

ANEXO 1: ESTUDIOS REALIZADOS CON PELÍCULAS DE CARRAGENINA REFORZADAS CON NANOWHISKERS DE QUITINA

- **Preparación de nanocompuestos reforzados con nanowhiskers de quitina**

Para la preparación de las películas compuestas de carragenina reforzadas con nanowhiskers de quitina se utilizó el método de colada por solución. Esta solución de K-Carragenina fue preparada mediante la disolución de 1 g de polvo de carragenina en 100 ml de agua destilada a 80 °C bajo agitación magnética por 2 horas. Para lograr la fabricación de nanocompuestos que contengan nanowhiskers de quitina, solución de quitina al 3% (w/v) fue diluida hasta que el peso de la quitina representara el 5% del peso de carragenina, y luego se añadió agua destilada a la solución hasta lograr la misma proporción de agua y carragenina de los otros casos preparados. Una vez lograda la disolución completa, se deja enfriar la solución para desaparecer las burbujas formadas por la agitación. Luego se procede a verter la solución en el centro de placas de plástico niveladas y limpias, normalmente de forma circular, y se deja secar a 40 °C por 24 horas.

- **Ensayos mecánicos**

La **tabla A1.1** muestra una comparación entre las propiedades de los films de carragenina en estado puro y su nanocompuesto reforzado con nanowhiskers de quitina al 5%.

Tabla A1.1 Propiedades mecánicas de los films de carragenina y films reforzados con whiskers de quitina

Film	Módulo de Young (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Deformación unitaria (%)
Carragenina	4.037 ± 0.760	2.138 ± 0.720	47.09 ± 19.12
Carragenina-5% Whiskers de quitina	38.903 ± 0.460	5.597 ± 0.145	45.73 ± 3.01

- **Ensayos morfológicos**

La morfología de la superficie de las películas de carragenina y de los nanocompuestos de quitina fueron examinados utilizando la microscopía electrónica de barrido. Las **Fig. A1.1a** y **Fig. A1.1b**, muestran la morfología de la película de control obtenida por el método de colada y el nanocompuesto reforzado con nanowhiskers de quitina al 5%, respectivamente.

Se observaron morfologías superficiales compactas para las películas limpias, ya que la carragenina aparece en aglomeraciones de partículas micrométricas. También se nos muestra, que los nanowhiskers se aglomeran y no forman una dispersión homogénea en este caso.

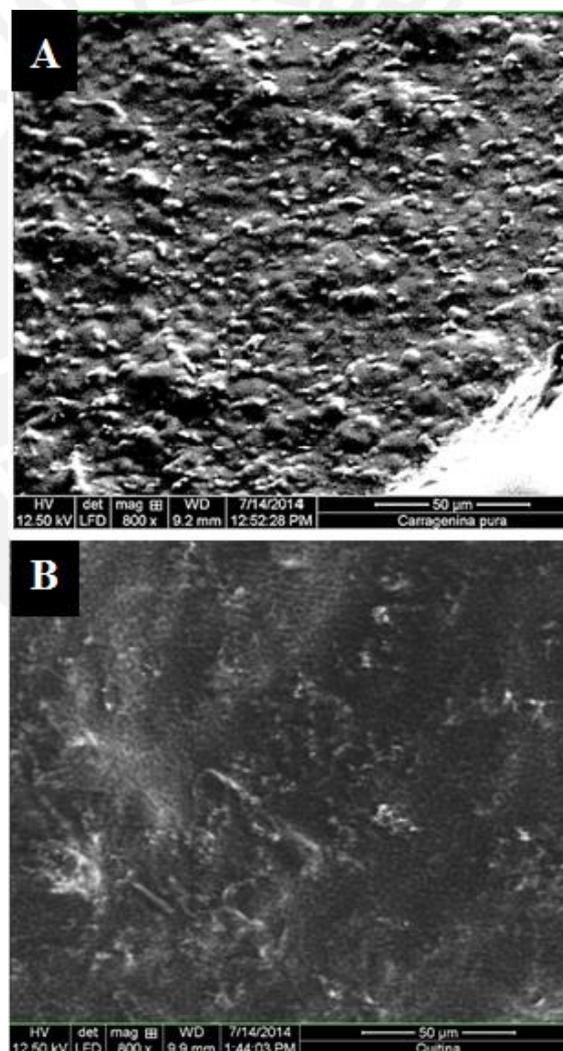


Fig. A1.1. Micrografías SEM de: (a) película de control; (b) Nanocompuesto reforzado con quitina.

ANEXO 2: ESTUDIO DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE NANOCOMPUESTOS DE CARRAGENINA REFORZADOS CON GO, MWCNT Y SWCNT

En esta sección presentamos los resultados correspondientes a las pruebas de conductividad eléctrica realizadas. En la **Fig. A2.1** se presentan los análisis de los nanocompuestos reforzados con óxido de grafeno. Se determina que este tipo de material no conduce la electricidad, lo cual se corresponde con una de las propiedades características del óxido de grafeno, el cual actúa como un aislante eléctrico.

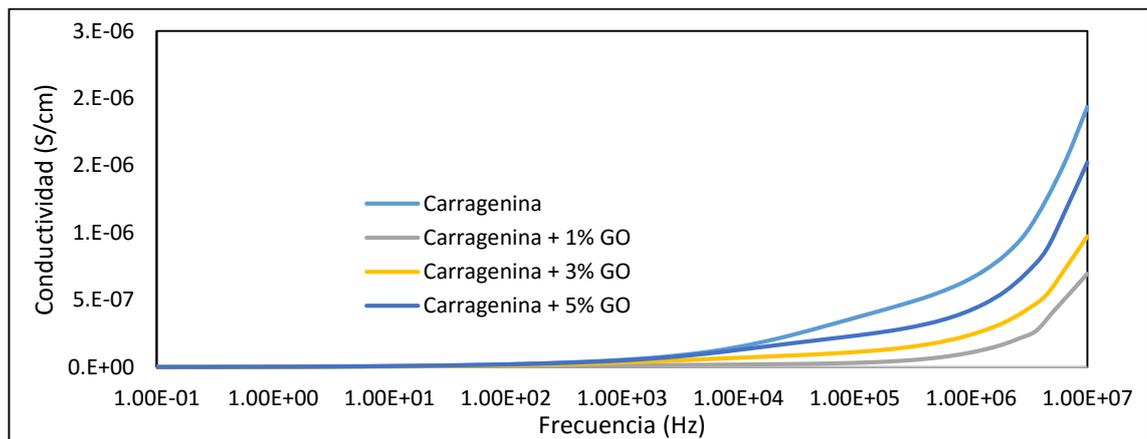


Fig. A2.1. Gráfica de conductividad vs frecuencia para los nanocompuestos reforzados con GO.

En la **Fig. A2.2** se analizan los nanocompuestos de MWCNT. En este caso encontramos que para porcentajes de refuerzo mayores a 3% el material se convierte en conductor, por lo que se infiere que el material ha superado el umbral de percolación.

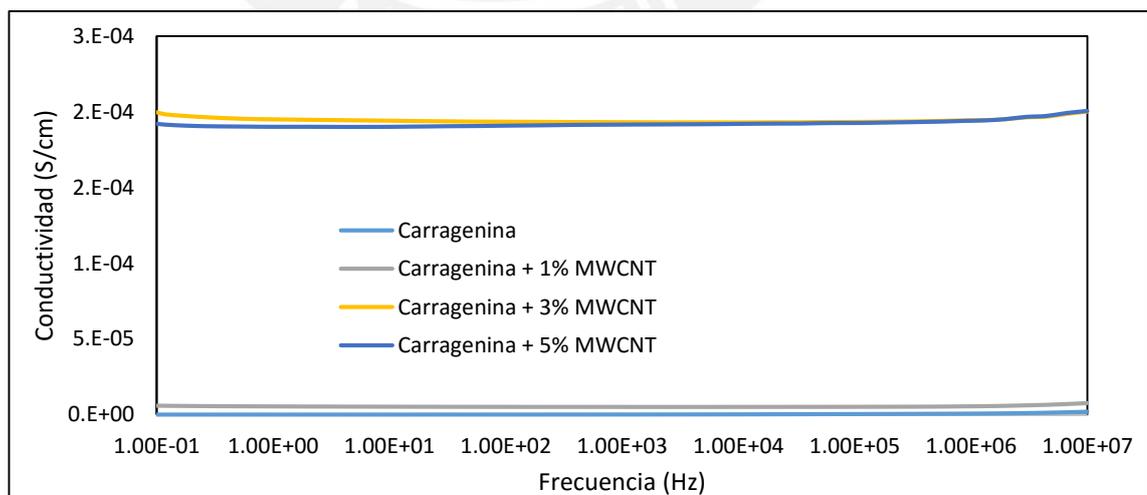


Fig. A2.2. Gráfica de conductividad vs frecuencia para los nanocompuestos reforzados con MWCNT.

En la **Fig. A2.3** observamos los resultados obtenidos para los nanocompuestos de SWCNT. Para el valor de 3% de refuerzo encontramos que el material es conductor, sin embargo para el 5% de refuerzo no se presenta conductividad. Esto demuestra que la red de percolación no se ha formado para la región analizada, lo cual indica que el grado de dispersión no ha sido adecuado. La red de percolación permite que el paso de la corriente convirtiendo a este material en conductor, si la cantidad de refuerzos de la misma naturaleza es suficiente para la formación de la red. En caso de un defecto, como en este caso, se interrumpe el paso de la corriente y se pierde el valor de conductividad obtenido al superar el umbral de percolación.

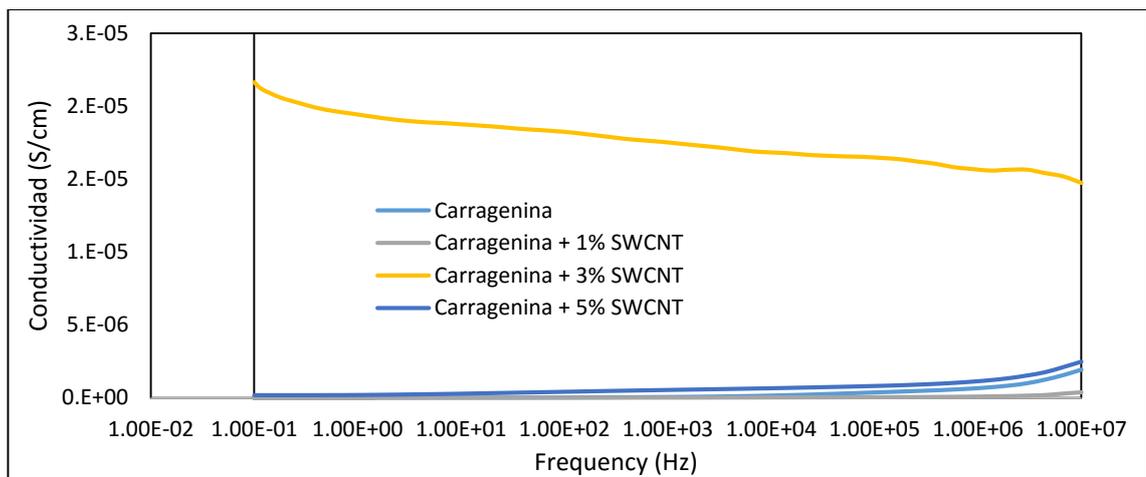


Fig. A2.3. Gráfica de conductividad vs frecuencia para los nanocompuestos reforzados con SWCNT.