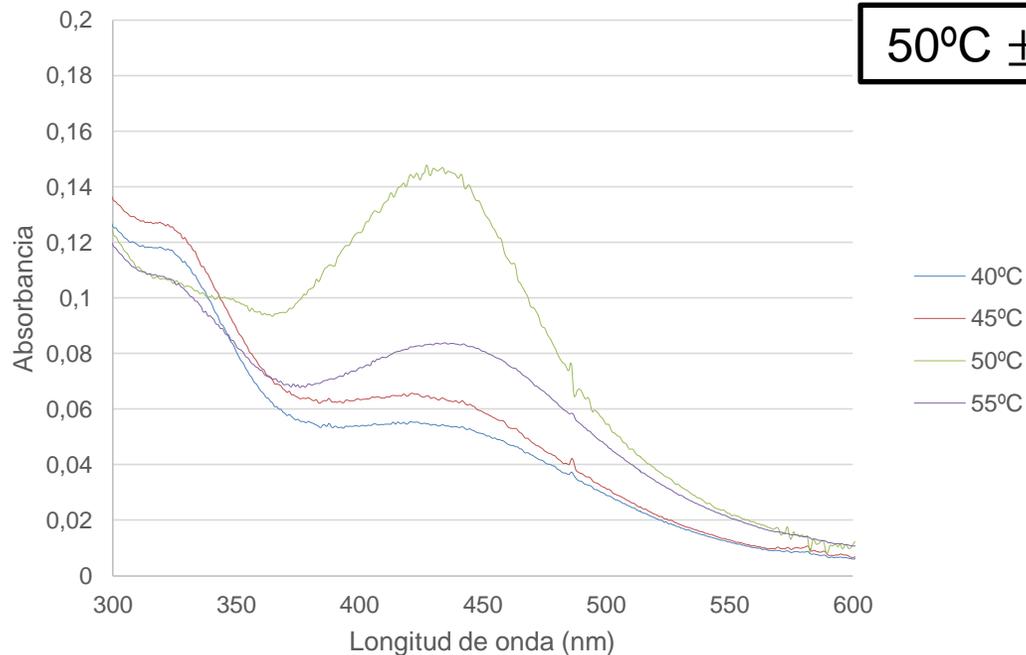
Diagramas observados del análisis en DLS variando la concentración de nitrato de plata (a. 0,1 mM, b. 0,5 mM, c. 1 mM y d. 2,5 mM)

## Caracterización de las AgNPs – optimización

Tabla 8: Resultados obtenidos en DLS de la síntesis de AgNPs variando la temperatura

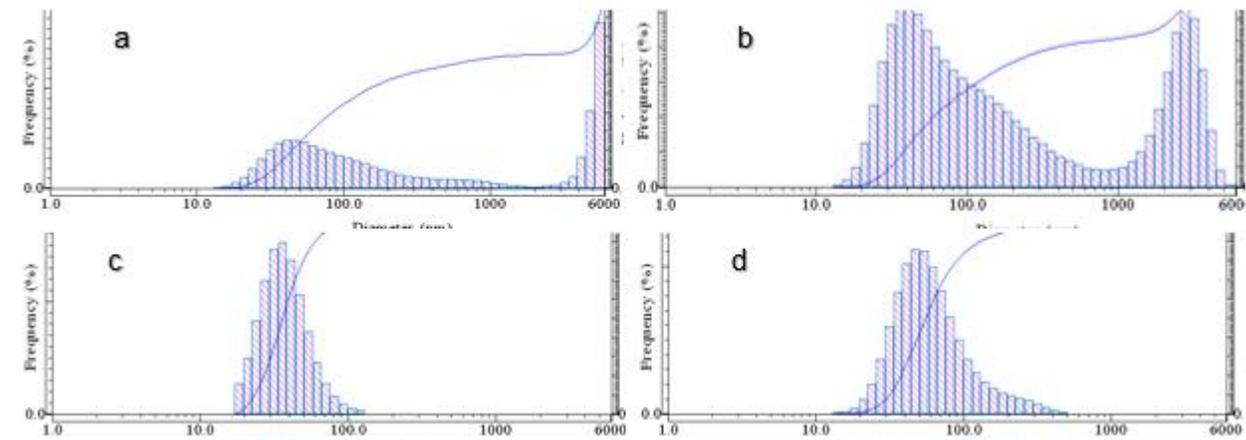
Temperatura	Tamaño promedio
40°C ±1°C	129,23 nm ± 2337,17 nm
45°C ±1°C	113,07 nm ± 1350,7 nm
50°C ±1°C	32 nm ± 14,7 nm
55°C ±1°C	75,23 nm ± 61,77 nm

### Efecto de la temperatura



Espectros observados en las AgNPs sinterizadas variando la temperatura

A 427 nm → absorbancia de 0,1477



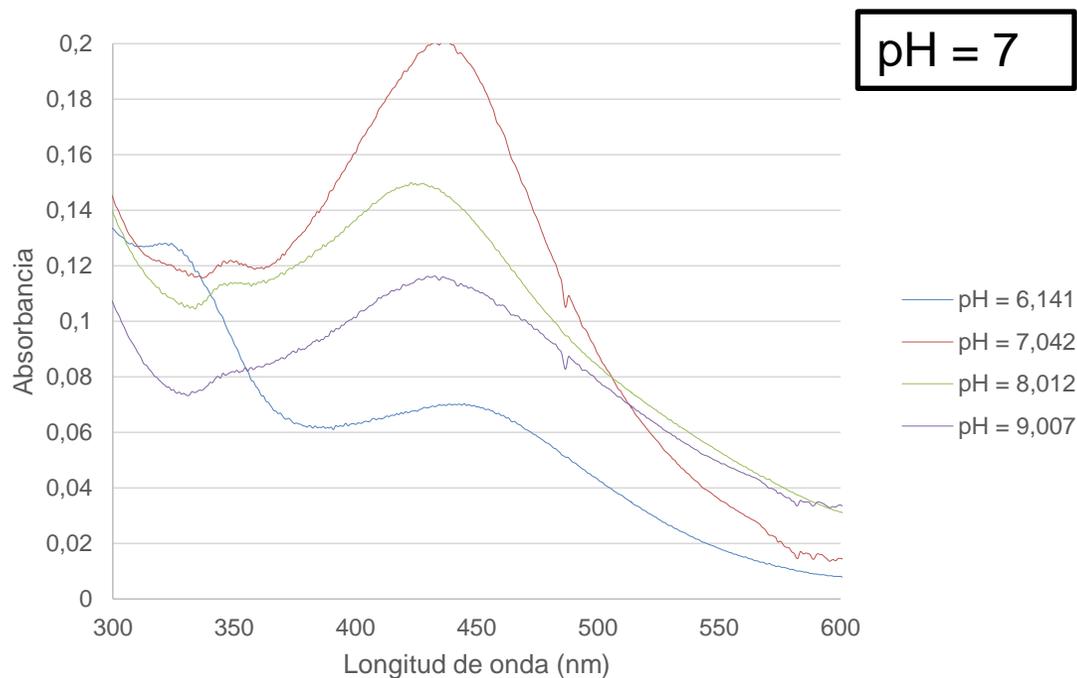
Diagramas observados del análisis en DLS variando la temperatura (a. 1 mL, b. 1,5 mL, c. 2 mL y d. 2,5 mL)

## Caracterización de las AgNPs – optimización

Tabla 9: Resultados obtenidos en DLS de la síntesis de AgNPs variando el pH

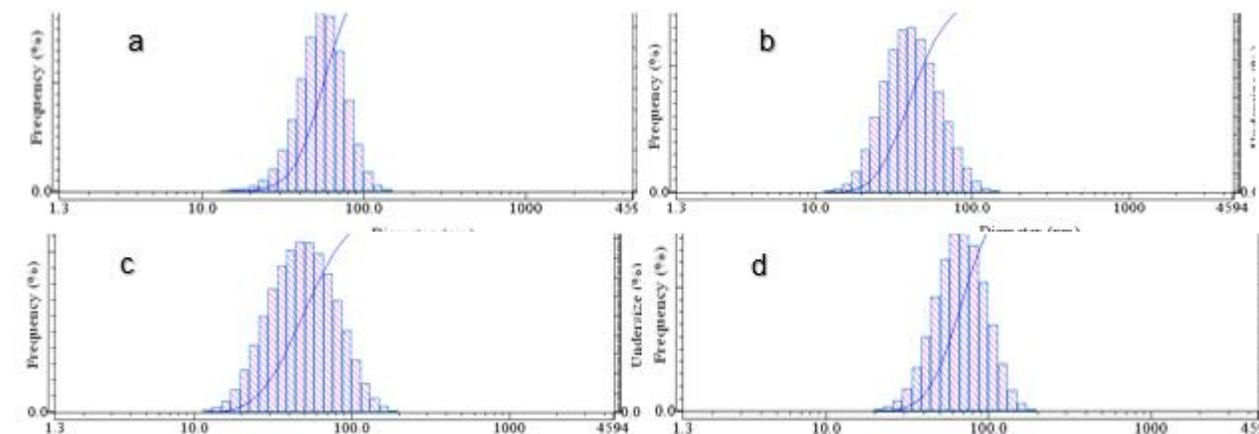
pH	Tamaño promedio
6,14	57 nm ± 19,9 nm
7	44,73 nm ± 20,8 nm
8	54,47 nm ± 24,5 nm
9	71,5 nm ± 26,53

### Efecto del pH



Espectros observados en las AgNPs sinterizadas variando el pH

A 436,5 nm → absorbancia de 0,2009



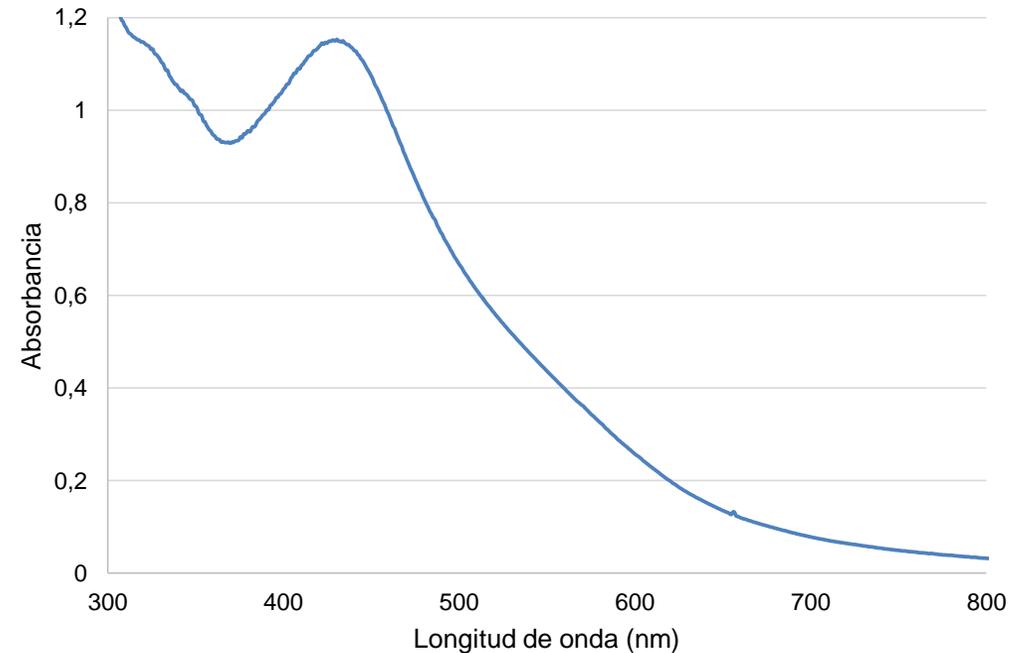
Diagramas observados del análisis en DLS variando el pH (a. 6,14 mL, b. 7 mL, c. 8 mL y d. 9 mL)

## Parámetros óptimos

Tabla 10: Parámetros óptimos de la síntesis de AgNPs

Parámetro	Resultado óptimo
Tiempo	7 horas
Cantidad de extracto	1,5 mL
Concentración de nitrato de plata	1 mM
Temperatura	50°C
pH	7

## Concentración en rotavapor de las AgNPs



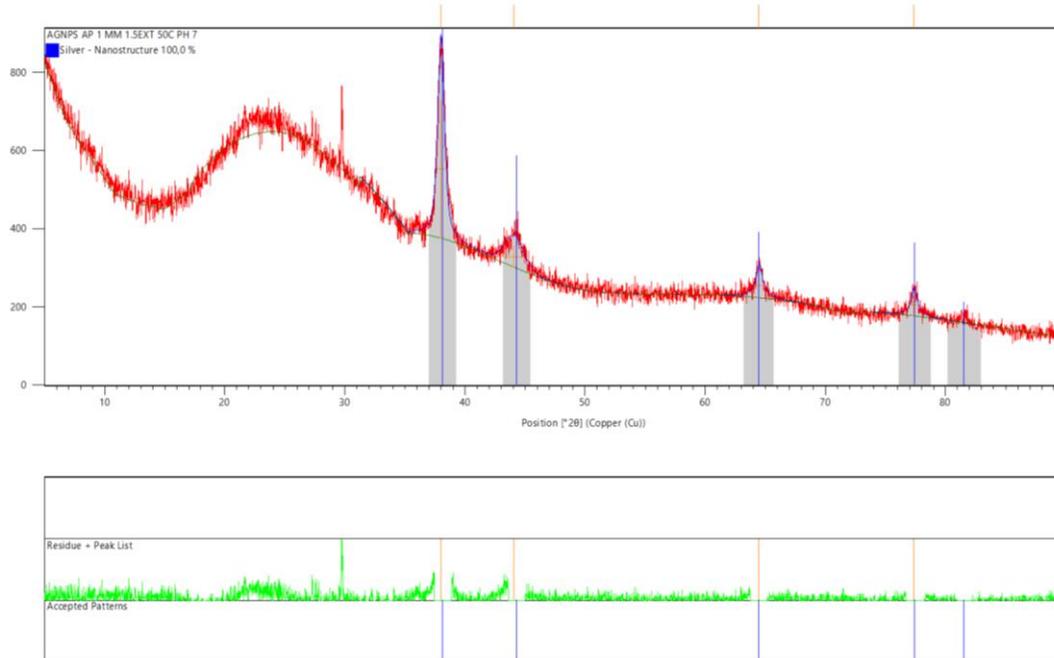
AgNPs concentradas

Espectros observados en las AgNPs sinterizadas posterior a la concentración

A 430 nm → absorbancia de 1,1530

## Caracterización de las AgNPs

### Difracción de rayos X



Difractograma obtenido con las AgNPs sintetizadas

Posición  $2\theta = 38,0611^\circ; 44,0815^\circ; 64,4455^\circ; 77,3287^\circ$   
(valores de reflexión de Bragg)

Posición  $2\theta = 38,00^\circ, 44,16^\circ, 64,40^\circ$  y  $77,33^\circ$ .

Conjunto de planos de red: (111), (200), (220) y (311)

Ecuación de Scherrer: tamaño de las AgNPs es 11,42 nm  
valor del ancho completo a la mitad del máximo (FWHM)

$$D_{hkl} = \frac{K\lambda}{B_{hkl}\cos\theta} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

$D_{hkl}$  es el tamaño del cristal en la dirección perpendicular a los planos de la red,

$hkl$  son los índices de Miller de los planos que se analizan,

$K$  es un factor numérico también llamado factor de forma del cristal

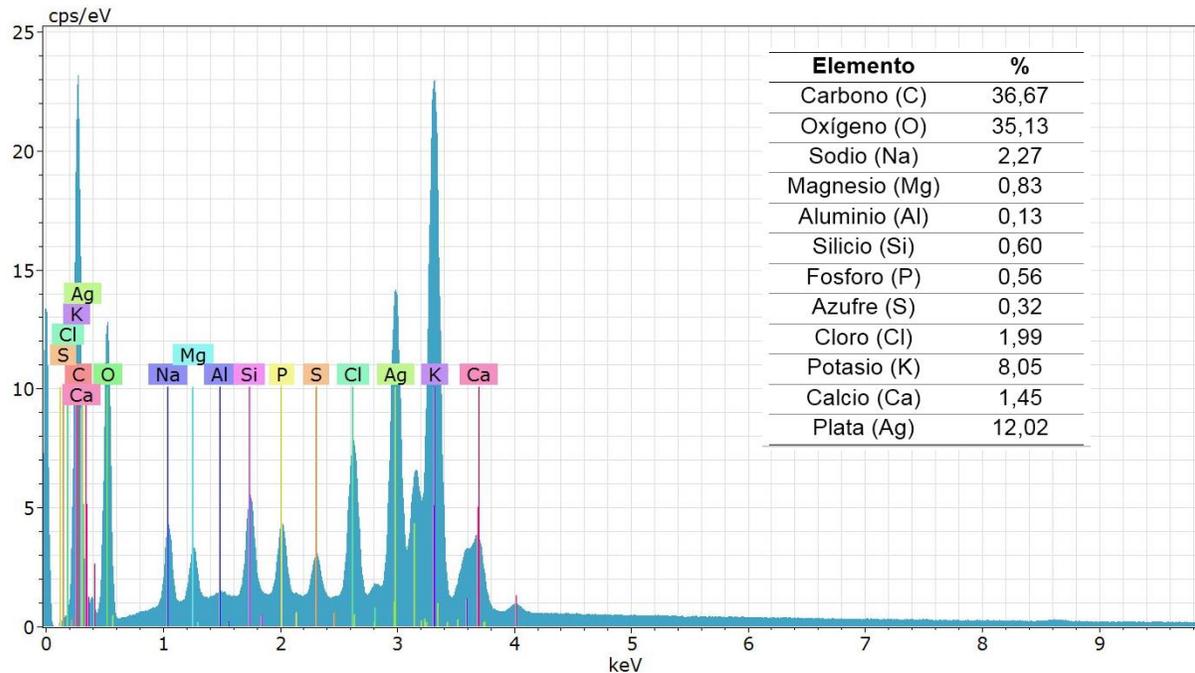
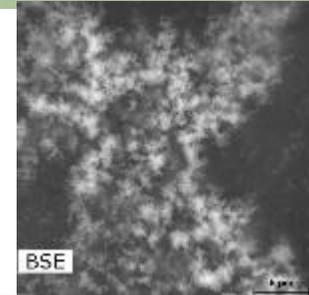
$\lambda$  es la longitud de onda de los rayos X,

$B_{hkl}$  es el ancho (ancho completo a la mitad del máximo) del pico de difracción de rayos X en radianes

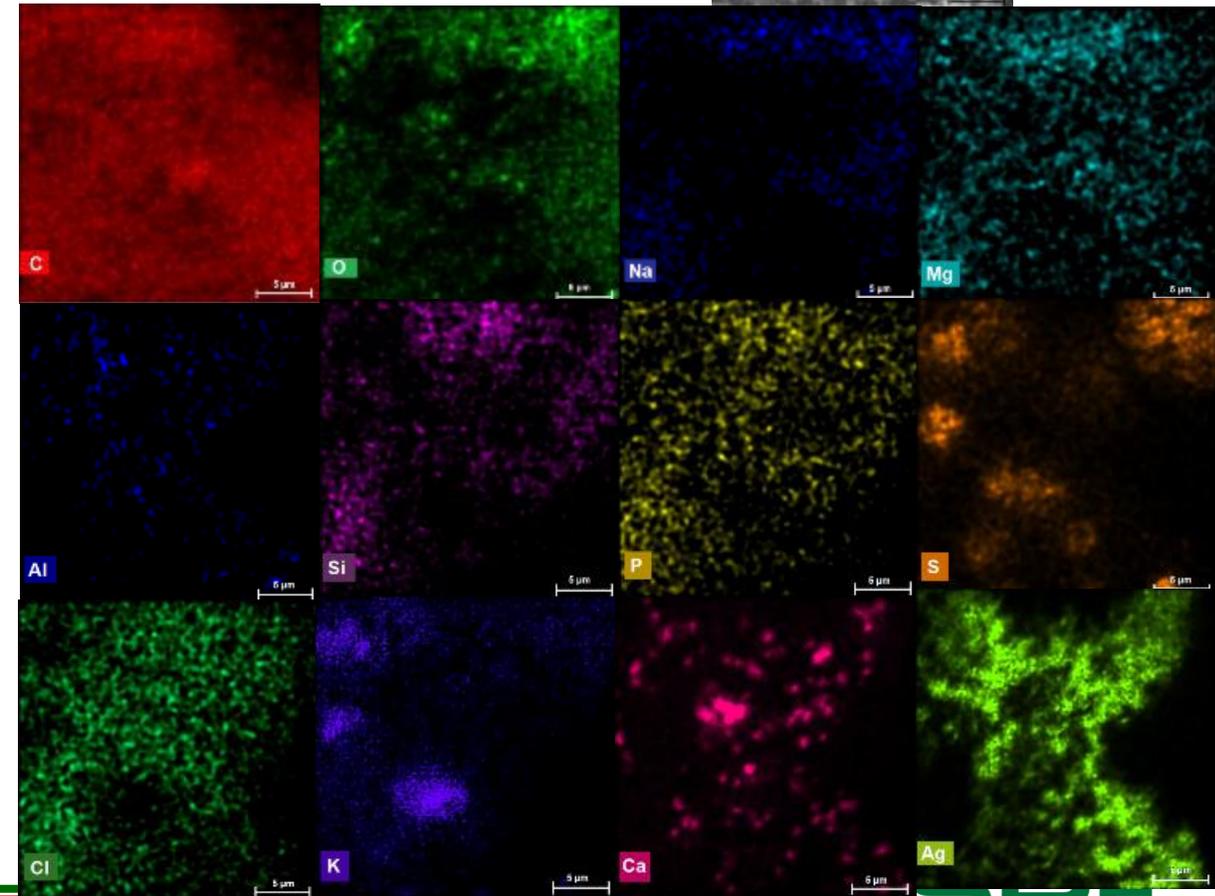
$\theta$  es el ángulo de Bragg.

## Caracterización de las AgNPs

Microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopia de rayos X de energía dispersiva (EDS)

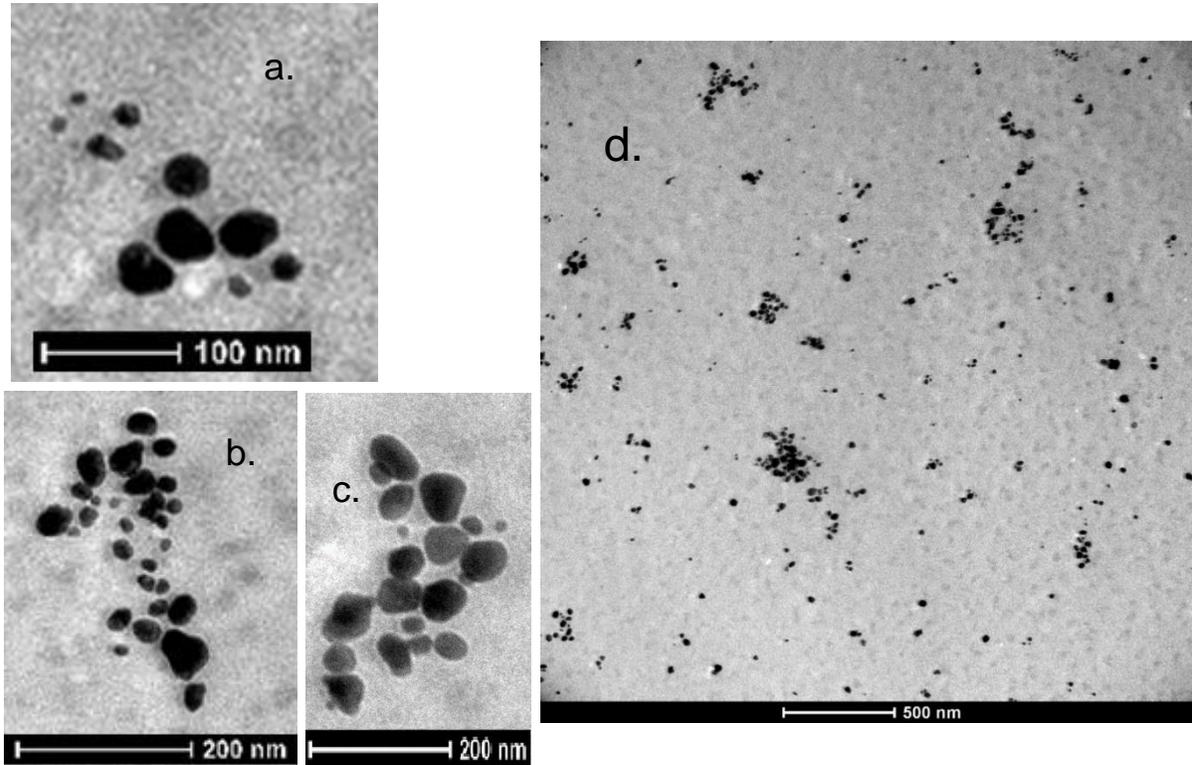


Resultados obtenidos del análisis con espectroscopia de energía dispersiva de rayos X (EDS)

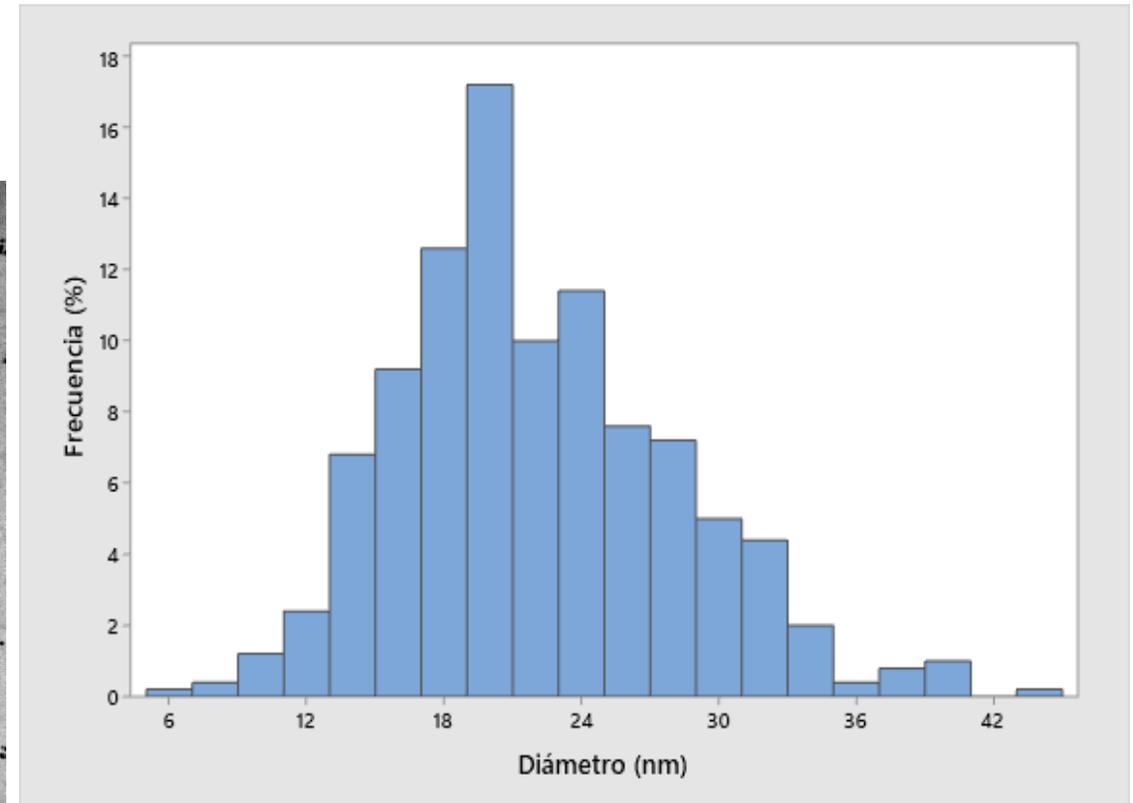


## Caracterización de las AgNPs

Microscopía electrónica de transmisión (TEM)



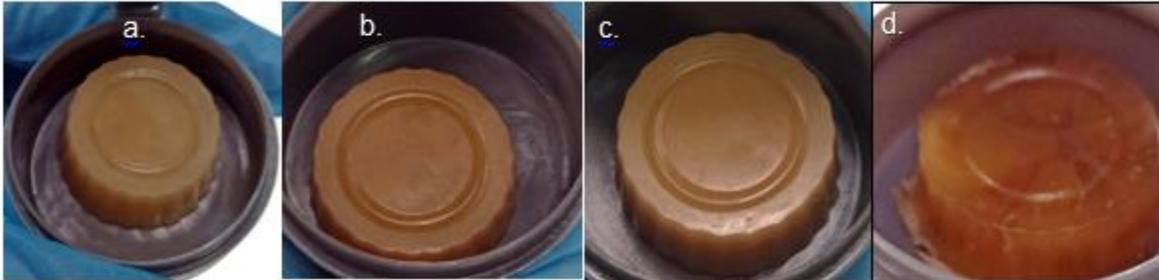
Imágenes de las AgNPs obtenidas por TEM



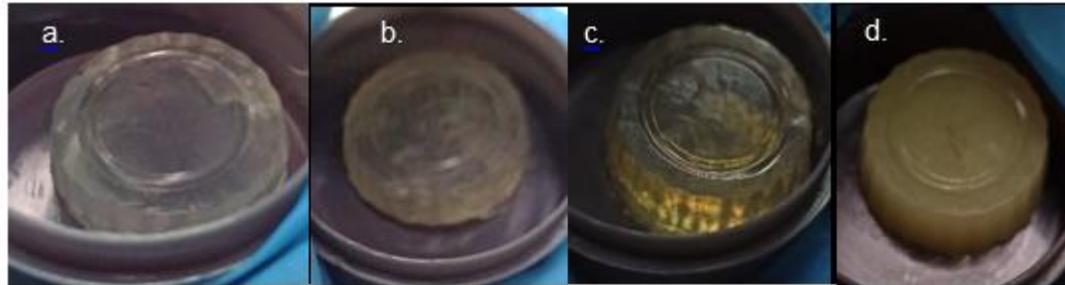
Histograma del diámetro de las AgNPs obtenidas por TEM

Tamaño promedio:  $22,122 \text{ nm} \pm 6,091 \text{ nm}$ .

## Formulación del jabón



Jabones elaborados con AgNPs sintetizadas en extracto de maracón a concentraciones de: a. 1,5%, b. 2,5%, c. 3,75% y d. 5%



Jabones elaborados con en extracto de maracón a concentraciones de: a. 1,5%, b. 2,5%, c. 3,75% y d. 5%

No más de 5%

pH neutro → ácido cítrico



Jabón elaborado sin AgNPs ni extracto de maracón usado como control



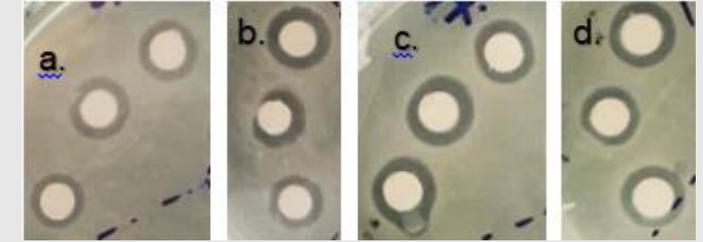
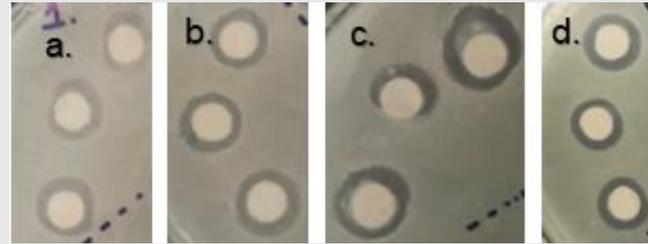
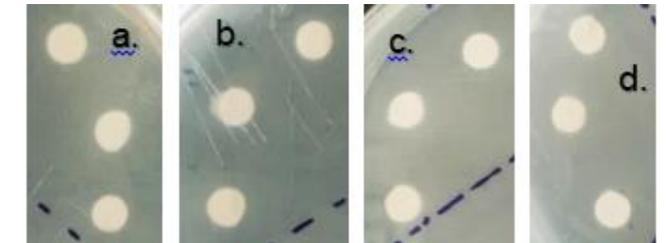
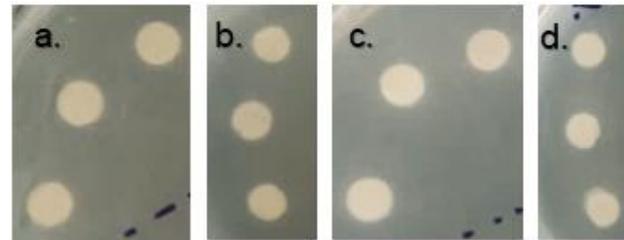
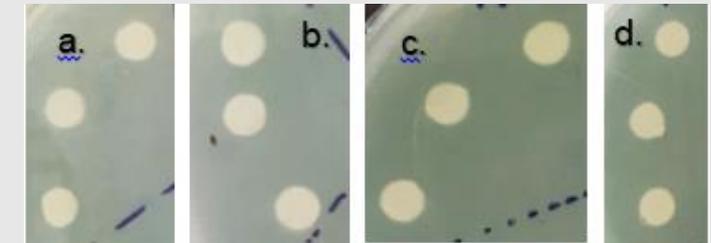
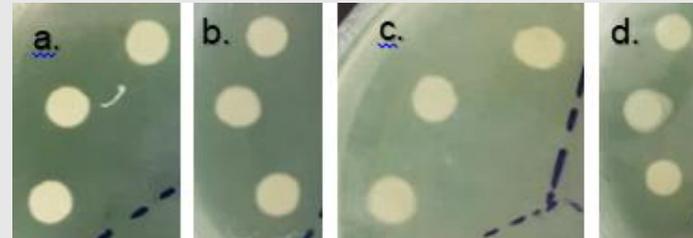
## Actividad antimicrobiana

Tabla 11: Resultados obtenidos en el tamaño del halo de inhibición en mm

Muestra	Tamaño del halo de inhibición (mm)											
	<i>Staphylococcus aureus</i>				<i>Escherichia coli</i>				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			
	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.	R1	R2	R3	Prom.
H <sub>2</sub> O (Control negativo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Penicilina/ Estreptomina (Control positivo)	6	5	6	5,67	9	9	9	9	4	5	4	4,33
Jabón con extracto al 1,25%	3	2	2	2,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Jabón con extracto al 2,5%	3	2	2	2,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Jabón con extracto al 3,75%	3	2	2	2,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Jabón con extracto al 5%	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Jabón con AgNPs al 1,25%	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Jabón con AgNPs al 2,5%	3	2	2	2,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Jabón con AgNPs al 3,75%	3	2	2	2,33	0	0	0	0	0	0	0	0
Jabón con AgNPs al 5%	3	3	2	2,67	0	0	0	0	0	0	0	0
Jabón con glicerina	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Jabón comercial con triclocarbán	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0

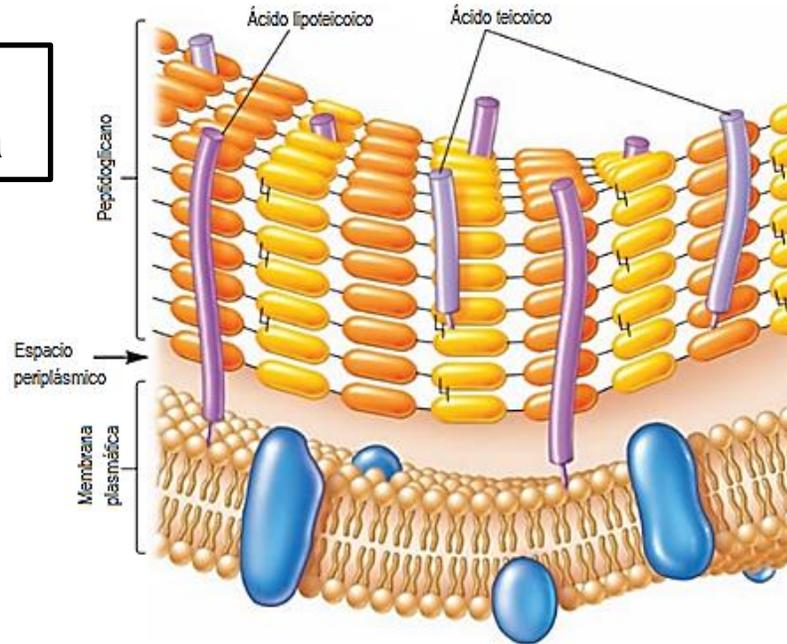
Tabla 12: Imágenes de los resultados obtenidos de la actividad antimicrobiana con ambos jabones

Microorganismo	Resultados obtenidos con el jabón de extracto de marco a las concentraciones de: a. 1,25%, b.2,5%, c.3,75% y d. 5%	Resultados obtenidos con el jabón de AgNPs a las concentraciones de: a. 1,25%, b.2,5%, c.3,75% y d. 5%
----------------	--	--

*Staphylococcus aureus**Escherichia coli**Pseudomonas aeruginosa*

## Actividad antimicrobiana

### Membrana Gram positiva



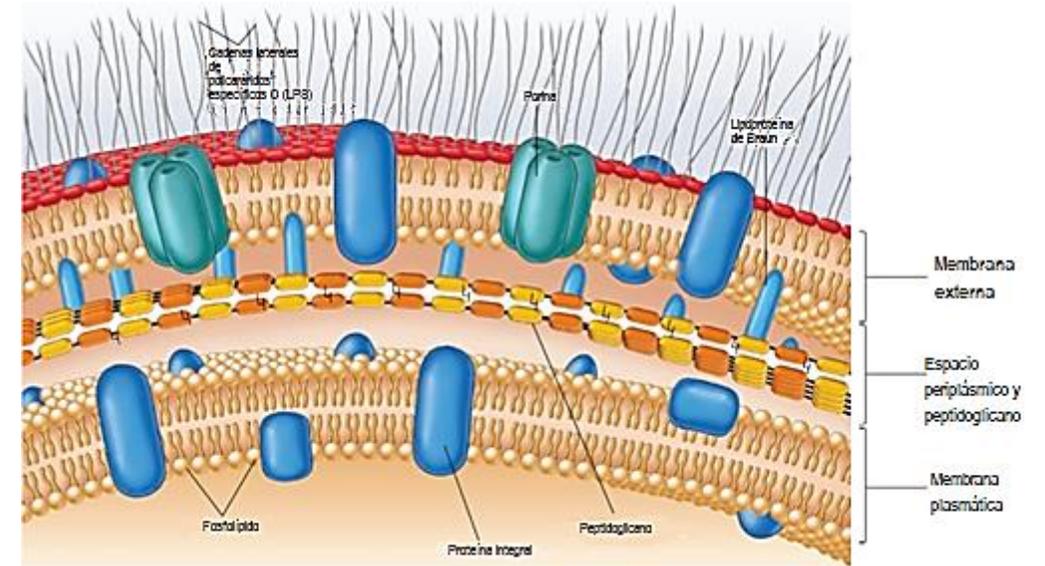
Adhesión y acumulación de AgNPs en la superficie celular

Resistencia:

- Eliminación de iones de  $Ag^+$  a través de bombas de expulsión
- Reducción al estado de oxidación de  $Ag^0$

Deficiencia de porinas

### Membrana Gram negativa

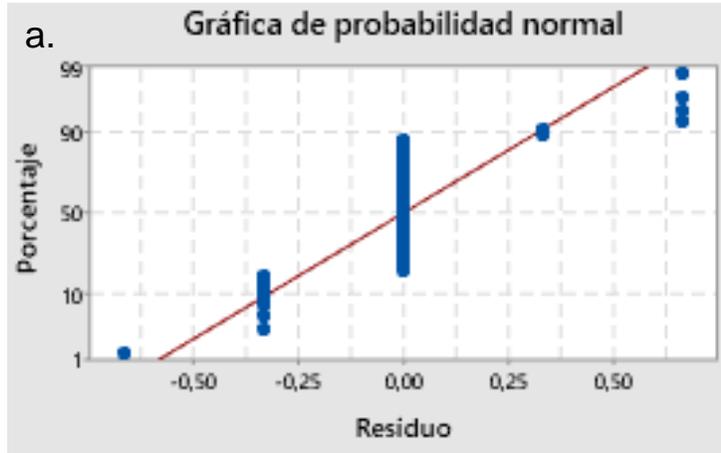


Operón sil: ATPasa de tipo P (SilP) y un antiportador (SilCBA); chaperonas SilE y SilF

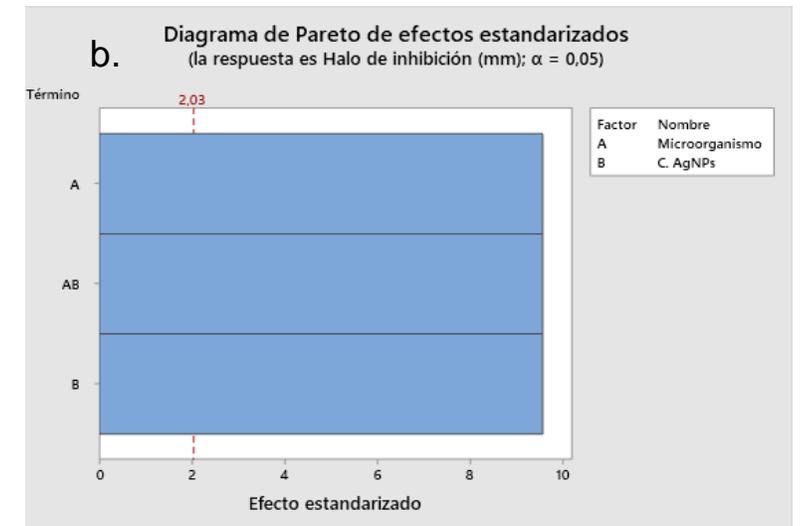
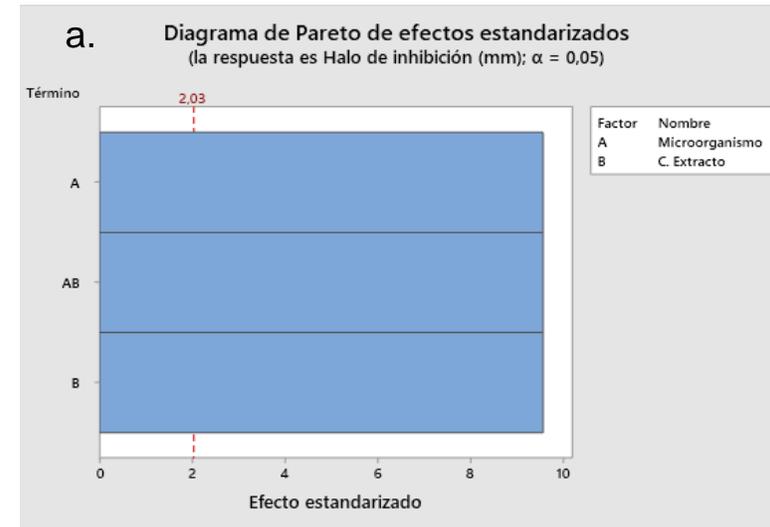
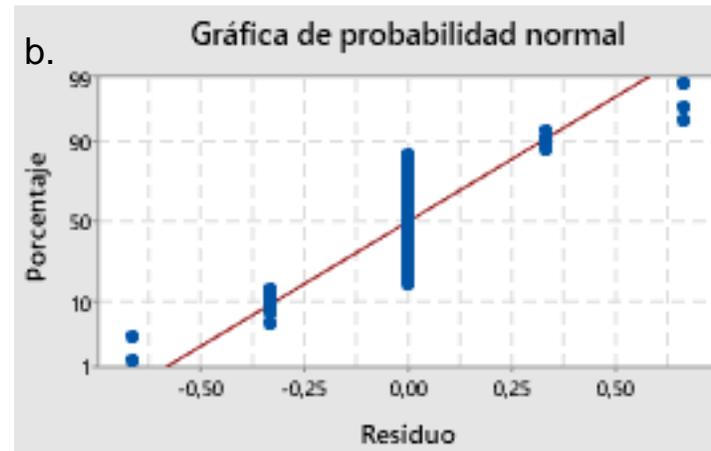
Genes de resistencia a Ag expresados de forma constitutiva

La motilidad no influye en la resistencia a Ag

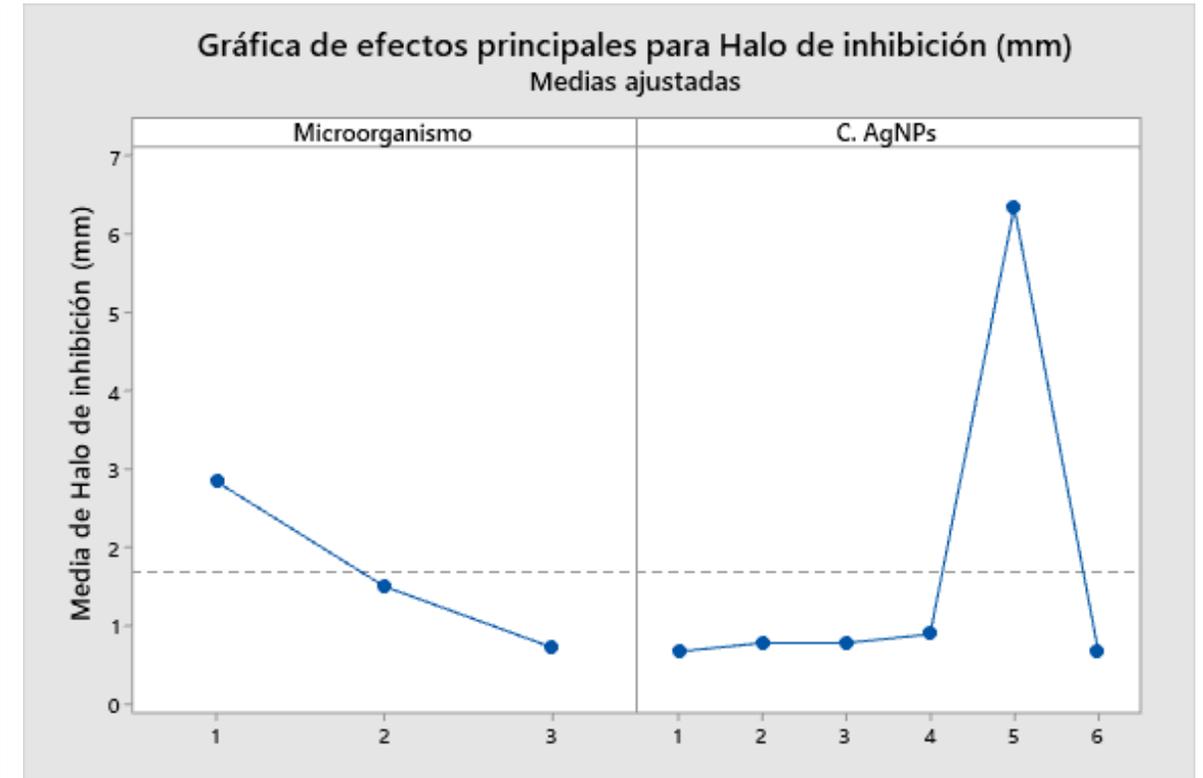
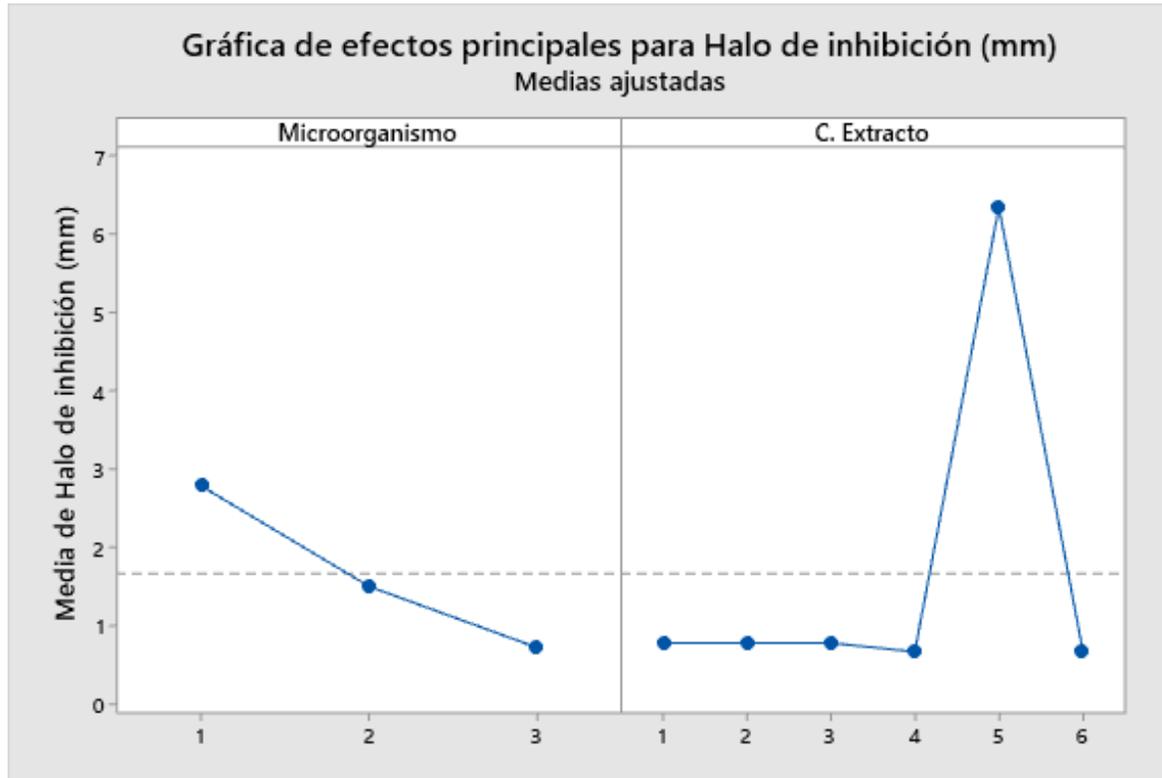
## Actividad antimicrobiana



- a. Jabón con extracto de marco  
b. Jabón con AgNPs



## Actividad antimicrobiana



## Actividad antimicrobiana

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Halo de inhibición (mm)	54	0,99	0,98	18,26

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	318,67	17	18,75	202,45	<0,0001
Microorganismo	38,78	2	19,39	209,40	<0,0001
C. Extracto	235,33	5	47,07	508,32	<0,0001
Microorganismo*C. Extracto..	44,56	10	4,46	48,12	<0,0001
Error	3,33	36	0,09		
Total	322,00	53			

### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0926 gl: 36

Microorganismo	Medias	n	E.E.
3	0,72	18	0,07 A
2	1,50	18	0,07 B
1	2,78	18	0,07 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0926 gl: 36

C. Extracto	Medias	n	E.E.
4	0,67	9	0,10 A
6	0,67	9	0,10 A
3	0,78	9	0,10 A
2	0,78	9	0,10 A
1	0,78	9	0,10 A
5	6,33	9	0,10 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0926 gl: 36

Microorganismo	C. Extracto	Medias	n	E.E.
2	1	0,00	3	0,18 A
2	2	0,00	3	0,18 A
2	3	0,00	3	0,18 A
2	4	0,00	3	0,18 A
3	2	0,00	3	0,18 A
3	3	0,00	3	0,18 A
3	4	0,00	3	0,18 A
3	1	0,00	3	0,18 A
2	6	0,00	3	0,18 A
3	6	0,00	3	0,18 A
1	6	2,00	3	0,18 B
1	4	2,00	3	0,18 B
1	3	2,33	3	0,18 B
1	2	2,33	3	0,18 B
1	1	2,33	3	0,18 B
3	5	4,33	3	0,18 C
1	5	5,67	3	0,18 D
2	5	9,00	3	0,18 E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

## Actividad antimicrobiana

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Halo de inhibición (mm)	54	0,99	0,98	18,06

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	320,31	17	18,84	203,49	<0,0001
Microorganismo	41,04	2	20,52	221,60	<0,0001
C. AgNPs	233,65	5	46,73	504,68	<0,0001
Microorganismo*C. AgNPs	45,63	10	4,56	49,28	<0,0001
Error	3,33	36	0,09		
Total	323,65	53			

### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0926 gl: 36

Microorganismo	Medias	n	E.E.
3	0,72	18	0,07 A
2	1,50	18	0,07 B
1	2,83	18	0,07 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0926 gl: 36

C. AgNPs	Medias	n	E.E.
1	0,67	9	0,10 A
6	0,67	9	0,10 A
3	0,78	9	0,10 A
2	0,78	9	0,10 A
4	0,89	9	0,10 A
5	6,33	9	0,10 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0926 gl: 36

Microorganismo	C. AgNPs	Medias	n	E.E.
2	4	0,00	3	0,18 A
2	3	0,00	3	0,18 A
2	2	0,00	3	0,18 A
3	1	0,00	3	0,18 A
3	4	0,00	3	0,18 A
3	3	0,00	3	0,18 A
3	2	0,00	3	0,18 A
2	1	0,00	3	0,18 A
3	6	0,00	3	0,18 A
2	6	0,00	3	0,18 A
1	1	2,00	3	0,18 B
1	6	2,00	3	0,18 B
1	3	2,33	3	0,18 B C
1	2	2,33	3	0,18 B C
1	4	2,67	3	0,18 C
3	5	4,33	3	0,18 D
1	5	5,67	3	0,18 E
2	5	9,00	3	0,18 F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

# 5 CONCLUSIONES

Se ratificó la presencia de flavonoides y actividad antioxidante en el extracto acuoso de hojas *Ambrosia peruviana* por lo que la síntesis de AgNPs fue posible.

Se hallaron los parámetros óptimos para la síntesis de AgNPs al igual que se hizo su respectiva caracterización. Las AgNPs sintetizadas tenían forma cuasi-esférica y tamaños medios de  $22,122 \text{ nm} \pm 6,091 \text{ nm}$ .

En la caracterización del jabón con AgNPs en XRD se encontró un pico en  $2\theta = 39^\circ$ , pese a la pequeña desviación, se concluye que se detectan la presencia de AgNPs en el jabón.

El jabón con AgNPs al 5% demostró ser el mejor, con un halo de inhibición de 2,67 mm, respecto al jabón con extracto de marco (2,33 mm) y al jabón comercial (2 mm) frente a *Staphylococcus aureus*.

# 6 RECOMENDACIONES

No hubo halos de inhibición significativos por lo que se recomienda repetir el experimento midiendo las concentraciones bacterianas ya que existe la posibilidad de que la sobresaturación de bacterias genere resultados alterados.

Es recomendable a futuro realizar posteriores investigaciones en la toxicidad de las AgNPs obtenidas así como probar este jabón *in vivo* para poder saber si presenta otras propiedades que sean beneficiosas; de igual forma verificar la estabilidad del jabón en el tiempo.



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



Alexis Debut Ph.D.  
**Tutor del proyecto**

Marbel Torres Ph.D.  
**Co-tutor del proyecto**

Ing. Katherine Pazmiño  
**CENCINAT-ESPE**

Ing. Karla Vizquete  
**CENCINAT-ESPE**



FAMILIA