

## 1. Introducción

Los catalizadores a base de Ni son ampliamente utilizados en los procesos de hidrogenación de compuestos aromáticos. La actividad de los catalizadores metálicos está relacionada con el tamaño final del cúmulo metálico. Por esto, en la preparación de catalizadores metálicos normalmente se desea obtener cúmulos metálicos lo más pequeños posible ( $\approx 1$  nm) y, para ello, se debe utilizar un método de preparación adecuado. Uno de los métodos más sencillos de utilizar es la impregnación por volumen de poros (IWI). Utilizando el método IWI se consiguen partículas con tamaños de 10-13 nm considerándose como partículas grandes [1]. Por otro lado, se ha reportado que con el empleo del método de intercambio iónico (IE) se obtienen partículas metálicas de alrededor de 1 nm [1]. En este método los iones metálicos interactúan con el soporte a través de fuerzas electrostáticas. Debido a la presencia de ligantes (H<sub>2</sub>O) en la sal precursora de Ni, surge un problema adicional. En la figura 1 se presentan las isotermas de adsorción experimentales de níquel en mordenita como función de la concentración del níquel en solución (Ni<sub>s</sub>). Como puede observarse, si se utilizan ligantes (H<sub>2</sub>O) la probabilidad de realizar el intercambio es muy limitada, alcanzando una fracción intercambiada (Ni<sub>z</sub>) máxima de  $\sim 0.15$ , independientemente de la concentración de Ni. En cambio, utilizar ligantes (NH<sub>3</sub>) aumenta la capacidad de intercambio de la zeolita hasta valores cercanos al 40% del total de sitios de intercambio.

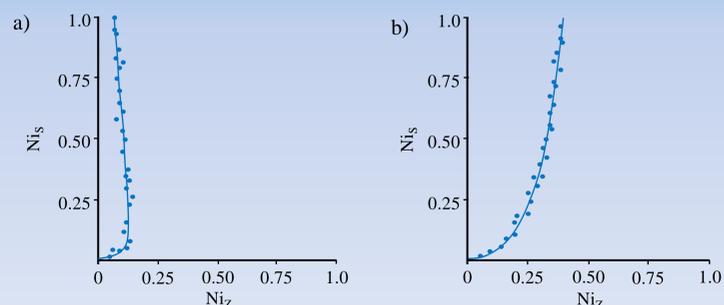


Figura 1. Isotermas experimentales de adsorción de níquel en mordenita. a) Sal Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>\*6H<sub>2</sub>O b) Sal Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>\*6NH<sub>3</sub> [2].

Tomando en consideración la información anterior, en el presente trabajo se busca preparar catalizadores metálicos de Ni (con partículas metálicas de  $\approx 1$  nm de diámetro) y evaluar su desempeño catalítico en la hidrogenación de aromáticos, empleando naftaleno como molécula modelo. Para ello, se propone utilizar el método IE, lo que lleva a sintetizar la sal Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>\*6NH<sub>3</sub> mediante el intercambio de ligantes (H<sub>2</sub>O) por (NH<sub>3</sub>). El soporte empleado para la preparación fue la zeolita HMOR y la carga metálica empleada fue de 2 % en peso. La síntesis de la sal fue seguida por espectroscopía UV-Vis y comprobada por difracción de rayos X de polvo (DRX). El catalizador preparado por el método IE y ligantes amino fue nombrado Ni/HMOR IE. Con el propósito de comparar la actividad catalítica obtenida y observar el efecto de sustitución de ligantes de la sal precursora, se preparó otro catalizador con el método de impregnación a humedad incipiente, Ni/HMOR IWI. Los dos catalizadores fueron caracterizados por fisisorción de N<sub>2</sub> y microscopía electrónica de transmisión (TEM). La reacción de hidrogenación de naftaleno se realizó en un reactor de lecho fijo a 220 °C y 800 psi por 12 h. Los productos de reacción fueron analizados por cromatografía de gases e identificados por espectrometría de masas.

## 2. Desarrollo experimental



Figura 2. Hidrogenación de naftaleno a 220 °C y 800 psig en un reactor PBR

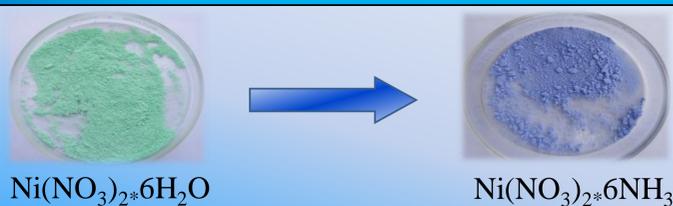


Figura 3. Síntesis de la sal Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>\*6NH<sub>3</sub>

## 3. Discusión de resultados

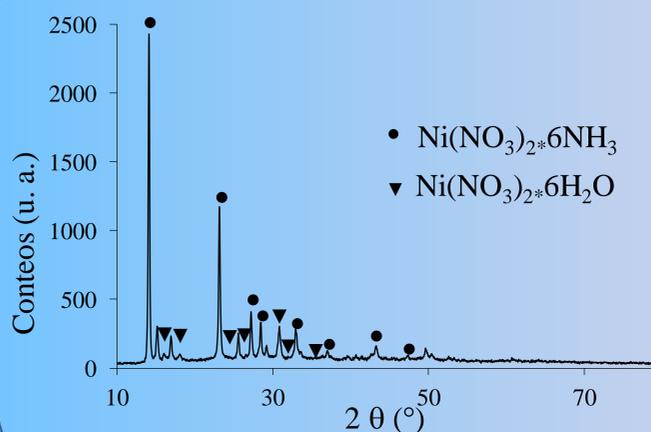


Figura 4. Difracción de rayos X

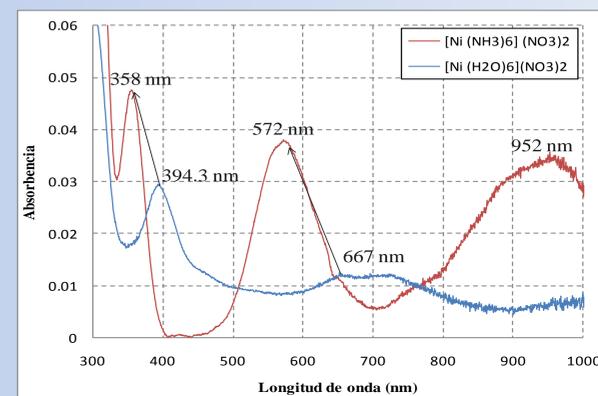


Figura 5. UV-Vis

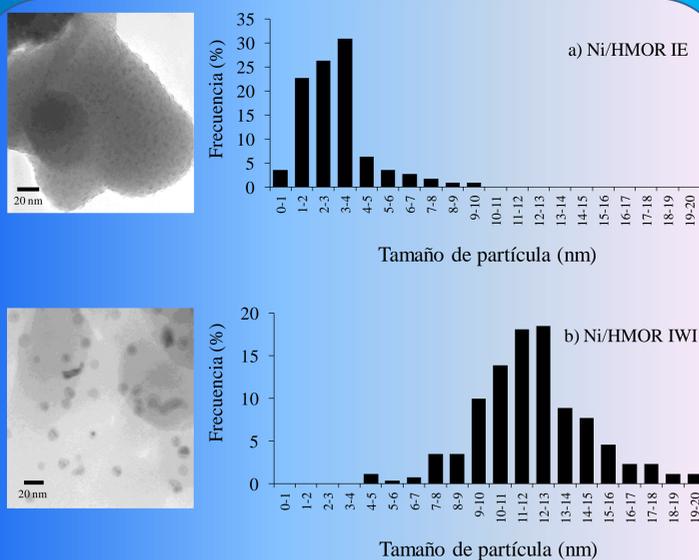


Figura 6. Distribución de tamaño de partícula

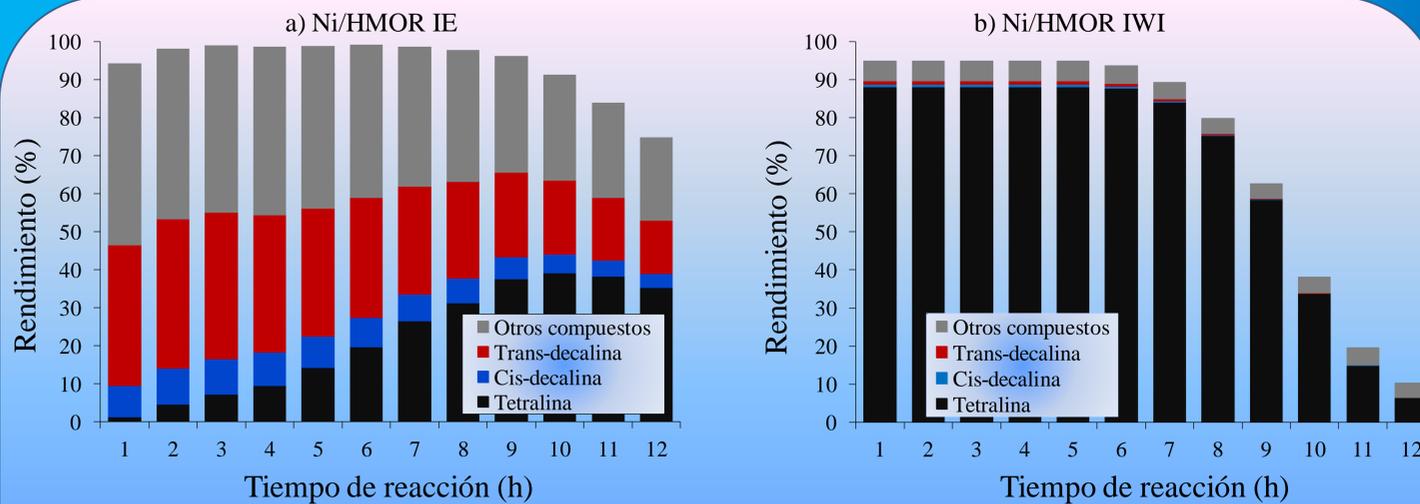


Figura 7. Actividad catalítica: rendimiento de productos

Los productos de la hidrogenación son: tetralina, cis- y trans-decalina y otros compuestos como butil-benceno. La ecuación de rendimiento empleada es definida como los moles de un producto particular *i* generado por mol de reactante clave inicial.

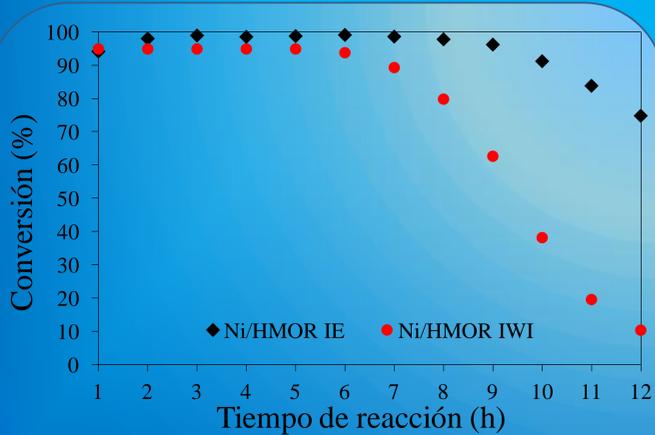


Figura 8. Actividad catalítica: conversión global

## 4. Conclusiones

Se ha demostrado que al cambiar el método de impregnación IWI por intercambio iónico (IE) en la preparación de catalizadores de Ni soportados en HMOR, se obtienen cristales de menor tamaño y una mejor dispersión.

Con las características del catalizador Ni/HMOR IE se observaron las siguientes mejoras:

1. El catalizador mantiene un mayor tiempo de operación.
2. Los sitios son más activos y llevan a una hidrogenación completa.
3. El uso del método IWI involucra un rápido proceso de desactivación y una hidrogenación parcial de naftaleno, donde el producto principal es la tetralina, señal de sitios activos con una baja actividad hidrogenante o un número bajo de sitios activos.

## 5. Referencias

- [1] S. Bhatia, Zeolite catalysis: Principles and applications. 1990, CRC Press.
- [2] J. Weitkamp and L. Puppe, Catalysis and zeolites: fundamentals and applications. 1999. Ed. Springer.

## Agradecimientos

J. G. Téllez-Romero le agradece a CONACyT por el apoyo otorgado a través de la beca con número 202853 y a la Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji (UTTT) por el apoyo otorgado para la participación en CNCIM 2018.