

PREPARACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROPIEDADES ANTIBACTERIALES DE PELÍCULAS ACTIVAS COMPUESTAS DE POLILACTIDA-POLIETILENGLICOL-QUITOSANO

PROBLEMA

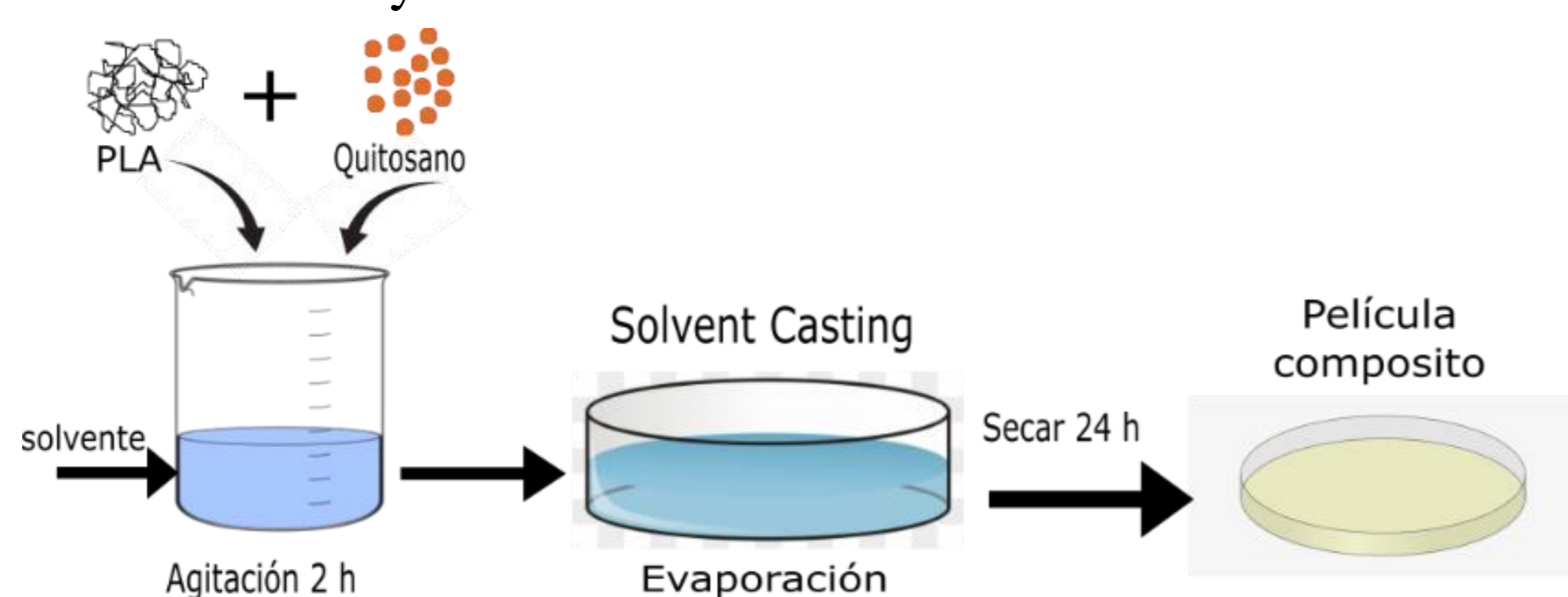
La polilactida (PLA) es un material termoplástico biodegradable prometedor para la industria del envasado. Su procesamiento utiliza las tecnologías de producción disponibles, aunque algunas de sus propiedades deben mejorarse para mantener la calidad y la seguridad de los alimentos. Así mismo, el quitosano (Q) es obtenido por la desacetilación alcalina de la quitina, que es un biopolímero presente en el exoesqueleto de los crustáceos. Su importancia radica en sus propiedades microbianas y filmogénicas. Actualmente, los estudios en envases activos con mayor potencial es el de los materiales antimicrobianos. Estos sistemas pueden eliminar o inhibir los microorganismos patógenos que deterioran los alimentos. En este estudio, se prepararon películas de PLA con bajas concentraciones de Q aplicando la técnica de solvent casting.

OBJETIVO GENERAL

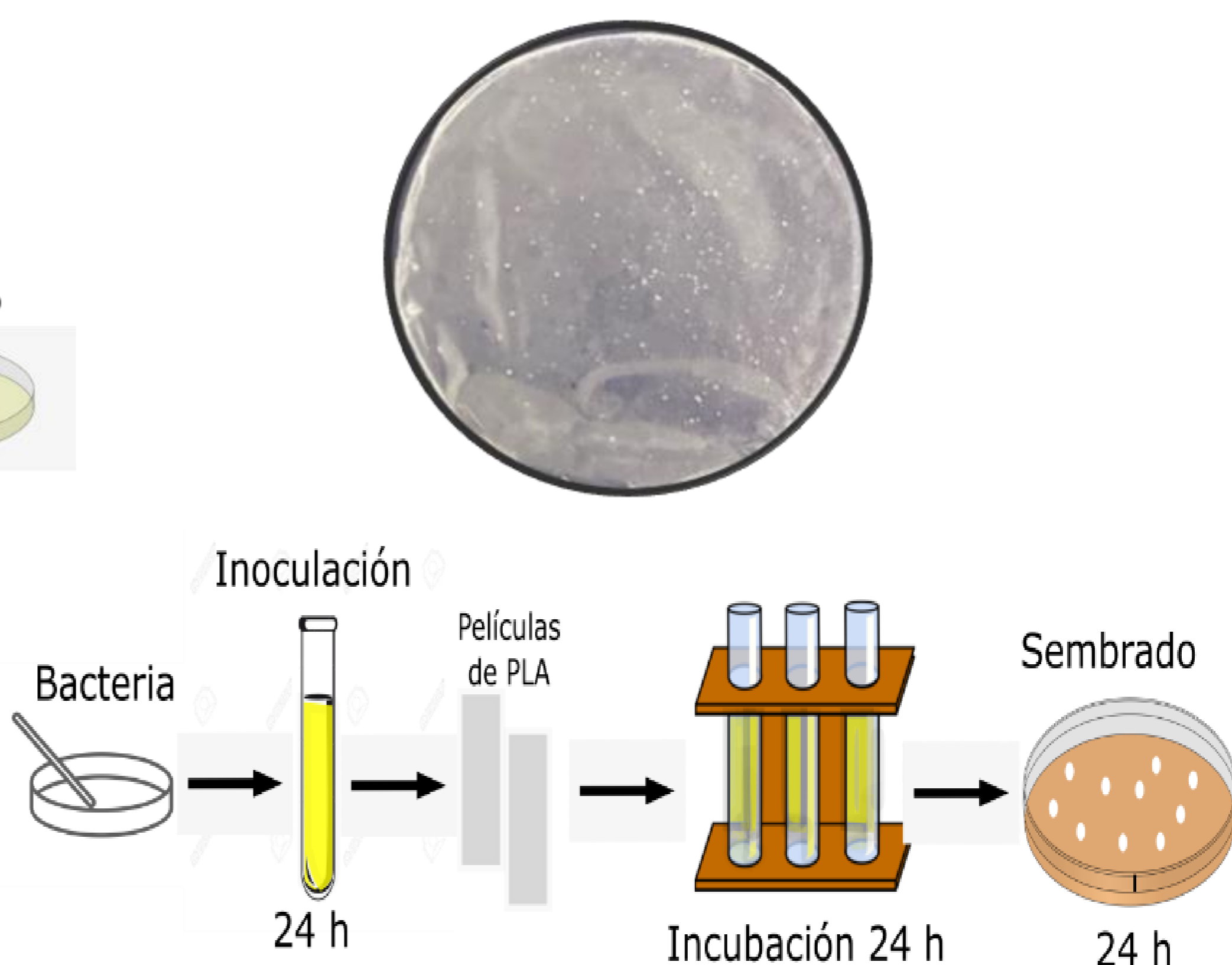
Evaluar las propiedades físicas, antimicrobianas y mecánicas de películas de PLA/Q elaboradas utilizando la técnica de solvent casting para medir su potencial aplicación como envases activos.

METODOLOGÍA

Obtención de Q a partir de cáscaras de camarón ecuatoriano según las metodologías descritas en la bibliografía. Las películas activas se prepararon según el método descrito por Rhim. En una solución de PLA (2% p/v) con cloroformo como disolvente en agitación constante durante 2 horas, se añadió PEG-100 al 10% (respecto al peso de PLA) como agente plastificante y Q (0.5%, 1% y 2% con relación al peso de PLA) se mezclaron hasta obtener una dispersión homogénea. Luego, la solución se vertió en placas Petri de vidrio, que cubrieron toda la superficie y formaron una capa uniforme. Las muestras se mantuvieron a temperatura ambiente, durante 20 h hasta evaporación completa del disolvente. Las películas se almacenaron en un desecador hasta su análisis y caracterización.



La evaluación antimicrobiana se realizó según una metodología de cultivo líquido adaptada del estudio comunicado por Ahmed et al. Las películas se cortaron en forma rectangular y se sumergieron en un tubo de ensayo con 10 mL de TSB y 0.1 mL del microorganismo (1×10^5 UFC/mL) para *S. aureus* y *S. typhimurium*, se incubaron a 37 °C durante 24 h. Después, dilución seriada con solución de NaCl al 0.9%. Se siembra en placa durante 24 h a 37 °C.



RESULTADOS

Tabla 1. Tensión máxima media, Módulo de elasticidad y Deformación a la rotura media para las películas de PLA/PEG/Quitosano.

Serie	Tensión máxima media (MPa)	Deformación a la rotura media (%)	Módulo de elasticidad (MPa)
PLA	17.53 ± 3.09 ^a	2.16 ± 0.36 ^a	1233.33 ± 159.48 ^a
PLA-PG	24.74 ± 4.74 ^{a, b}	7.11 ± 3.14 ^b	3050.00 ± 440.34 ^b
PLA-PG-50C	13.99 ± 5.70 ^b	3.48 ± 0.96 ^a	1783.33 ± 698.95 ^a
PLA-PG-100C	11.88 ± 8.91 ^b	2.92 ± 1.20 ^a	1406.33 ± 1168.51 ^a
PLA-PG-200C	14.10 ± 4.29 ^b	3.02 ± 1.06 ^a	1773.33 ± 637.91 ^a
PLA-PG-50F	13.63 ± 0.68 ^b	4.46 ± 0.61 ^a	1110.00 ± 65.57 ^a
PLA-PG-100F	15.87 ± 2.93 ^{a, b}	3.15 ± 1.04 ^a	1946.67 ± 358.52 ^a
PLA-PG-200F	10.99 ± 0.98 ^b	3.29 ± 1.27 ^a	1463.33 ± 119.30 ^a

*Las medidas que no comparten una letra son significativamente diferentes $p < 0.05$ (Duncan). F = quitosano sintetizado en laboratorio, C = quitosano comercial

Tabla 2. Crecimiento de bacteria a las 24 horas de incubación para los microorganismos *S. aureus* y *S. typhimurium* en películas elaboradas de PLA/Q.

Serie	Promedio del número de células (UFC/mL)		Reducción Log	
	<i>S. aureus</i>	<i>S. typhimurium</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. typhimurium</i>
Control	6.42×10^{10}	3.22×10^{10}		
Q 1%	4.68×10^8	3.05×10^9	2.14 ± 0.06^d	1.02 ± 0.06^b
PLA	6.74×10^{10}	2.91×10^{10}	-0.02 ± 0.10^a	0.05 ± 0.02^a
PLA-PG	5.76×10^{10}	2.33×10^{10}	0.05 ± 0.04^a	0.14 ± 0.05^a
PL-PG-50F	3.33×10^{10}	2.67×10^{10}	$0.29 \pm 0.31^{a, b}$	0.05 ± 0.01^a
PL-PG-100F	5.14×10^9	1.04×10^{10}	$1.10 \pm 0.76^{b, c}$	0.11 ± 0.09^a
PL-PG-200F	3.62×10^9	2.46×10^{10}	$1.29 \pm 0.57^{c, d}$	0.09 ± 0.23^a
PL-PG-50C	4.12×10^{10}	2.90×10^{10}	0.19 ± 0.03^a	0.09 ± 0.32^a
PL-PG-100C	3.08×10^9	2.59×10^{10}	$1.32 \pm 0.17^{c, d}$	0.48 ± 0.15^a
PL-PG-200C	4.64×10^9	2.58×10^{10}	$1.14 \pm 0.43^{b, c}$	0.17 ± 0.46^a

*Las medidas que no comparten una letra son significativamente diferentes $p < 0.05$ (Duncan). F = quitosano sintetizado en laboratorio, C = quitosano comercial

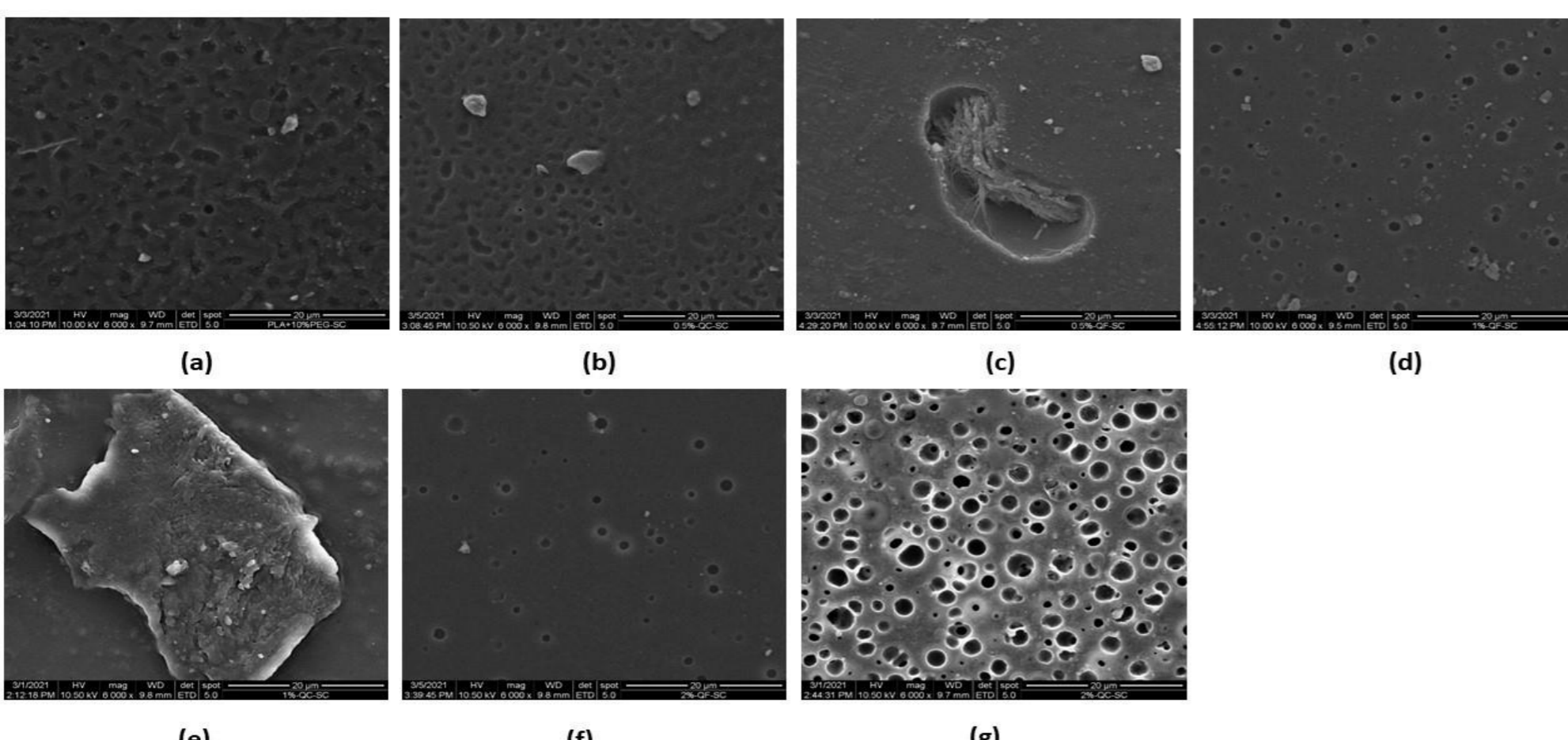


Figura 1. Imagen de las películas (a) PLA-PG (b) PLA-PG-50C; (c) PLA-PG-50F; (d) PLA-PG-100F; (e) PLA-PG-100C; (f) PLA-PG-200F and (g) PLA-PG-200C.

CONCLUSIONES

- El método de solvent casting es una técnica muy apropiada para la preparación de películas PLA-PG-Q con propiedades mecánicas aceptables. Sin embargo, se formaron microporos en las estructuras de las películas.
- Las películas preparadas mostraron actividad antimicrobiana frente a *S. aureus* para las concentraciones de Q del 1-2%.
- Los resultados obtenidos en el presente estudio, incluso con concentraciones más bajas de Q, son muy prometedores para aplicaciones potenciales en la industria del envasado de alimentos.

RECONOCIMIENTOS

- Los autores agradecen el financiamiento de la SENESCYT Ecuador, subvención INEDITA, proyecto PIC-18-INE-ESPOL-004, y convenio 20180137CI.

- La muestra de PLA-PG presenta la mayor resistencia mecánica, observándose una película flexible debido al plastificante. La adición de Q a la película de PLA-PG redujo la resistencia a la tracción, la deformación a la rotura y el módulo de elasticidad frente al testigo.
- El incremento de Q en las películas forma agregados en el interior de la película, resultando en películas frágiles.
- La evaporación del solvente produce pequeñas cavidades y al incrementar Q en las películas incrementa las cavidades y el espacio vacío.
- Las películas de PLA/Q mostraron reducción de 1 Log en las formulaciones 1% y 2% de Q frente a *S. aureus*, mientras que *S. typhimurium* no presentaron ningún efecto antimicrobiano. El quitosano tiene más sensibilidad antibacteriana contra las bacterias gram-positivas en comparación con las gram-negativas.