

Efecto de la galia en catalizadores de Pt soportado para la hidrogenación de benceno

Francisco Domínguez, Eduardo Choren*, Jorge Sánchez y Geomar Arteaga

Instituto de Superficies y Catálisis. Facultad de Ingeniería. La Universidad del Zulia. Apartado 15251. Maracaibo 4003A. Venezuela. Telefax: (0261)7598791-8797.

Recibido: 31-05-04 Aceptado: 15-03-05

Resumen

Se prepararon catalizadores de 0,5% de platino soportado en galia/alúmina con distintos contenidos de galia (0, 1, 10 y 100% p/p), con el objeto de estudiar el papel de la galia como soporte del platino en la hidrogenación de benceno. Los catalizadores se prepararon por el método de impregnación a humedad incipiente, utilizando soluciones acuosas de H_2PtCl_6 y $\text{Ga}(\text{NO}_3)_3$ como fuentes de platino y galia. $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ y $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ se utilizaron como soportes. En la caracterización de estos catalizadores se emplearon las técnicas de difracción de rayos X, adsorción de nitrógeno, reducción a temperatura programada (TPR), quimisorción de monóxido de carbono y análisis termogravimétrico. La hidrogenación de benceno se utilizó para medir la actividad catalítica de los catalizadores. El catalizador 0,5%Pt/ Al_2O_3 resultó ser el más activo y el incremento en el contenido de galia disminuyó el área superficial, la dispersión y la actividad. La adición de galia a la alúmina no proveyó la acidez suficiente para generar productos de isomerización, ya que el único producto de reacción resultó ser el ciclohexano.

Palabras clave: Alúmina; benceno; galia; hidrogenación; platino.

Effect of the gallia in Pt-supported catalysts for benzene hydrogenation

Abstract

Catalysts of 0,5 wt% platinum supported on gallia/alumina, containing 0, 1, 10 and 100 wt% of gallia, were prepared to study the role of gallia as a support of platinum in the benzene hydrogenation. Catalyst preparation was carried out by the incipient wetness impregnation method with aqueous solutions of H_2PtCl_6 and $\text{Ga}(\text{NO}_3)_3$ as platinum and gallia precursors. $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ and $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ were used as supports. The catalyst characterization was carried out by: X-ray diffraction, nitrogen adsorption for the determination of the surface area, temperature programmed reduction, carbon monoxide chemisorption and thermal gravimetric analysis. The benzene hydrogenation was used as a test of the catalytic activity. 0.5%Pt/ Al_2O_3 catalyst showed to be the most active. It was also observed that the surface area, the dispersion and the activity decreased when the gallia content was increased. The gallia addition to the alumina did not provide the enough acidity to generate isomerization products, since the only reaction product was cyclohexane.

Key words: Alumina; benzene; gallia; hydrogenation; platinum.

* Autor para la correspondencia. E-mail: echoren@luz.edu.ve, fdominguez@luz.edu.ve

Introducción

La hidrogenación de benceno es de gran interés desde el punto de vista de la industria del petróleo y la protección ambiental. El ciclohexano es el precursor del nylon 6 y nylon 66; el fenol y la ciclohexilamina pueden ser preparados a partir de ciclohexano. Por otra parte, la existencia de cantidades excesivas de aromáticos en el kerosén, gasolina y diesel ocasionan serios problemas de contaminación del aire. La saturación final del anillo bencénico es difícil debido a la estabilización por resonancia del anillo aromático, siendo por esto que esta reacción se convierte en una reacción modelo para estudiar catalizadores de hidrogenación (1, 2).

En los últimos años se han reportado múltiples publicaciones sobre el uso catalítico del galio, especialmente, incorporándolo a zeolitas por impregnación, mezclado físico, cristalización o intercambio iónico. La mayoría de las aplicaciones encontradas para las zeolitas difieren del interés de nuestro estudio porque se ocupan principalmente de la aromatización de parafinas C_1 - C_6 (3-8), craqueo y deshidrogenación de propano (9, 10); además, se ha encontrado que el galio resulta útil en la reducción de óxidos de nitrógeno, bien sea utilizado como óxido soportado en alúmina, o en estructuras de tipo espinel (11-13).

El objetivo de este trabajo fue determinar cómo la galia (óxido de galio) modifica el comportamiento catalítico del platino soportado sobre alúmina en reacciones de hidrogenación. Se prepararon catalizadores con 0,5% de Pt soportados sobre sólidos que poseen distintos contenidos de galia, variando desde alúmina pura hasta galia pura. En la caracterización se emplearon las técnicas de difracción de rayos X para evaluar la cristalinidad de los soportes; la adsorción de nitrógeno para la determinación del área superficial, tamaño y volumen de poros por los métodos de Brunauer, Emmet y Teller (BET), t-plot y Barrett, Joyner y Halenda (BJH); la

reducción a temperatura programada (TPR) para estudiar la reducibilidad de las especies superficiales; la quimisorción de monóxido de carbono para evaluar la dispersión del platino; el análisis térmico gravimétrico para la determinación del contenido de agua y la hidrogenación de benceno como prueba de actividad catalítica.

Parte Experimental

Se utilizaron γ -alúmina (Rhône Poulenc) y β -galia (Aldrich Chem. Co) como soportes, con tamaño de partículas entre 60 y 80 mallas y calcinados a 700°C por 2 h. Los catalizadores fueron preparados mediante el método de impregnación a humedad incipiente, utilizando una solución acuosa de $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$ (Alfa Products 40% Pt). Además, la alúmina se impregnó con $Ga(NO_3)_3 \cdot xH_2O$ (Aldrich 99.9%) para obtener 1 y 10% p/p de Ga_2O_3 , luego se calcinaron 2 h a 700°C y finalmente, se impregnaron con la solución de $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$. La concentración de Pt fue de 0,5% p/p en todos los catalizadores.

Los gases utilizados fueron nitrógeno (Praxair, 99,999%), argón (Praxair, 99,999%), helio (Praxair, 99,999%), mezcla H_2/Ar (Praxair, 5,225% H_2), hidrógeno (Praxair, 99,999%) y producido por un generador de hidrógeno marca Packard 9200 (99,992%) purificado utilizando una columna de tamiz molecular 4A para eliminar trazas de agua, aire comprimido (Praxair 99,999), monóxido de carbono (Matheson > 99,6%). Los reactantes y productos de calibración fueron benceno (MCB Reagents, mínimo 99%, < 1 ppm de tiofeno), ciclohexano (Fisher ChemAlert, > 99%) y metilciclopentano (Fluka AG, Buchs SG \geq 99%GC+Ci-clohexano+hexano).

Difracción de Rayos X. Los difractogramas fueron obtenidos mediante la técnica de polvo empleando un difractómetro Philips PW1310 con radiación Cu-K α ($\lambda=1,5418 \text{ \AA}$), operado a 36 kV, 20 mA a una velocidad de barrido de $2\theta = 2^\circ/\text{min}$.

Análisis Termogravimétrico (TGA).

Se llevó a cabo en una balanza Mettler Toledo, modelo TG 50, equipada con un procesador TC-11. Se usó una masa de muestra de 15 a 30 mg, sometida a un programa de calentamiento entre 35 y 800°C a una velocidad de 20°C/min en flujo de N₂ de 30 cm³/min. Las muestras fueron secadas durante toda la noche a 120°C antes de cada análisis.

Adsorción de N₂. Se utilizó el equipo Micromeritics Gemini 2375 para determinar el área superficial, tamaño de poros y volumen de poros, mediante la aplicación de los métodos BET, *t*-plot y BJH. Se pesó una muestra de 200 mg, se secó por 1,5 h en un flujo de Ar de 20 cm³/min para luego llevar a cabo el análisis.

Reducción a Temperatura Programada. Se pesó una muestra de 100 mg, se secó *in situ* a 120°C por 2 h en flujo de Ar de 30 cm³/min. Se dejó enfriar la muestra hasta temperatura ambiente y se inició el programa de calentamiento a 10°C/min hasta 800°C, en un flujo de 30 cm³/min de una mezcla 5,2% H₂/Ar registrándose la señal en un detector de conductividad térmica (TCD).

Quimisorción de Monóxido de Carbono e Hidrogenación de Benceno. En ambos casos, la muestra se secó *in situ* en

un flujo de Ar de 30 cm³/min a 120°C por 2 h. Después se redujo la muestra en un flujo de H₂ de 30 cm³/min a 400°C por 2 h; enfriándola luego en la misma corriente de H₂ hasta temperatura ambiente. El peso de la muestra fue de 100 mg para la quimisorción de CO y 20 mg para la hidrogenación de benceno. Los pulsos de CO fueron de 1,86 mol y se adsorbieron a temperatura ambiente. La hidrogenación de benceno se efectuó a 150°, 200° y 250°C por 3 h. La relación molar H₂/C₆H₆ fue de 14:1. El análisis de los productos se realizó por cromatografía.

Resultados y Discusión**Difracción de Rayos X**

En la Figura 1 se muestran los patrones de difracción de rayos X para la galia fresca (Figura 1a) y cada una de las muestras calcinadas a 700°C (Figuras 1b-1e). Las señales más importantes se resumen en la Tabla 1 y se comparan con los valores reportados por Roy y col. para la β-Ga₂O₃ (14).

El patrón de difracción de la galia calcinada (Figura 1b) y la Tabla 1 parecen indicar que esta muestra es β-galia. En el caso de la muestra fresca (Figura 1a) se observan los picos principales de la β-galia y la presencia de

Tabla 1
Datos XRD muestras Ga₂O₃ fresca y calcinada

| Ga ₂ O ₃ fresca | | Ga ₂ O ₃ calcinada | | β- Ga ₂ O ₃ | |
|---------------------------------------|------------------|--|------------------|-----------------------------------|------------------|
| d | I/I ₀ | D | I/I ₀ | d | I/I ₀ |
| 4,080 | 73 | 4,656 | 68 | 4,65 | 60 |
| 3,619 | 56 | 2,914 | 99 | 2,967 | 100 |
| 2,938 | 52 | 2,817 | 88 | 2,924 | 100 |
| 2,805 | 54 | 2,667 | 87 | 2,816 | 100 |
| 2,647 | 100 | 2,518 | 100 | 2,673 | 60 |
| 2,538 | 57 | 2,423 | 87 | 2,547 | 100 |
| 2,491 | 80 | 2,343 | 67 | 2,396 | 80 |
| 2,406 | 56 | | | 2,344 | 80 |

otros picos que desaparecen cuando la muestra es sometida al proceso de calcinación.

En el caso de las muestras de alúmina pura y alúmina recubierta con galia al 1 y 10%, calcinadas a 700°C (difractogramas 1c, 1d y 1e respectivamente) no se observan señales agudas, sino más bien líneas anchas, siendo las más importantes las centradas a 37,28 y 45,66° para la alúmina; 37,90 y 45,76° para la de 1% de galia y 36,92 y 46,12° para la de 10% de galia. Estos resultados indican que estas muestras son sólidos con un alto grado de amorfismo y que la galia se encuentra dispersa sobre la alúmina.

Análisis Termogravimétrico (TGA)

En la Figura 2 se muestran las curvas de pérdida de peso (curva integral) de los soportes catalíticos. Se observa claramente que la alúmina (Figura 2a) pierde peso significativamente en forma continua durante el calentamiento, mientras que la galia (Figura 2d) presenta una pérdida de peso notablemente menor. Las alúminas recubiertas con galia presentan entre sí un comportamiento análogo y más parecido al de la alúmina. El aumento en el contenido de galia de 1 y 10% afectó muy poco la pérdida de peso de la alúmina.

A partir de las curvas de pérdida de peso se pueden obtener las derivadas negativas del peso con respecto a la temperatura, de las cuales se puede determinar la pérdida de agua de hidratación que se muestra en la Tabla 2 y que corroboran los resultados anteriores.

Zárraga (15), realizando desorción a temperatura programada gravimétrica a muestras de γ -Al₂O₃, encontró que la mayor pérdida de agua se produce a 130°C y que ésta corresponde aproximadamente al 30% de la masa original. Este valor difiere del encontrado en este trabajo (3,3%) porque fue obtenido sobre muestras sin tratamiento previo de secado, mientras que en nuestro caso, la muestra fue sometida a un calentamiento a 120°C por 12 h eliminándose la mayor cantidad de agua fisisorbida previo al TGA.

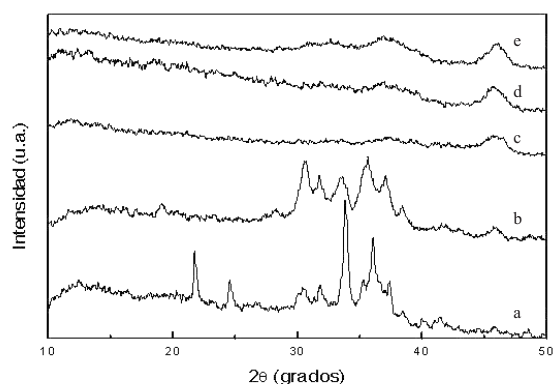


Figura 1. Diagramas de difracción de rayos X para las muestras estudiadas: a)

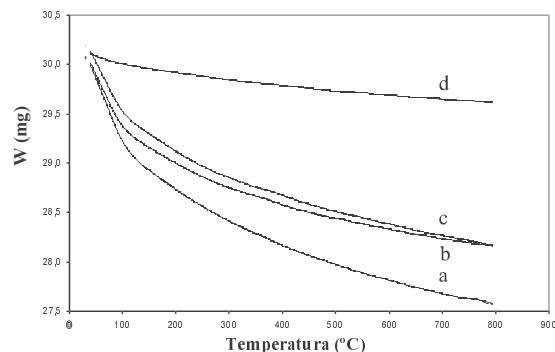


Figura 2. Termogramas de los soportes a) Al₂O₃ b) 10%Ga₂O₃/Al₂O₃ c) 1% Ga₂O₃/Al₂O₃ d) Ga₂O₃.

Tabla 2
Pérdida de agua fisisorbida

| Muestra | % pérdida |
|--|-----------|
| Al ₂ O ₃ | 3,3 |
| 1% Ga ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃ | 2,7 |
| 10% Ga ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃ | 2,6 |
| Ga ₂ O ₃ | 0,4 |

Adsorción de N₂

En la Tabla 3 se muestran los valores obtenidos por los métodos de BET, *t*-plot y BJH.

Tabla 3
Áreas superficiales y volúmenes de poros de los soportes estudiados

| Soporte | S _{BET} (m ² /g) | S _t (m ² /g) | Vol Tot. Poros (cm ³ /g) | Vol Microporos (cm ³ /g) | Radio poro promedio (Å) |
|--|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Al ₂ O ₃ | 184 | 172 | 0,48 | 0,0047 | 43,8 |
| 1% Ga ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃ | 170 | 155 | 0,48 | 0,0062 | 48,5 |
| 10% Ga ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃ | 152 | 140 | 0,42 | 0,0050 | 46,5 |
| Ga ₂ O ₃ | 19 | 13 | 0,05 | 0,0026 | 59,2 |

S_{BET}: Área superficial según BET S_t: Área superficial externa

El valor de área superficial obtenido para la γ -alúmina (184 m²/g) se encuentra en buena concordancia con los reportados por otros investigadores (15, 16). Por otra parte, el valor obtenido para la β -galia (19 m²/g) prácticamente coincide con el reportado por Okimura (16 m²/g) (17), pero no así con el reportado por Olorunyolemi (48 m²/g) (18).

En la Tabla 3 se puede apreciar que la alúmina presenta un área superficial BET, significativamente mayor que la galia. Los resultados obtenidos para la alúmina recubierta con 1 y 10% de galia (170 y 152 m²/g, respectivamente) muestran claramente que el área superficial disminuye con el incremento del contenido de galia, no obstante, no se observa ningún efecto significativo en los volúmenes totales de poros y volúmenes de microporos de los sólidos.

En cuanto al área superficial externa (S_t), los valores obtenidos son 10% menores que los de BET, con excepción de la galia cuya área externa es 30% menor que su área BET. Con respecto a los radios de poro promedio puede decirse que todos los sólidos son mesoporosos, (20 Å < dp < 500 Å) y la contribución de los microporos es mínima como puede corroborarse con los bajos valores de volúmenes de microporos.

Reducción a Temperatura Programada

Los perfiles de TPR de los catalizadores estudiados se muestran en la Figura 3. Para el caso del catalizador Pt/Al₂O₃ (Figura 3a)

se observan dos picos, uno a 231°C y otro a 388°C. En el catalizador Pt/Ga₂O₃ (Figura 3d) aparece un pico de gran intensidad a 176°C y un pico ancho a temperaturas mayores con un máximo a 730°C. En los catalizadores mixtos se observan tres picos en cada uno de ellos. Para el catalizador 0,5%Pt/1%Ga₂O₃/Al₂O₃ (Figura 3b), estos picos se encuentran ubicados a 240°C el más intenso y los otros dos a 412 y 582°C; mientras que para el catalizador 0,5%Pt/10%Ga₂O₃/Al₂O₃ (Figura 3c), se observa la misma tendencia pero los picos tienen menor intensidad y están desplazados a temperaturas mayores: 249, 480 y 607°C, respectivamente.

Según Choren y col. (19) la temperatura de la primera banda y la existencia de la segunda para el caso del catalizador 0,5%Pt/Al₂O₃ (Figura 3a) son efectos del soporte, porque para el complejo puro la reducción ocurre en un solo paso a temperaturas en el rango de 30-90°C. Estos autores señalaron además, basándose en la técnica de UV visible, que el Pt pasa en una sola etapa de Pt⁺⁴ a Pt⁰. Por otra parte, tanto Ren-Yuan y col. (20) como Lietz y col. (21) atribuyeron el segundo pico a la interacción del Pt con el soporte, resultando en especies adsorbidas con mayor fuerza, pero no dieron evidencias de esto.

Colina y col. (22) propusieron una explicación diferente a la ocurrencia de estos picos. Sugirieron que la descomposición del

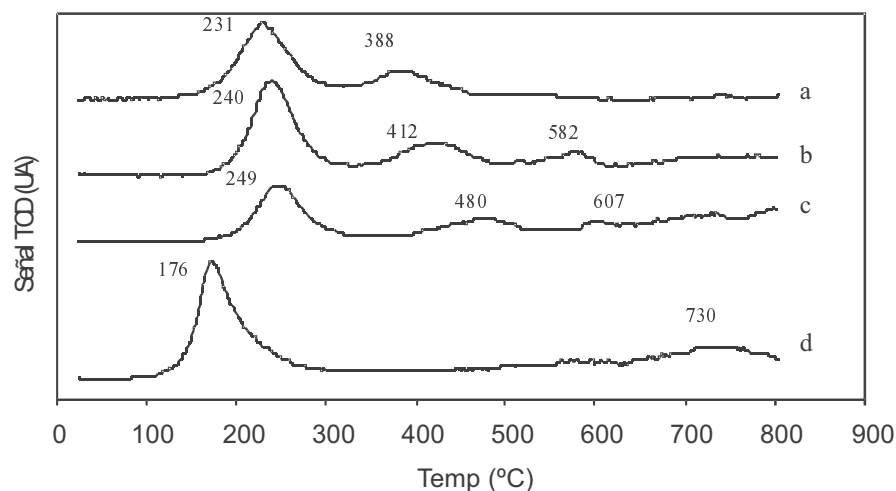


Figura 3. Perfiles de TPR para las muestra de Pt soportadas. a) 0,5% Pt/Al₂O₃. b) 0,5%Pt/1%Ga₂O₃/Al₂O₃. c) 0,5%Pt/10%Ga₂O₃/Al₂O₃. d) 0,5%Pt/Ga₂O₃.

complejo de platino se lleva a cabo en dos etapas; en la primera una gran cantidad del complejo inicial pasa de Pt⁺⁴ a Pt⁰ y una pequeña fracción a Pt⁺² que estaría interactuando fuertemente con la alúmina. La reducción de esta última especie se produciría entonces a temperaturas mayores y explicaría la ocurrencia del segundo pico.

En el caso del catalizador 0,5%Pt/Ga₂O₃ (Figura 3d), el pico de baja temperatura podría corresponder a la reducción de platino que interactúa con el soporte, mientras que el de mayor temperatura a la reducción de la especie [Ga-O]⁺ iónica (23, 24).

El efecto de la adición de galia a la alúmina en los catalizadores (Figuras 3b y 3c) es el de desplazar los dos picos observados en el catalizador 0,5%Pt/Al₂O₃ a temperaturas mayores, disminuyendo su intensidad con el incremento de galia. Jablonski y col. (25) encontraron un comportamiento similar en los catalizadores bimetalicos PtGa/Al₂O₃, sugiriendo que la modificación de la primera zona de reducción podría deberse a la reducción simultánea del platino y una fracción de galio en contacto íntimo, dando lugar a aleaciones PtGa después de la reducción. La segunda zona de reducción la

Tabla 4
Cantidad de CO adsorbido y relación CO/Pt para los catalizadores estudiados

| Catalizador | μmol Co _(ads) | CO/Pt |
|--|--------------------------|-------|
| 0,5 %Pt/Al ₂ O ₃ | 1,256 | 0,490 |
| 0,5 %Pt/1% Ga ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃ | 1,441 | 0,562 |
| 0,5 %Pt/10% Ga ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃ | 0,268 | 0,105 |
| 0,5 %Pt/Ga ₂ O ₃ | 0,165 | 0,064 |

atribuyeron a la reducción de una fracción de galio separada del platino pero catalizada por éste. En nuestro caso, se propone que el primer pico de reducción se debe principalmente a la reducción de las especies de platino en cualquiera de las vías propuestas para el catalizador Pt/Al₂O₃, mientras que el segundo y tercer pico pueden deberse a la reducción de otras especies de platino y de galia respectivamente.

Quimisorción de Monóxido de Carbono

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la quimisorción de CO por el método de pulsos. Se puede observar que los catalizadores que más consumen CO son el de 0,5

%Pt/1% Ga₂O₃/Al₂O₃ y 0,5 %Pt/Al₂O₃ con una diferencia menor del 15%, lo que indica que se encuentran en el mismo orden de magnitud. Como contraparte, los catalizadores 0,5%Pt/10%Ga₂O₃/Al₂O₃ y 0,5 %Pt/Ga₂O₃ presentan un consumo significativamente menor (entre 80 y 90% menos). La galia podría estar promoviendo una mayor dispersión del Pt a bajos contenidos (a 1%) pero a mayores concentraciones (10%), considerando que disminuye el área superficial del sólido resultante, se debe obtener una dispersión menor, tal como ocurre.

Actividad Catalítica

En las Figuras 4 a 7 se muestran los datos de actividad obtenidos mediante la hidrogenación de benceno. El único producto de reacción resultó ser ciclohexano, al igual como lo reportaron Choren y col. (26) y Wang y col. (27) para catalizadores de Pt/Al₂O₃. Estos últimos autores encontraron por espectroscopía infrarrojo de piridina adsorbida que los catalizadores de Pt/Al₂O₃ y Pt sobre la zeolita HAl-MCM-41 no poseían sitios ácidos de Brønsted, mientras que en los catalizadores de Pt soportado en zeolitas USSY que sí poseían sitios ácidos de Brønsted, se produjo metilciclopentano. Rodríguez y col. (28) señalan que la fase β-galia presenta una acidez Brønsted no desprecia-

ble, que debería ser tomada en cuenta cuando se analicen fenómenos catalíticos que involucren especies de galio. Considerando que nuestro único producto de reacción fue el ciclohexano, esto pudiera indicar que el recubrimiento de galia no provee a la alúmina los sitios ácidos de Brønsted necesarios para generar productos de isomerización.

En todos los casos se observó que a cada temperatura la actividad fue disminuyendo con el tiempo hasta alcanzar valores estables. Las conversiones iniciales y finales se resumen en la Tabla 5.

Los resultados de actividad se correlacionan en buena forma con los de dispersión, ya que los catalizadores más dispersos resultaron ser los más activos. Por otra parte, considerando que la reducción de los catalizadores empleados en este estudio fue llevada a cabo a 400°C y que, de acuerdo a los resultados obtenidos de los perfiles de TPR, la reducción de las especies de galio ocurre a temperaturas superiores, no se pudo determinar si estas especies podrían contribuir de alguna forma a mejorar la actividad.

Es de hacer notar que para una temperatura de reacción de 250°C, la curva de actividad cae entre las de 150 y 200°C. Este hecho se pudo haber producido por cualquiera de las tres razones siguientes: cerca-

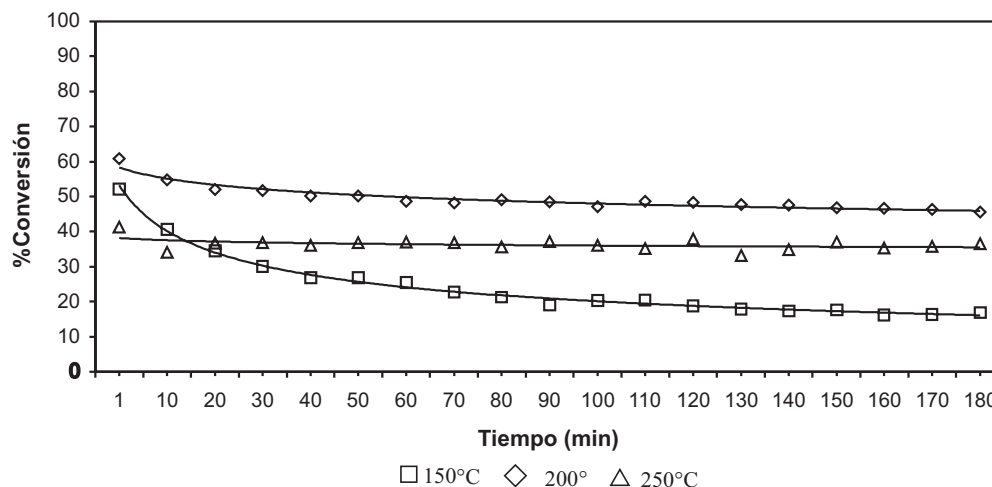


Figura 4. Hidrogenación de benceno sobre el catalizador 0,5% Pt/Al₂O₃.

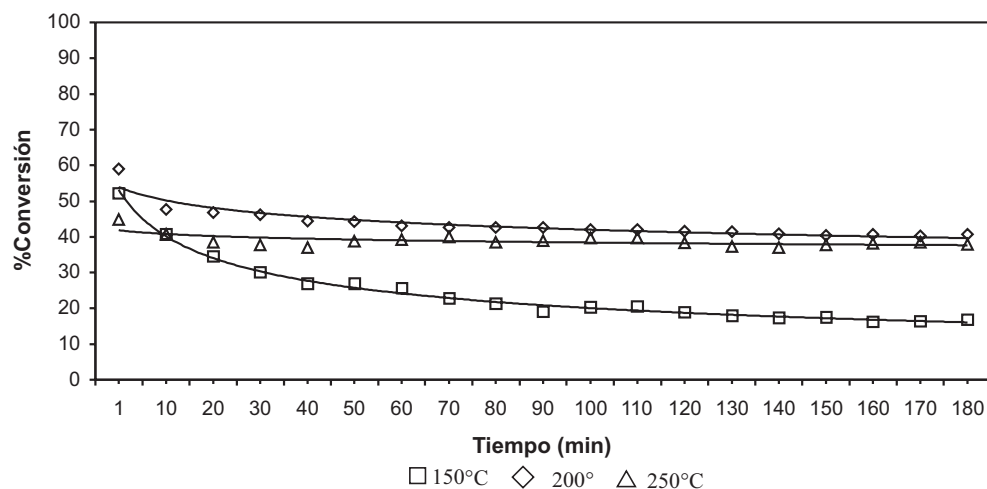


Figura 5. Hidrogenación de benceno sobre el catalizador 0,5% Pt/1%Ga₂O₃/Al₂O₃.

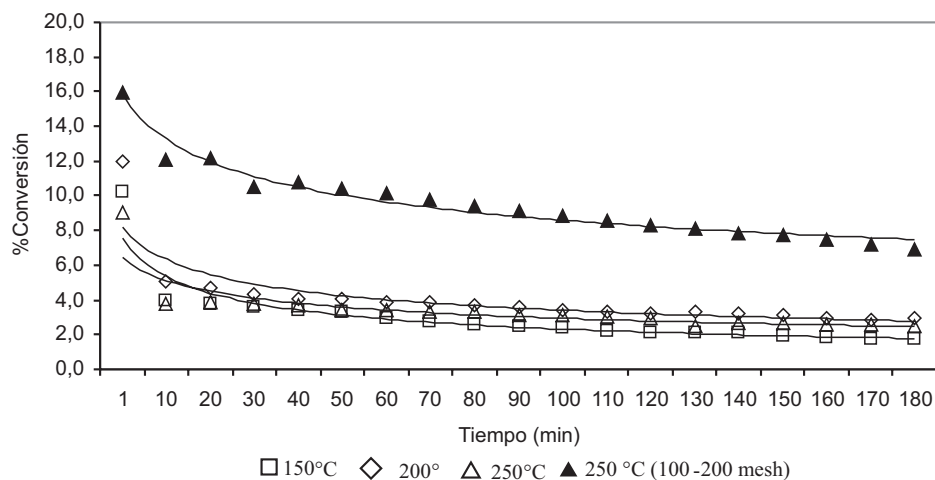


Figura 6. Hidrogenación de benceno sobre el catalizador 0,5% Pt/10%Ga₂O₃/Al₂O₃.

nía a la conversión de equilibrio, deposición significativa de coque al inicio de la reacción o problemas difusionales. Como método para descartar entre estas opciones, se disminuyó el tamaño de partícula al rango correspondiente a 100-200 mallas.

En primer lugar se ensayó este nuevo tamaño de partícula con el catalizador 0,5%Pt/10%Ga₂O₃/Al₂O₃, obteniendo que las curvas de 150°C y 200°C coincidieran satisfactoriamente con las curvas de tamaño de partícula 60-80 mallas, mientras que la de 250°C se ubicó por encima de la de

200°C (Fig 6). Este resultado descarta la posibilidad de limitaciones termodinámicas a 250°C, ya que se logran conversiones mayores a las obtenidas con el tamaño de partícula mayor. No obstante, las otras dos alternativas no pueden descartarse aún para la temperatura mayor (250°C). Tomando esto en consideración, sólo se repitieron las experiencias con el nuevo tamaño de partícula a 250°C para el resto de los catalizadores. De acuerdo con los resultados obtenidos, la disminución del tamaño de partícula hasta 100-200 mallas no eliminó el control difu-

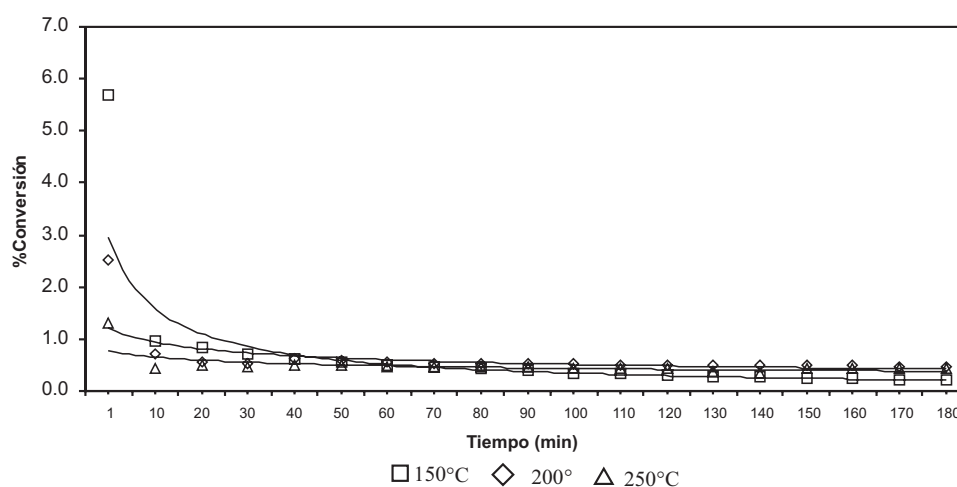
Figura 7. Hidrogenación de benceno sobre el catalizador 0,5% Pt/Ga₂O₃.

Tabla 5
Conversiones iniciales y finales para los catalizadores estudiados

| Catalizador | 150°C | | 200°C | | 250°C | |
|--|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final |
| 0,5 %Pt/Al ₂ O ₃ | 52,2 | 16,8 | 60,8 | 45,6 | 41,3 | 36,6 |
| 0,5 %Pt/1% Ga ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃ | 52,2 | 16,8 | 58,9 | 40,6 | 44,9 | 37,8 |
| 0,5 %Pt/10% Ga ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃ | 10,2 | 1,7 | 11,9 | 2,9 | 9,0 | 2,4 |
| 0,5 %Pt/Ga ₂ O ₃ | 5,7 | 0,2 | 2,5 | 0,5 | 1,3 | 0,4 |

sional en todos los casos; sin embargo, resultaría inadecuado reducir aún más el tamaño de partícula porque esto traería consigo otra serie de efectos difíciles de manejar, como por ejemplo, un incremento significativo en la caída de presión. No se descarta el hecho de que la deposición de coque pueda tener su efecto sobre las conversiones alcanzadas a las temperaturas mayores. Por tal motivo, los datos de actividad obtenidos a menores temperaturas (150-200°C) resultan ser los más útiles, ya que el control difusional y la deposición de coque tienen menos influencia a estas temperaturas.

Conclusiones

A través de difracción de rayos X se pudo determinar que la galia se encuentra dispersa sobre la alúmina y que la galia calcinada corres-

ponde a la fase β . El aumento del contenido de galia en la alúmina disminuye el área superficial, la dispersión y por ende la actividad. El catalizador más activo resultó ser el 0,5%Pt/Al₂O₃, seguido del 0,5%Pt/1%Ga₂O₃/Al₂O₃, 0,5%Pt/10%Ga₂O₃/Al₂O₃ y finalmente 0,5%Pt/Ga₂O₃. La adición de galia a la alúmina no provee la acidez suficiente para generar productos de isomerización. No se pudo determinar el efecto de las especies de galio que se reducen a altas temperaturas sobre la actividad. No fue posible eliminar en todos los casos el control difusional a altas temperaturas (250°C).

Agradecimientos

Al Laboratorio de Rayos X de la Universidad Central de Venezuela y al Laboratorio de Espectroscopia Molecular y Atómica de la Facultad Experimental de Ciencias de La

Universidad del Zulia, por los análisis de difracción de rayos X y área superficial. Al FONACIT por el financiamiento parcial a través del proyecto S1-2002000289 y al CONDES.

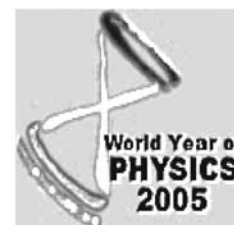
Referencias Bibliográficas

1. QUIAO M., XIE S., DAI W., DENG J. *Catal Lett* 71(3-4): 187-192, 2001.
2. LOULUDI A., PAPAYANNAKOS N. *Appl Catal* 175: 21-31, 1998.
3. CHOUDHARY V., KINAGE A., CHOUDHARY T. *Appl Catal* 162: 239-248, 1997.
4. SCHULZ P., BAERNS M. *Appl Catal* 78: 15-29, 1991.
5. KEIPERT O., WOLF D., SCHULZ P., BAERNS M. *Appl Catal* 131: 347-365, 1995.
6. BAYENSE C., VAN HOOFF J. *Appl Catal* 79: 127-140, 1991.
7. LE VAN MAO R., YAO J. *Appl Catal* 79: 77-87, 1991.
8. CHANG CH., LEE M. *Appl Catal* 123: 7-21, 1995.
9. BANDIERA J., TAARIT Y. *Appl Catal* 76: 199-208, 1991.
10. HART V., BRYANT M., BUTLER L., WU X., DOOLEY K. *Catal Lett* 53: 111-118, 1998.
11. HANEDA M., JOUBERT E., MÉNÉZO J., DUPREZ D., BARBIER J., BION N., DATURI M., SAUSSEY J., LAVALLEY J., HAMADA H. *J Molec Catal* 175: 179-188, 2001.
12. CHEN L., HORIUCHI T., MORI T. *Catal Lett* 60: 237-241, 1999.
13. OKIMURA Y., YOKOI H., OHBAYASHI K., SHIMIZU K., SATSUMA A., HATTORI T. *Catal Lett* 52: 157-161, 1998.
14. ROY R., HILL V., OSBORN F. *J Amer Chem Soc* 74: 719-722, 1952.
15. ZÁRRAGA J. Efecto del contenido de platino en la actividad de los catalizadores platino-
alúmina (Trabajo de ascenso). Universidad del Zulia, Maracaibo (Venezuela), pp. 83, 2001.
16. ARRAEZ M. Estudio comparativo de la hidrogenación de etileno sobre catalizadores de platino soportado en alúmina (Trabajo de grado). Universidad del Zulia, Maracaibo (Venezuela), pp. 95, 1986.
17. OKIMURA Y., YOKOI H., OHBAYASHI K., SHIMIZU K., SATSUMA A., HATTORI T. *Catal Lett* 52: 157-161, 1998.
18. OLORUNYOLEMI T., KYDD R. *Catal Lett* 63: 173-178, 1999.
19. CHOREN E., HOMEZ I., ZARRAGA J., BUIEL M. *Rev Téc Ing Univ Zulia* 22(1): 18-27, 1999.
20. REN-YUAN T., RONG W., LI L. *Appl Catal* 10: 163-172, 1984.
21. LIETZ G., LIESKE H., SPINDLER H., HANKE W., VOLTÈR J. *J Catal* 81: 8-16, 1983.
22. COLINA O., MEDINA A. Efectos de la adición de Li y K sobre la actividad deshidrogenante de catalizadores Pt-Sn/Al₂O₃. (Trabajo de grado). La Universidad del Zulia, Maracaibo (Venezuela), pp 73, 2002.
23. MACHADO F., LÓPEZ C., CAMPOS Y., BOLÍVAR A., YUNES S. *Appl Catal* 226: 241-252, 2002.
24. KWAK B., SACHTLER M. *J Catal* 145:456-463, 1994.
25. JABLONSKI E., CASTRO A., SCELZA O., DE MIGUEL S. *Appl Catal* 183: 189-198, 1999.
26. CHOREN E., EL CHAAR L., HERNÁNDEZ J., ARTEAGA G., ARTEAGA A., SÁNCHEZ J. *J Molec Catal* 72: 85-98, 1992.
27. WANG J., CHEN H., LI Q. *React Kinect Catal Lett* 69(2): 227-284, 2000.
28. RODRÍGUEZ M., OTERO C. *Materials Letters* 57: 2292-2297, 2003.

Celebrando el Año Internacional de la Física en el Centenario del "Año Milagroso" de Einstein, La Sociedad Venezolana de Física y AsoVAC invitan a la Comunidad Académica Nacional e Internacional al:



Universidad del Zulia, Núcleo Punto Fijo,
Edo. Falcón, VENEZUELA
28 de Noviembre-02 de Diciembre, 2005
<http://www.vcsvf.org>



Se recibirán resúmenes hasta el 30/04/2005

Los resúmenes, de una página, deberán enviarse por medio del sitio Web y deben incluir los resultados que serán presentados, el nombre de los autores indicando cual hará la presentación, las afiliaciones, la información de contacto y las direcciones electrónicas. Los detalles sobre hoteles e inscripción en el congreso se podrán encontrar en el sitio Web.

Los trabajos presentados serán publicados en una revista arbitrada

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| • Astronomía y Astrofísica | • Física de Plasmas |
| • Enseñanza de la Física | • Física Teórica |
| • Estadística y Sistemas Dinámicos | • Física de la Materia Condensada |
| • Física del Petróleo | • Óptica |
| • Física Médica | • Sistemas Mesoscópicos |

Comité Organizador

| | | |
|------------------------------|-----------------|---------------|
| Carlos Durante (Coordinador) | José Fermín | Flor Virginia |
| J. J. Rodríguez Núñez | Adel Khoudeir | Pérez |
| Pío Arias | Pablo Martín | Juan Primera |
| Alberto Bellorín | Claudio Mendoza | Eber Orozco |

Comité Organizador Local

Luís E. González P.
Elvis Hernández
Nora Quesada
Rónald Rivas S.
Eder Valdeblanquez