

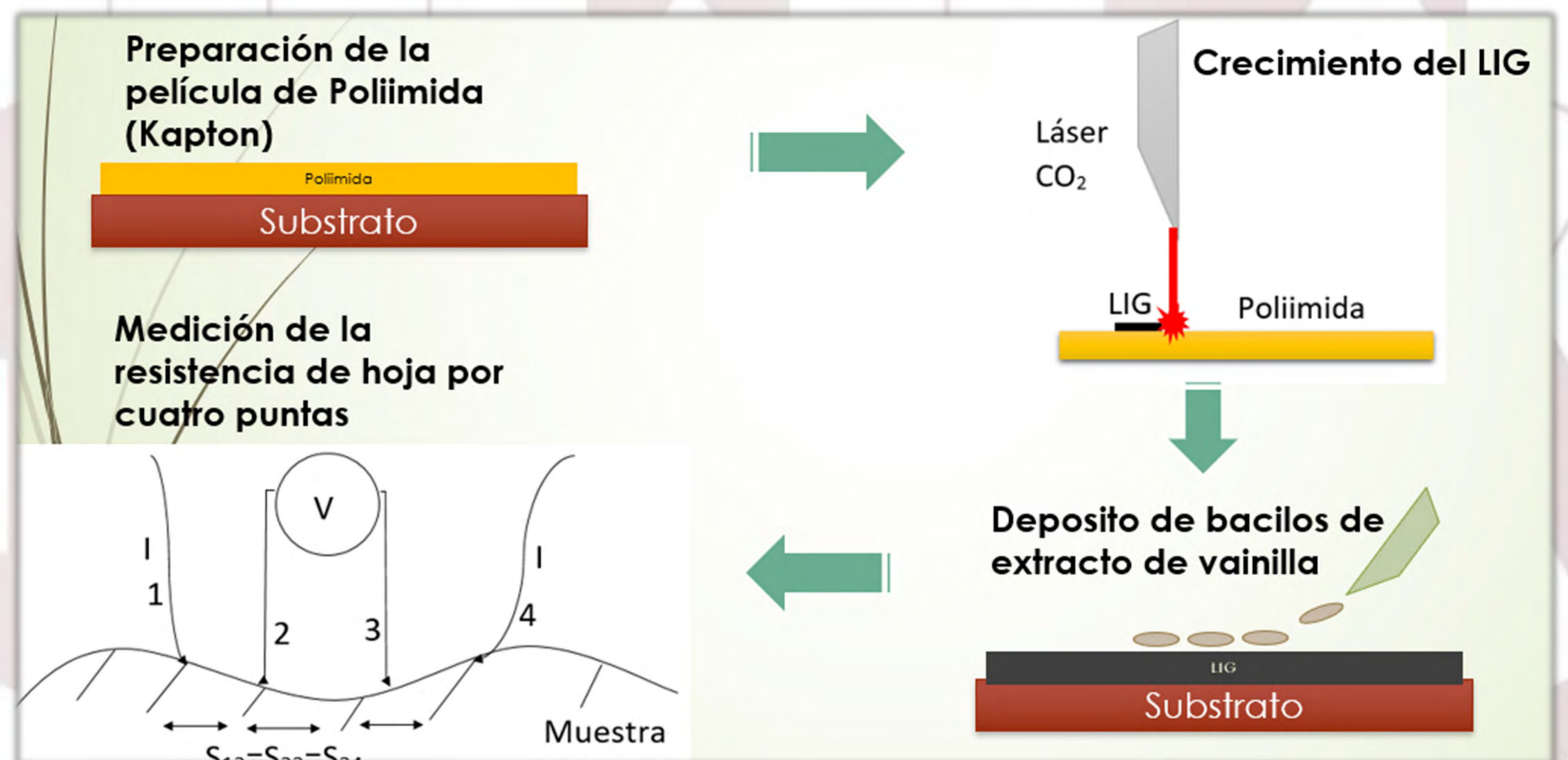
## RESUMEN

En la última década los materiales grafiticos, en lo particular el grafeno inducido por láser (LIG), ha sido utilizado para diferentes sensores de entes biológicos. Con el propósito de tener evidencia de algunos bacilos que derivan del extracto de vainilla, se induce grafeno sobre una hoja de poliimida (Kapton) a partir de irradiación láser de CO<sub>2</sub> a diferentes potencias, posteriormente se realizan mediciones de la resistencia de hoja, por medio de la técnica de cuatro puntas, de cada uno de los productos que resultan de la inducción de grafeno, posteriormente, se deposita por goteo los bacilos de extracto de vainilla y se miden nuevamente las resistencias de hoja. Finalmente, se realiza un comparativo de la resistencia de hoja de las películas de LIG en ausencia y presencia de bacilos, de lo cual podemos notar un claro incremento en estas últimas, pero con una tendencia cualitativa muy similar que nos permite establecer un modelo matemático que nos da información que nos permite concluir que el LIG es un candidato óptimo a usarse como bioplataforma y evidenciar la presencia de diferentes entes biológicos.

## INTRODUCCIÓN

La última década los materiales grafiticos, en lo particular, el grafeno inducido por láser (LIG), ha sido utilizado para diferentes sensores de entes biológicos. Con el propósito de tener evidencia de algunos bacilos que derivan del extracto de vainilla, se induce grafeno sobre una hoja de poliimida (Kapton) a partir de irradiación láser de CO<sub>2</sub> a diferentes potencias, posteriormente se realizan mediciones de la resistencia de hoja, por medio de la técnica de cuatro puntas, de cada uno de los productos que resultan de la inducción de grafeno, posteriormente, se deposita por goteo los bacilos de extracto de vainilla y se miden nuevamente las resistencias de hoja. Finalmente, se realiza un comparativo de la resistencia de hoja de las películas de LIG en ausencia y presencia de bacilos, de lo cual podemos notar un claro incremento en estas últimas, pero con una tendencia cualitativa muy similar que nos permite establecer un modelo matemático que nos da información que nos permite concluir que el LIG es un candidato óptimo a usarse como bioplataforma y evidenciar la presencia de diferentes entes biológicos.

## METODOLOGÍA



## RESULTADOS

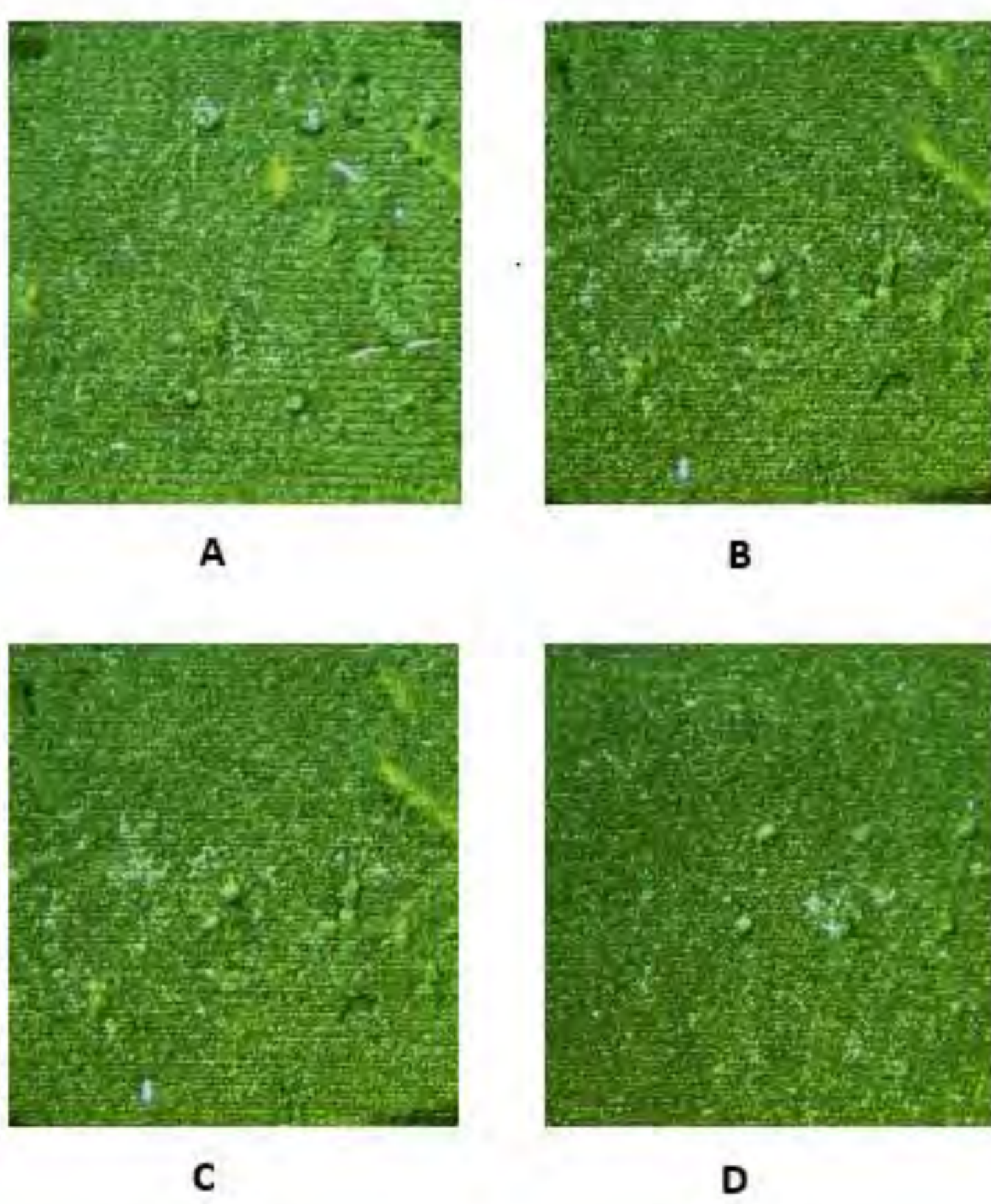


Fig. 3. Imagen de LIG obtenidas de un microscopio óptico a 0.7x con presencia de bacilos de extracto de vainilla, vista a diferentes potencias de irradiación láser A)55 % B)60 % C) 65 % D)70 %

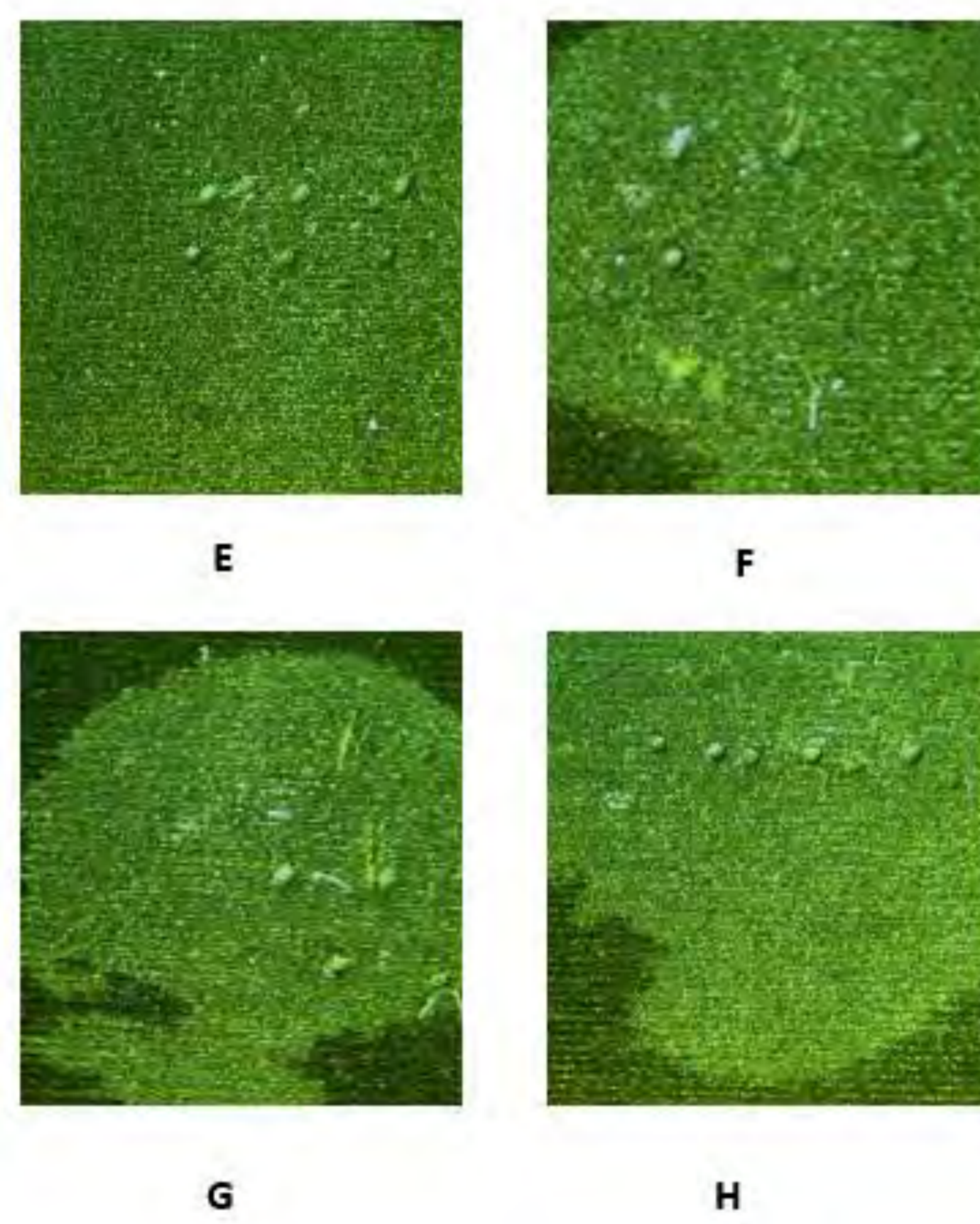


Fig. 4. Imagen de LIG obtenidas de un microscopio óptico a 0.7x con presencia de bacilos de extracto de vainilla, vista a diferentes potencias de irradiación láser E)75 % F)80 % G) 85 % H)90 %.

TABLA I. RESISTENCIA DE HOJA DE LIG A DIFERENTES POTENCIAS DE IRRADIACIÓN ( $\Omega/\square$ )

POTENCIA (W)	RESISTENCIA (%)	RESISTENCIA CON BACIOS	DIFERENCIA
16.5	55	211,52	33,11
18	60	269,79	103,41
19.5	65	285,94	68,24
21	70	285,98	16,46
22.5	75	290,52	6,99
24	80	293,25	4,58
25.5	85	268,75	1,44
27	90	285,47	24,78
28.5	95	242,44	10,74

## DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en la tabla I observamos que para 60 % de potencia de irradiación láser, la diferencia entre resistencia de hoja es mayor a comparación de las demás potencias empleadas, mientras que para 85 % la diferencia es menor. Entre 75 y 85 % la diferencia es muy baja, no mayor a 7  $\Omega/\square$  (Ohm/cuadro) mientras que entre 55 a 70 % la diferencia es mucho mayor siendo el valor más alto de 103.417  $\Omega/\square$ . En la figura 5 se observa los valores de cambio de resistencia de hoja, podemos notar que de 60 a 80 % del valor de irradiación láser hubo un decremento, tendiendo a un cambio lineal de 75 a 85 %. De 85 a 95 % hay un aumento en la resistencia en 90 % para posteriormente presentar un decaimiento en 95 %. En general el cambio de resistencia de hoja, en ciertos rangos de potencia de irradiación, presenta diferentes variaciones de tipo polinomial, observando, principalmente, una tendencia lineal en el rango de los 75 a 80 % de potencia de irradiación, sin embargo, considerando la morfología del grafeno al ser irradiado y lo observado en la figura 5 no se puede asegurar un cambio lineal en la resistencia de hoja del LIG en presencia de entes biológicos.

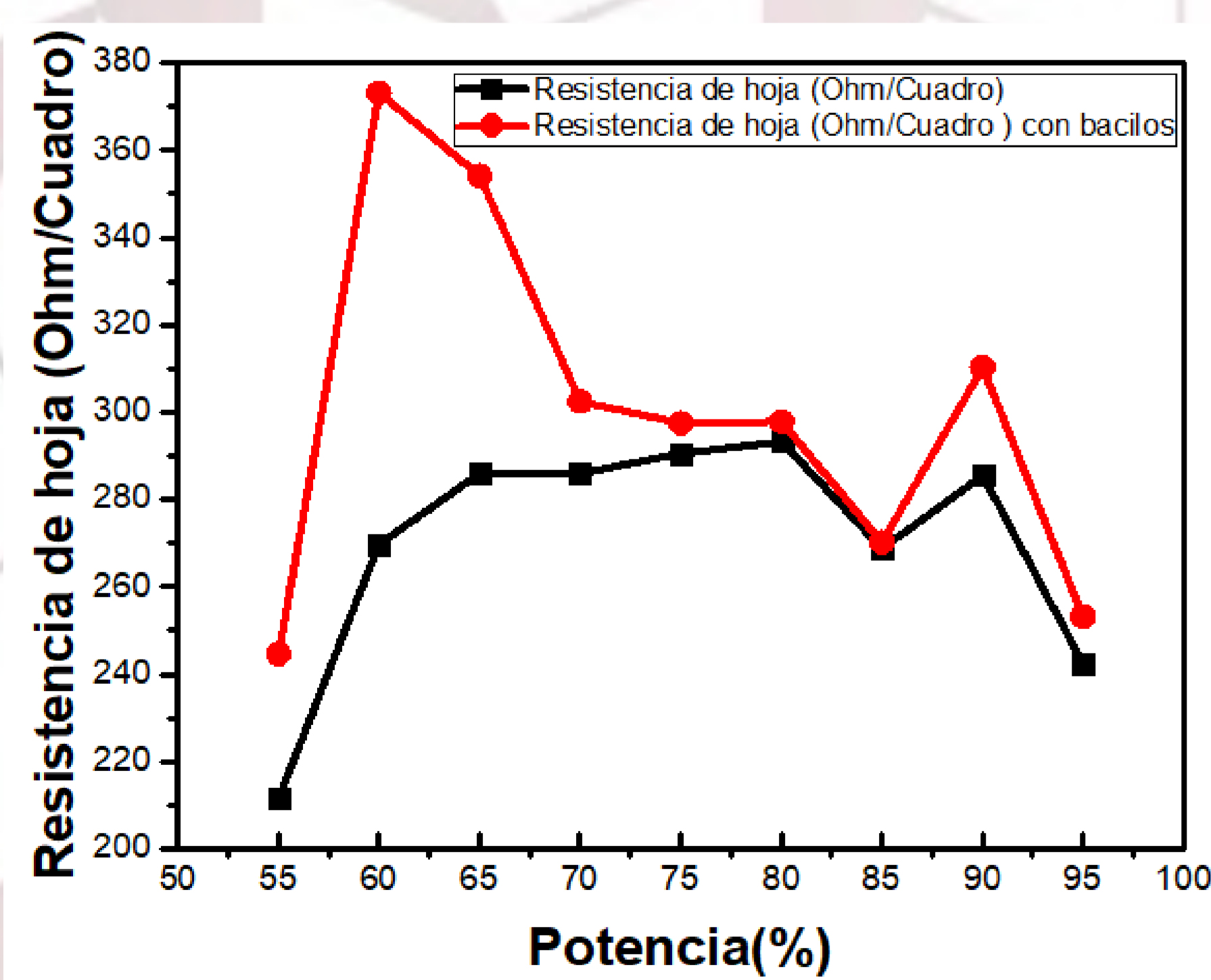


Fig. 5. Relación entre potencia de irradiación y resistencia de hoja obtenida

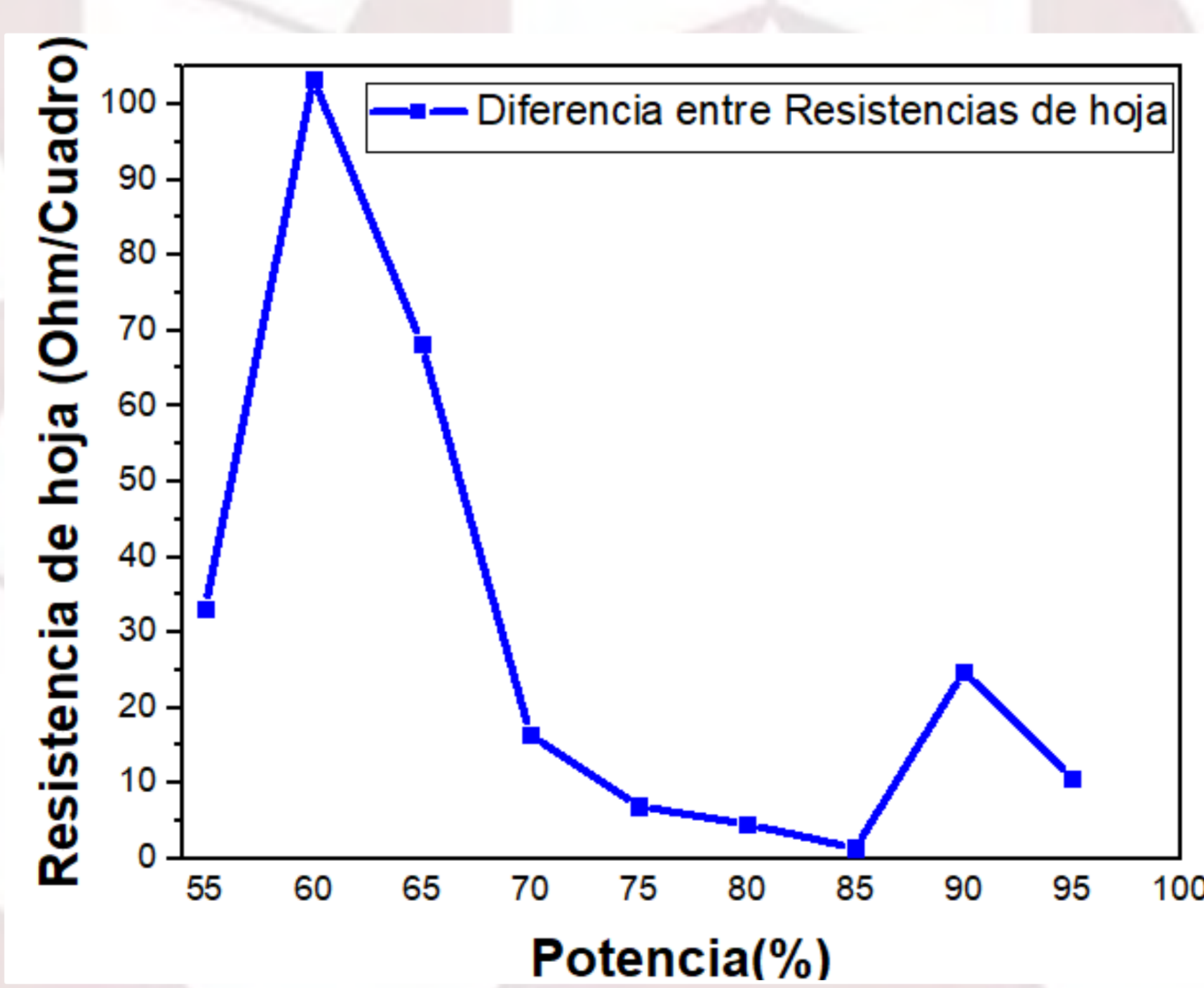


Fig. 6. Diferencia entre la resistencia de hoja del LIG en presencia de entes biológicos y sin entes biológicos.

## CONCLUSIONES

La obtención de grafeno por medio de irradiación láser resulta ser un método eficaz y de bajo costo, para la fabricación de contactos eléctricos. La presencia de entes biológicos en el LIG genera un cambio en la resistividad superficial de la película, siendo más notorio en potencias de irradiación bajas de 55 a 70 %, mientras que, se presenta una diferencia de resistividad menor en el rango de 75 a 85 % (Fig. 6). Aunque un cambio abrupto en la resistencia superficial pueda indicar una mejor señal eléctrica, aun es necesario conservar una resistencia baja para el diseño de un dispositivo, por tanto, concluimos que para la fabricación de dispositivos a base de LIG, cuyo objetivo sea censar material biológico, las potencias de irradiación láser entre 75 a 85 % (22.5 a 25.5 W) son las más óptimas para el diseño de películas de LIG.

## REFERENCIAS

- Yanan Wang, Yong Wang, Peipei Zhang, Fu Liu, and Sida Luo. Laser-Induced Freestanding Graphene Papers: A New Route of Scalable Fabrication with Tunable Morphologies and Properties for Multifunctional Devices and Structures. DOI: 10.1002/smll.201802350
- Juan Pablo Aguilar González, et al Síntesis, caracterización y comparación de Óxido de grafeno reducido mediante láser pulsado de CO<sub>2</sub> y CVD Departamento de Física del estado Sólido, ESFM-IPN, CDMX, México 2Ciencias Básicas, UPHITA-IPN, CDMX, México
- Juan Pablo Aguilar Gonzales. Transistores efecto de campo 2D a base de nanoestructuras de carbono. Tesis de Maestría Junio 2019.
- John, A. O. (2010). Design and fabrication of a simple four point probe system for electrical characterization of thin films (Doctoral dissertation, doktorski rad, School of Pure and Applied Sciences of Kneyatta University, SAD).