



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD

**Ciemat**

Centro de Investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas

*Formación de películas de  
grafeno sobre substratos de Cu  
mediante autoensamblaje y  
reducción de óxido de grafeno*

A. Fernández Sotillo, J. J Conde, M.A. Folgado, A. Martínez Chaparro, P. Ferreira Aparicio

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Avda.  
Complutense, 40. E-28040 Madrid

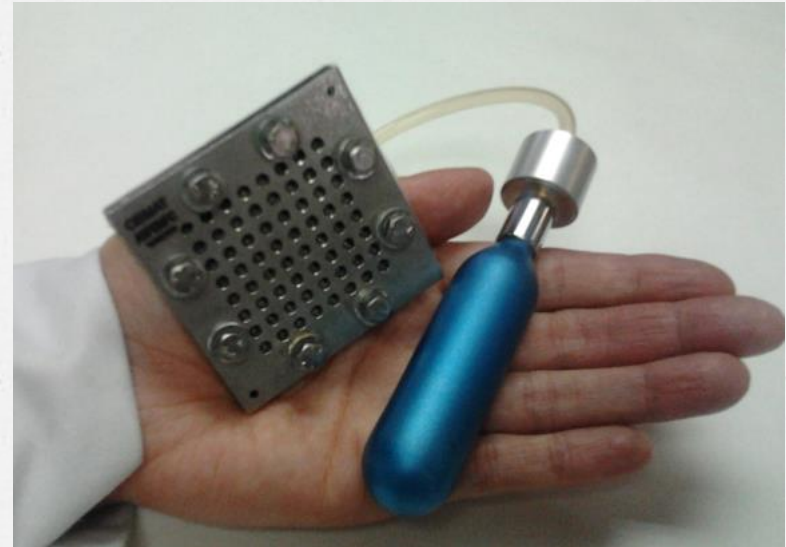
# Introducción

**Pilas de combustible (PEMFC)**

**Problemas**

**Gestión del agua generada**

**Corrosión de los componentes metálicos**





# Introducción

## Grafeno

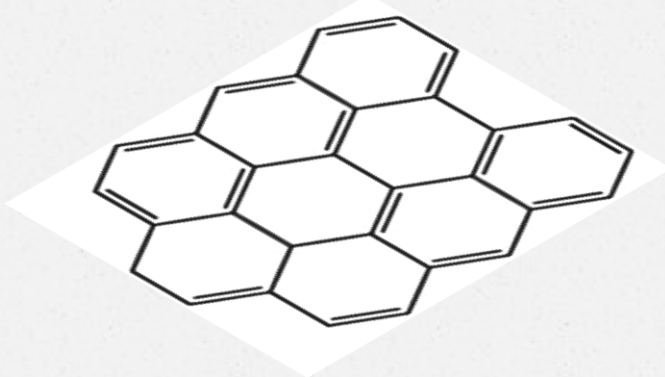
## Propiedades

**Alta  
estabilidad**

**Buen  
conductor  
eléctrico**

**Protector  
ante la  
corrosión\***

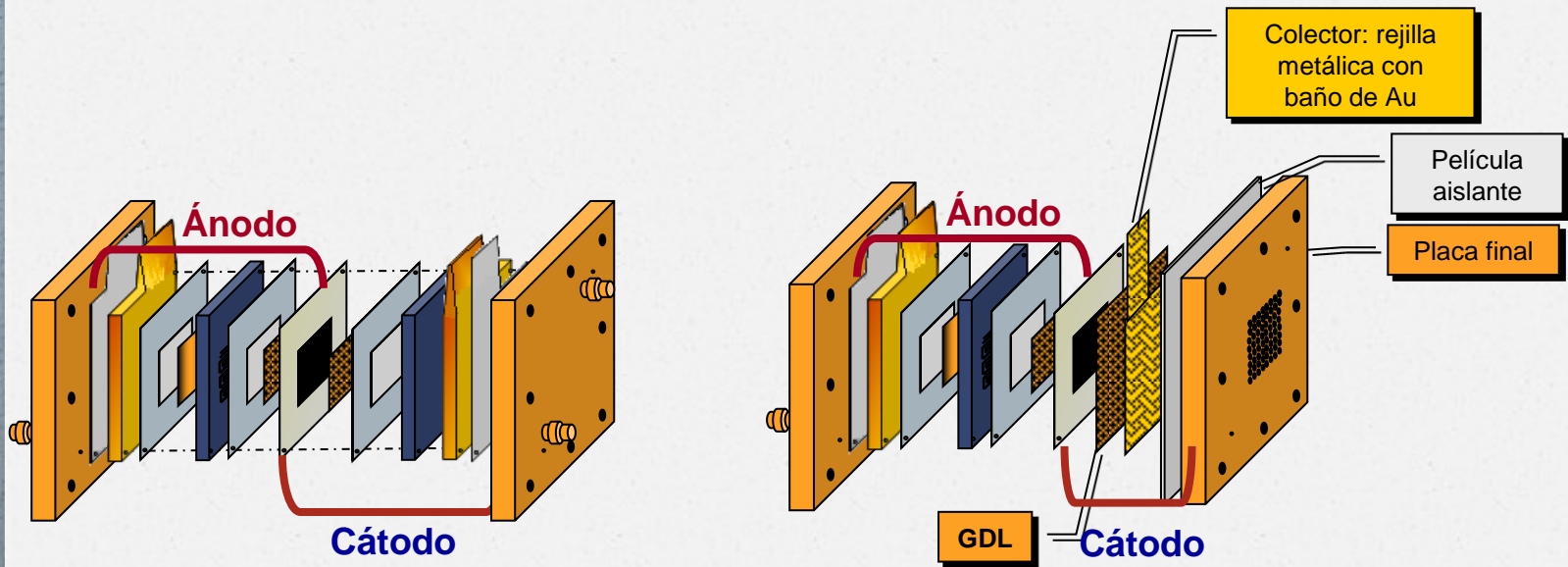
**Hidrofilicidad  
modificable**



\*Bethencourt, M., Botana, F. J., Calvino, J. J., Marcos, M., & Rodríguez-Chacón, M. A. (1998). Graphene based materials and their composites as coatings. *Corrosion Science*, 13(11), 1803-1819.

# Introducción

## *Pila de combustible de baja temperatura*

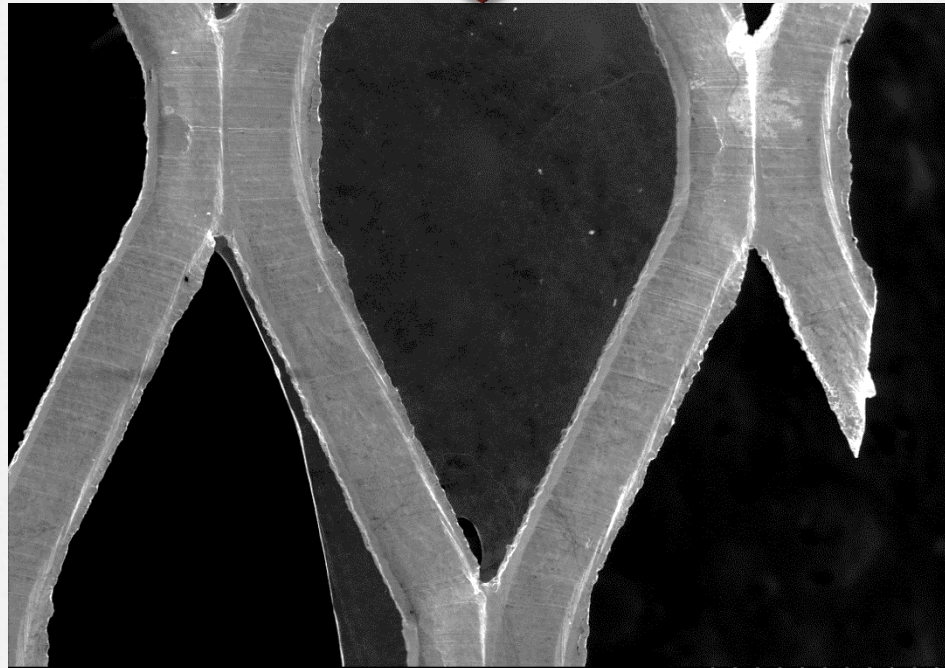
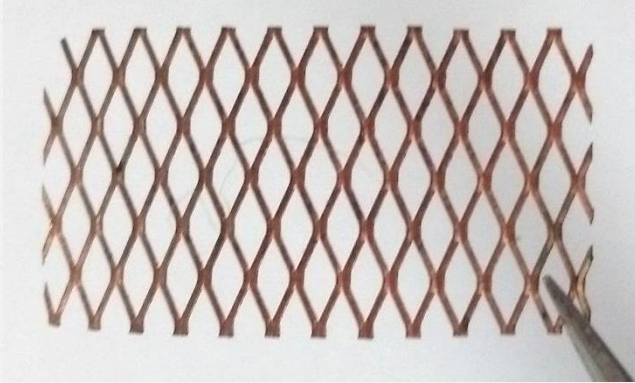


Pila convencional

Pila "air-breathing"



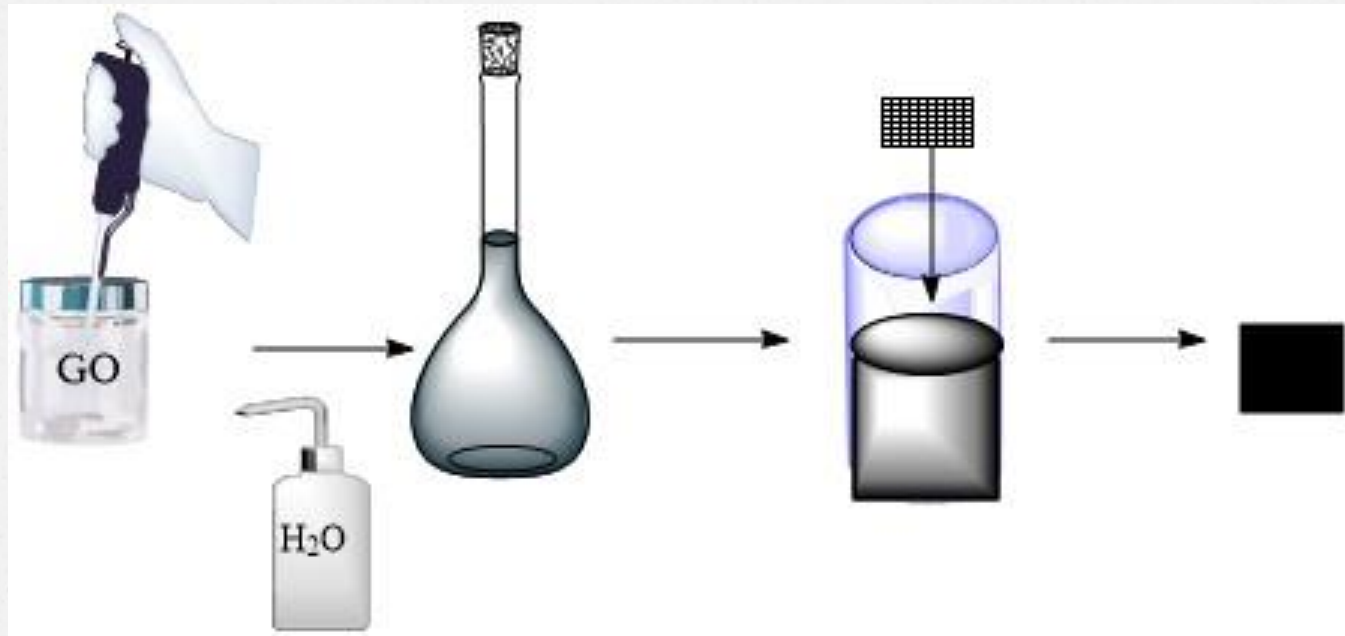
# Objetivo



CIEMAT 15.0kV 14.8mm x60 SE

500um

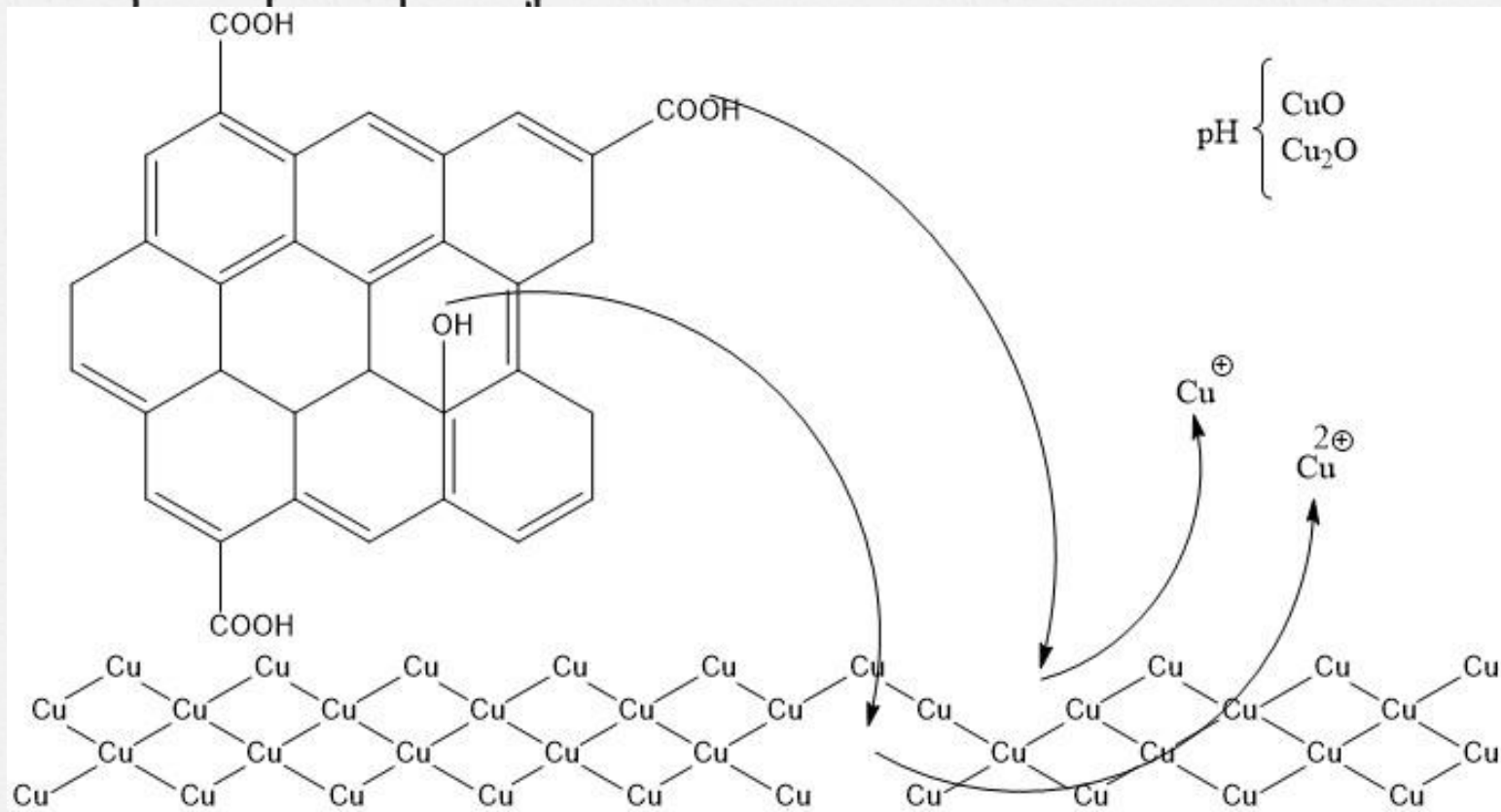
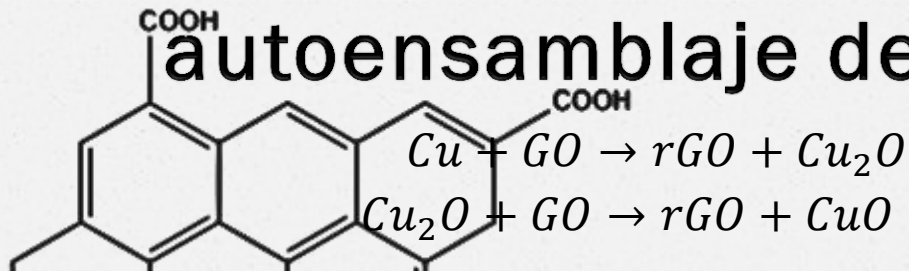
# Proceso de síntesis SARA-GO



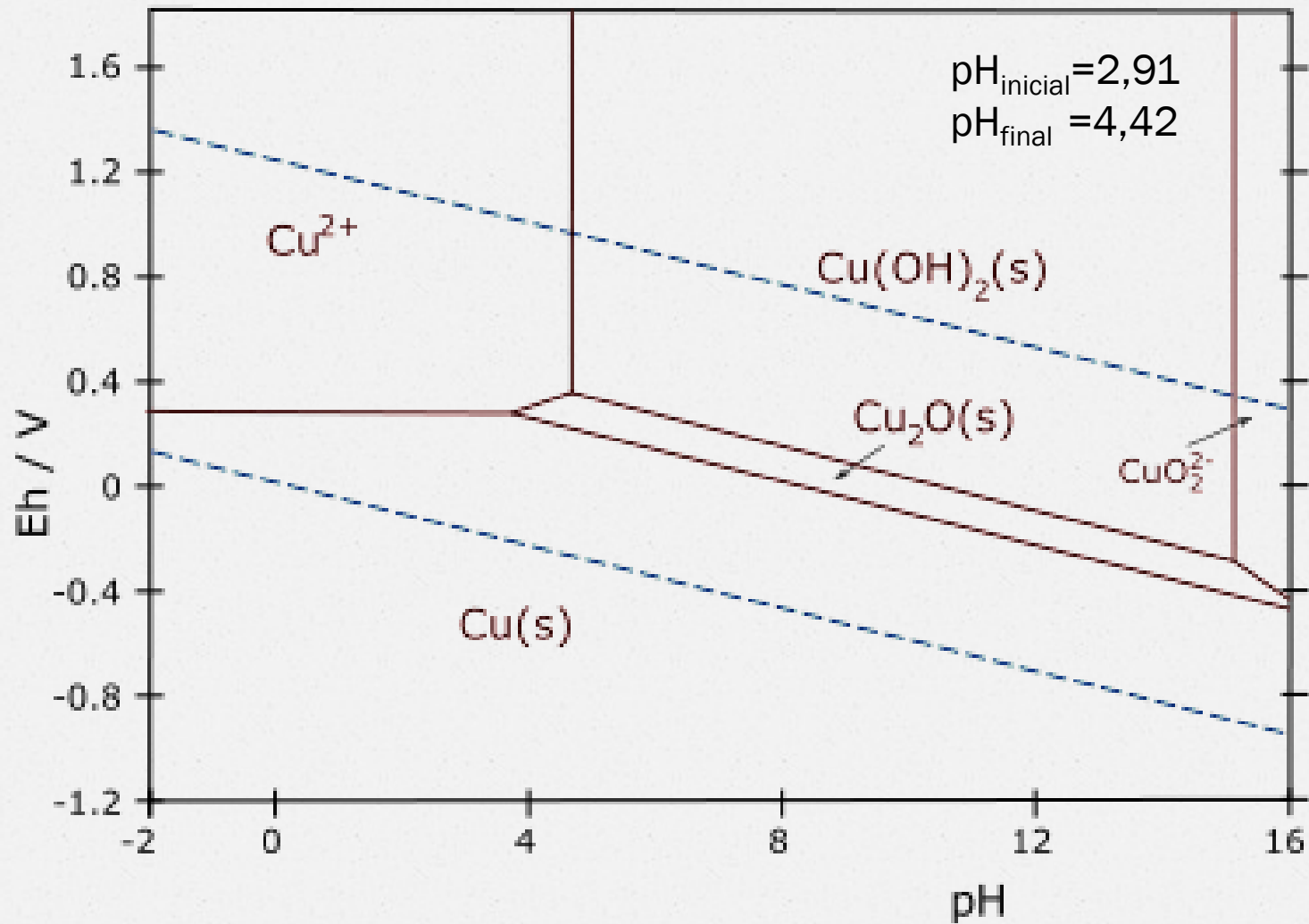
*SARA-GO = substrate-assisted reduction and assembly of GO*



# Reacción de reducción y autoensamblaje del GO

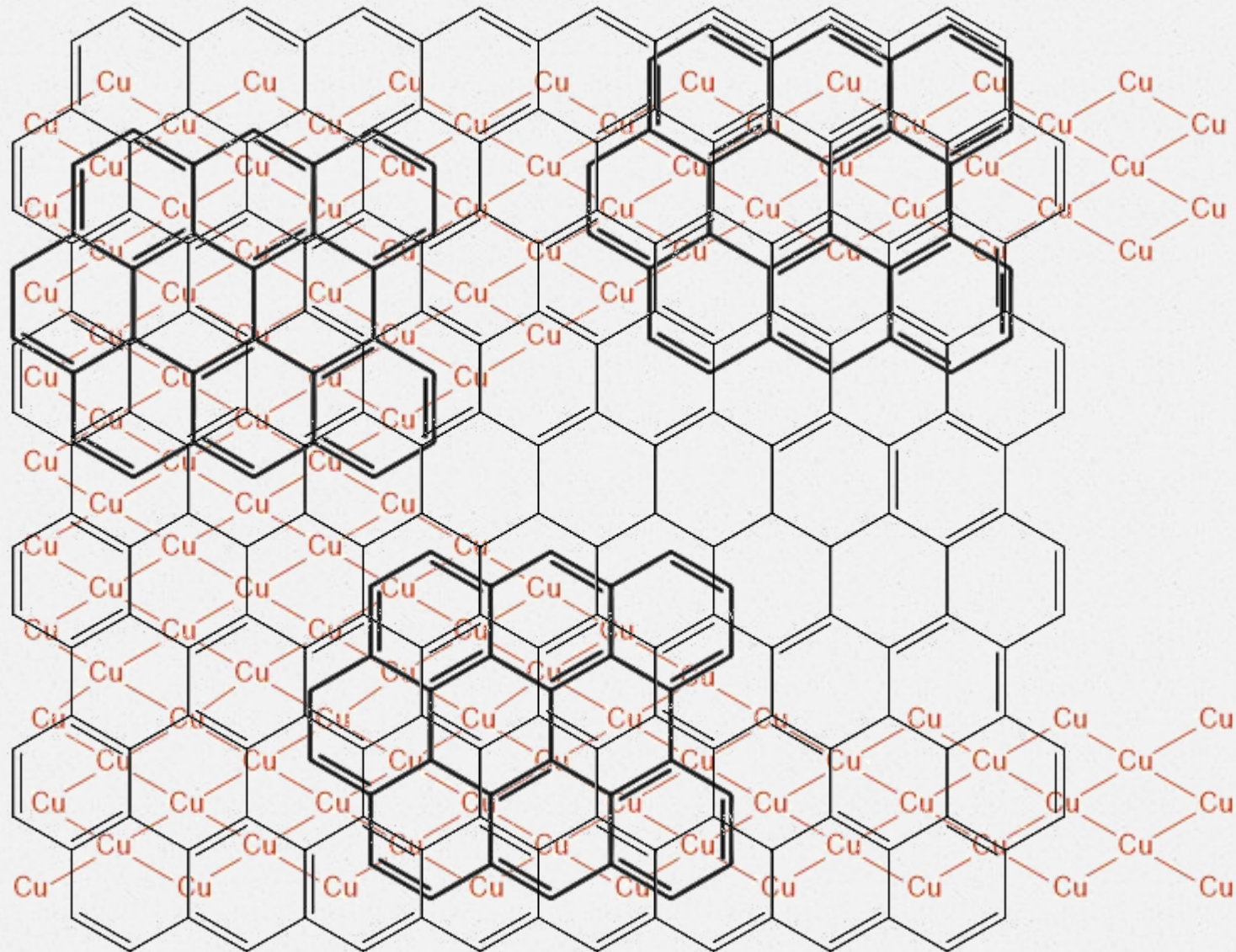


# Diagrama de Pourbaix del Cu





# Reacción de reducción y autoensamblaje del GO



COOH

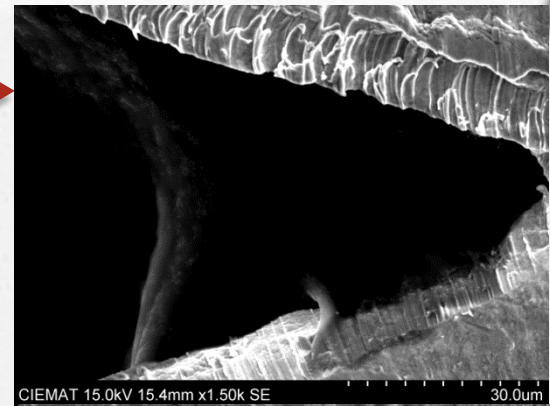
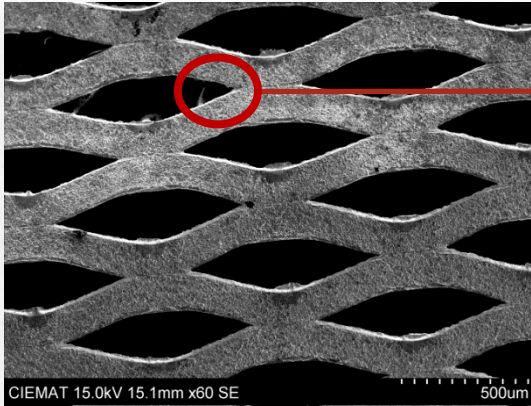
COOH

COOH

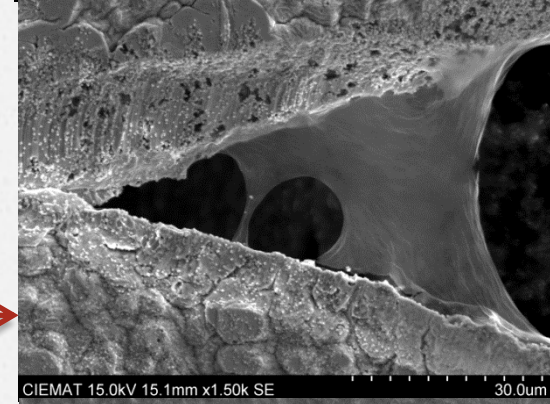
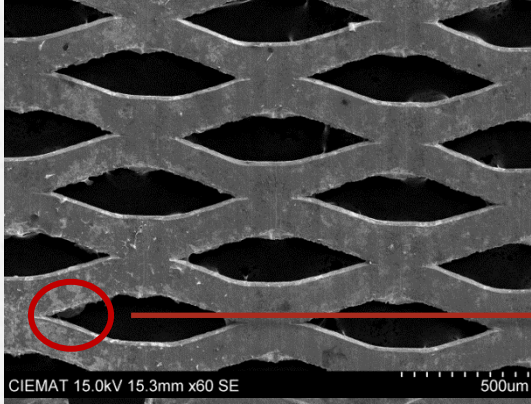


# Crecimiento de la película de grafeno

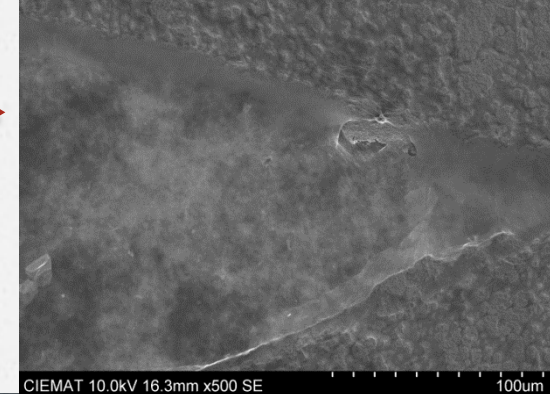
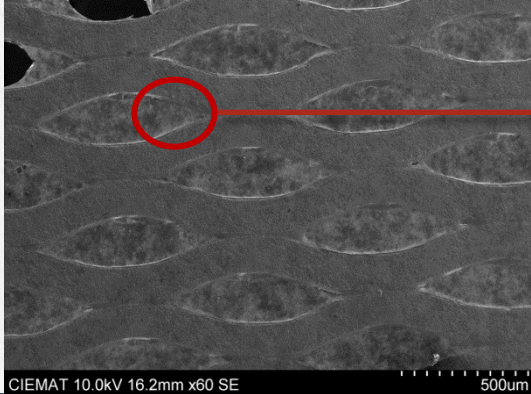
2,5h



16h

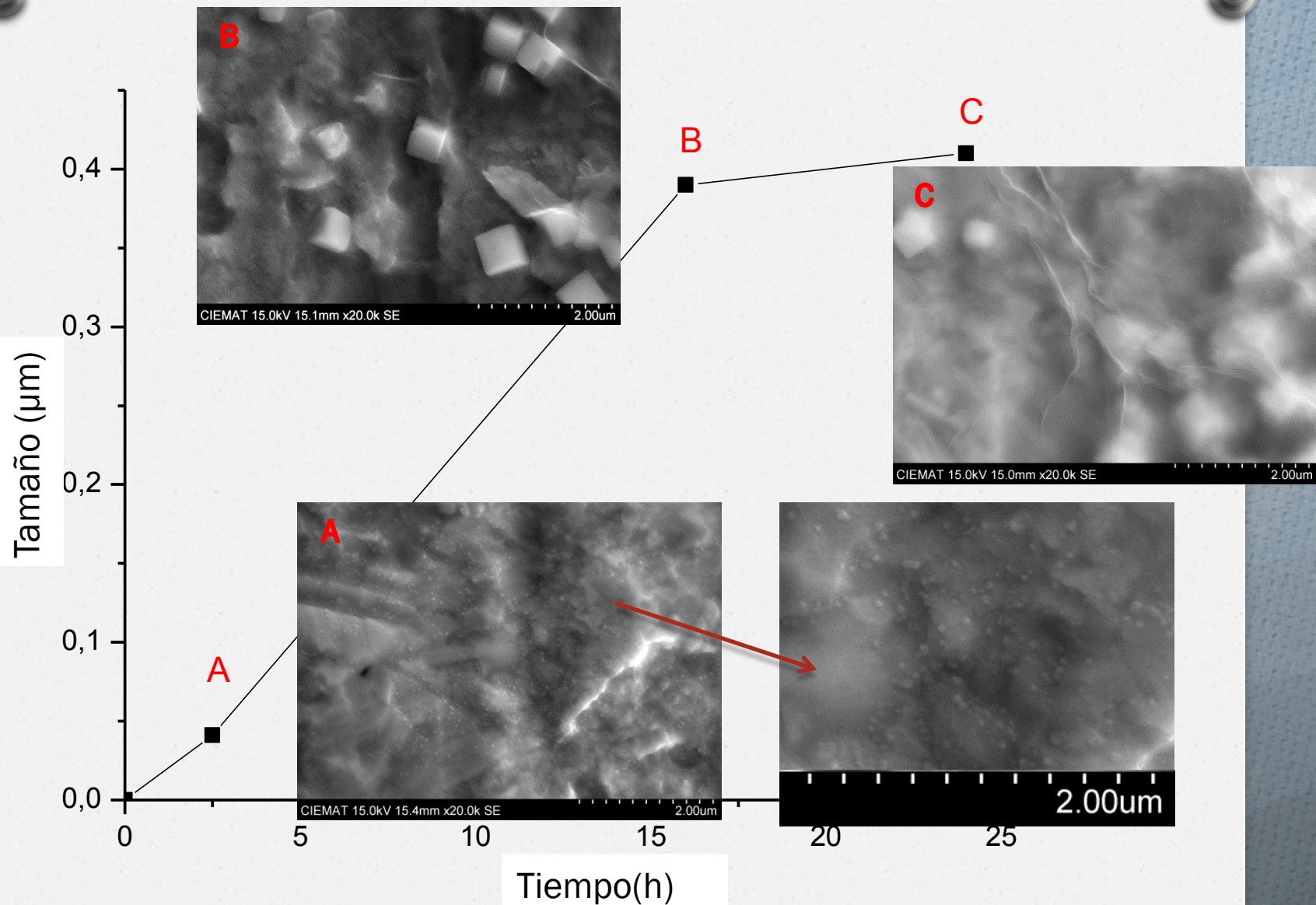


22h





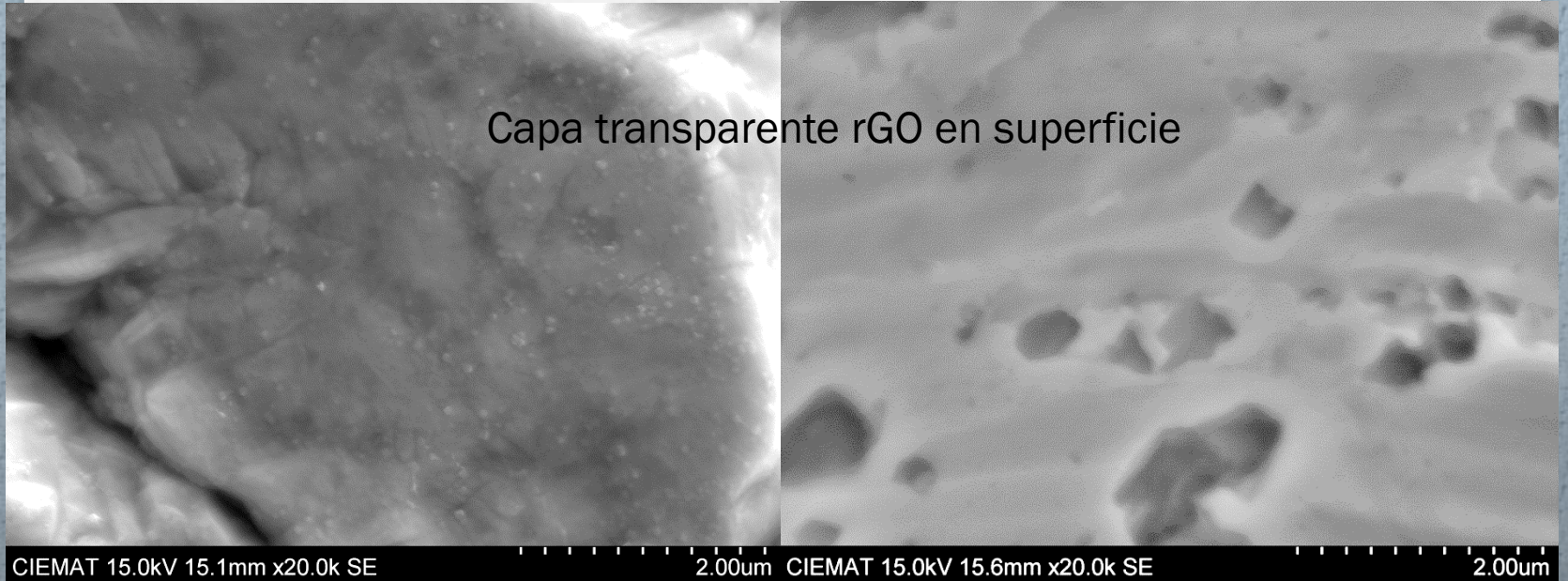
# Evolución del tamaño de las partículas de $\text{Cu}_x\text{O}$



# Efecto de la adición de sulfúrico

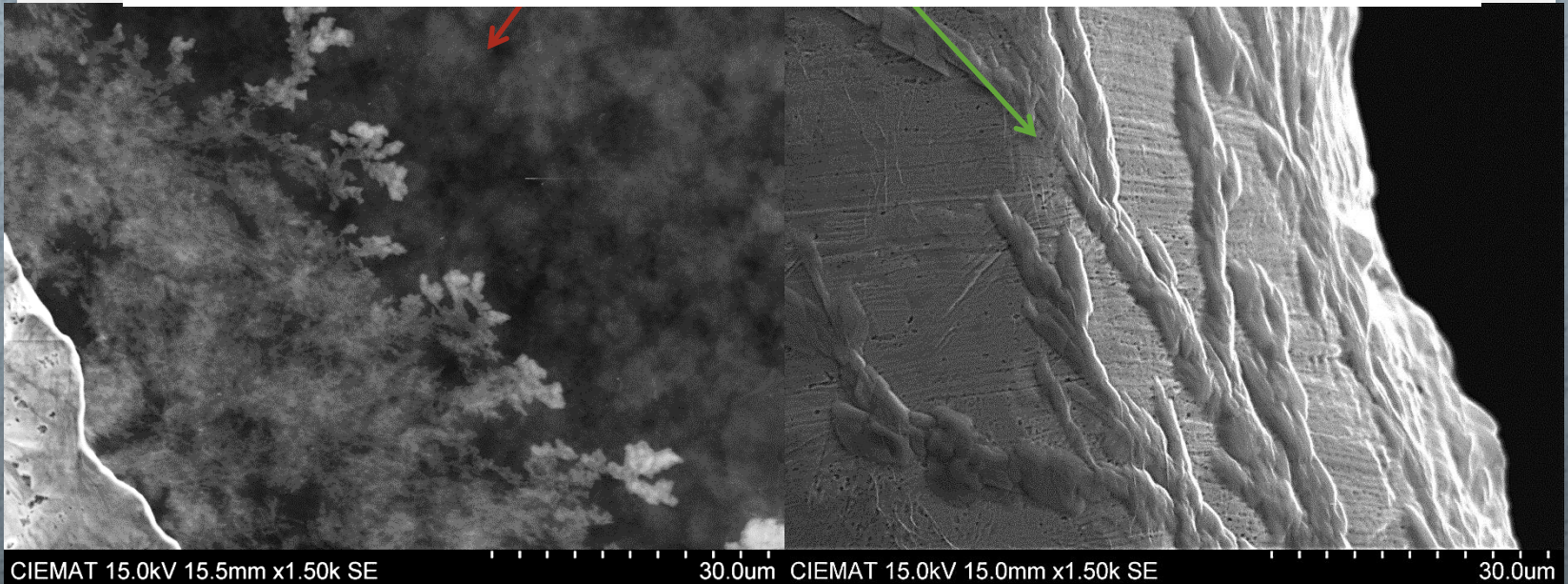
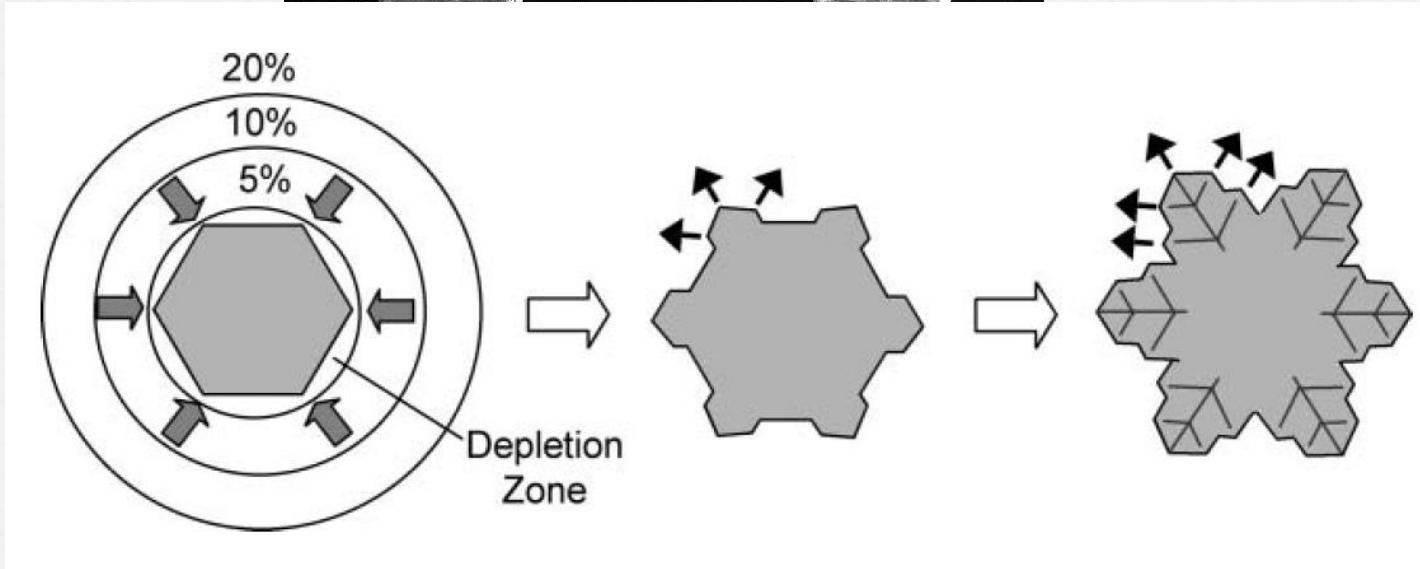
Sin sulfúrico

Con sulfúrico





# Otros efectos de la adición de sulfúrico



# Conclusiones

- ✓ La formación de películas de grafeno se realiza en la superficie de Cu obteniendo homogeneidad en las láminas.
- ✓ La película de grafeno puede recubrir por completo las rejillas, tanto la superficie metálica como las luces, empleando el tiempo necesario para facilitar su formación.
- ✓ La deposición de los óxidos de cobre sobre la rejilla se evita con la adición de ácido sulfúrico en la suspensión de óxido de grafeno, debido a la modificación del pH.
- ✓ Los otros efectos de la adición de sulfúrico son: la formación de oquedades en la superficie de las rejillas y ramificaciones de grafeno. Dichas ramificaciones aparecen principalmente en las zonas de la película que recubren las luces y a tiempos altos en las soportadas.





# Trabajos futuros

Control de los  
parámetros de reacción

Optimización de la  
síntesis

Utilización de otros  
métodos de síntesis

Obtención de láminas  
autosoportadas de GO

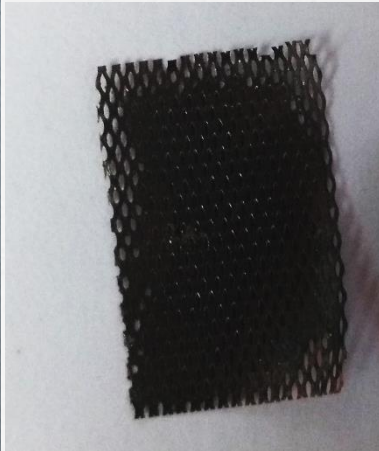
Reducción mediante  
láser de CO<sub>2</sub>

Reducción mediante  
hidracina

Medidas de conductividad

Medidas de hidrofiliicidad

Test de corrosión





**Gracias por  
su atención**