



¡Excelencia académica,
innovación con sentido social!

Desarrollo de proyectos

sustentables y energías renovables

en el sureste mexicano

COORDINADORES

Lenin Martínez Pérez
José Gilberto Torres Torres
Adib Abiu Silahua Pavón



Desarrollo de proyectos sustentables y energías renovables en el sureste mexicano.

Coordinadores, Lenin Martínez Pérez, José Gilberto Torres Torres, Adib Abiu Silahua Pavón. --Primera edición. --

Villahermosa, Centro, Tabasco: Universidad Tecnológica de Tabasco, 2021.

300 páginas:

Incluye referencias bibliográficas (al final de cada capítulo) ISBN DIGITAL: en trámite

Primera edición, 2021

D. R. © Universidad Tecnológica de Tabasco

Carretera, Villahermosa-Teapa

Km. 14.6, Parrilla II, Tab. C.P. 86288

Villahermosa, Centro, Tabasco.

www.uttab.mx

Las opiniones expresadas en el presente libro son de exclusiva responsabilidad de cada uno de los autores que participaron y no necesariamente representan la opinión de la UTTAB. Queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Se autoriza su reproducción parcial siempre y cuando se cite a la fuente.

Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un Comité Científico Interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes Instituciones, así como por el Consejo Editorial instaurado para tal fin. Las denominaciones empleadas y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la UTTAB, juicio alguno sobre la delimitación de fronteras o límites y la mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la UTTAB los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Aunque la UTTAB fomenta la reproducción y difusión parcial o total del material contenido, queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derecho o tarifas.

Coordinadores: Lenin Martínez Pérez, José Gilberto Torres Torres, Adib Abiu Silahua Pavón

Revisión de la edición: Lenin Martínez Pérez, José Gilberto Torres Torres, Adib Abiu Silahua Pavón, Jorge Rebollo Meza, Aida Dinorah García, Álvarez, Rosario del Carmen Suárez Jiménez, Domingo Román Guillén, Laura González González.

Apoyo editorial: Departamento de Diseño e Imagen de la UTTAB.

Responsable de la edición: Universidad Tecnológica de Tabasco. Hecho en Villahermosa, Tabasco, México.

Comité Científico

Estudios y proyectos regionales comunitarios para el desarrollo turístico sostenible en México es una obra colectiva creada por un equipo de profesionales, quienes cuidaron el nivel y la pertinencia de los contenidos, lineamientos y estructuras establecidas por la Editorial Universidad Tecnológica de Tabasco.

Fue dictaminada con arbitraje a doble ciego por un Comité Científico Inter-Institucional México-Australia, integrado por especialistas en el tema.

Su contenido es responsabilidad exclusiva de los autores.

Dictaminador Australia

Dr. Jorge Beltramini

Queensland University of Technology (QUT)

Dictaminadores de México

Dr. Adrián Cervantes Uribe

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

Dr. Juan Carlos Arévalo Pérez

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

Dr. Jorge Rebollo Meza

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

Dra. Rosario del Carmen Suárez Jiménez

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

Dr. Domingo Román Guillén

Universidad Tecnológica de Tabasco (UTTAB).

Dr. Mario Moscosa Santillán

Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).

Dr. Enelio Torres García

Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

The background of the entire page is a large, detailed green leaf with prominent veins. Overlaid on this leaf is a semi-transparent silhouette of a three-bladed wind turbine. The turbine's tower and nacelle are visible, and the blades are positioned as if they are about to catch the wind. The overall aesthetic is clean and modern, emphasizing sustainability and renewable energy.

Desarrollo de proyectos

sustentables y energías renovables

en el sureste mexicano

Lenin Martínez P érez

J orge Rebollo Meza

Rosario del Carmen Suárez J iménez

Prólogo

Este libro consta de 14 capítulos donde se presentan trabajos de investigación realizados por diversos grupos de distintas universidades en el sureste de México en el tema de energía, medio ambiente y desarrollo sostenible de la región. Cada trabajo sigue su propia metodología y ha sido desarrollado por expertos académicos de diferentes instituciones educativas. Los trabajos muestran investigaciones importantes en la materia y aportan datos reales de la situación actual en cuanto al desarrollo de fuentes de energía, medio ambiente y desarrollo sostenible en el sureste mexicano. Las investigaciones desarrolladas son el resultado de proyectos de investigación que los profesores realizan con la ayuda de los estudiantes de diferentes Instituciones de Educación Superior del Sureste de México, el cual tiene enormes potenciales energéticos como son: una gran variedad de ríos, lagos y lagunas que pueden servir para el desarrollo de la energía hidroeléctrica, además que en la mayoría de los días del año se cuenta con días soleados, que se pueden aprovechar como energía limpia a través del desarrollo de paneles solares. Aunado a ello se cuenta con una gran cantidad de desechos agrícolas que se pueden aprovechar como biomasa para la producción de biocombustibles, como los residuos de los cultivos de plátano, caña de azúcar, entre otros cultivos de la región. Además, debido a la pandemia generada por el virus del Sars-Cov-2 han surgido otras necesidades emergentes como son el trabajo en línea y la distribución de productos a la población por lo que nuevas tecnologías han tenido que implementarse y otras adaptarse por lo que el desarrollo de software y aplicaciones novedosas han impactado en la región, lo que viene a abonar al desarrollo sostenible. Cabe resaltar que en el sureste de México existe una gran diversidad de flora y fauna la cual debemos todos juntos preservar representando un reto para los investigadores, las universidades, los entes de gobierno y la sociedad en general para que juntos todos, academia, gobierno y sociedad podamos abonar al desarrollo sostenible del sureste mexicano, lo cual en los años venideros, puede traer progreso a la región, plasmado en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) los cuales buscan el desarrollo de las regiones del mundo no afectando los ecosistemas, respetando las culturas ancestrales, su gastronomía, las tradiciones y el cuidado de la salud y el medio ambiente entre otros.

CAPITULOS

ENERGÍAS RENOVABLES Y DESARROLLO DE NANOMATERIALES

CAPITULO 1. SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN EN CATALIZADORES DE Ni CON PRECURSOR Cl⁻ PARA LA OBTENCIÓN DE GVL.

Juan Fernando Silva López, José Gilberto Torres Torres, Adib Abiu Silahua Pavón.

10

CAPITULO 2. PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES UTILIZANDO MOLÉCULAS DE PLATAFORMA PROVENIENTES DE LA BIOMASA.

Jorge Cortez Elizalde, José Gilberto Torres Torres, Gerardo Enrique Córdova Pérez.

23

CAPITULO 3. EFECTO DEL PH DEL SÍNTESIS DE NANOCATALIZADORES Ni/Al₂O₃-TiO₂-WO_x EN LA HIDROGENACIÓN DE ÁCIDO LEVULINICO A γ -VALEROLACTONA.

Gerardo Enrique Córdova Pérez, José Gilberto Torres Torres, Jorge Cortez Elizalde.

35

CAPITULO 4. CATALIZADORES DE Ni/Al₂O₃-TiO₂-W: SÍNTESIS, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN CATALÍTICA EN LA HIDROGENACIÓN DEL ÁCIDO LEVULÍNICO.

Francisco Antonio Hernández Bravata, José Gilberto Torres Torres, Adib Abiu Silahua Pavón.

49

CAPITULO 5. PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA EN LA ZONA COSTERA DE PARAÍSO, TABASCO MÉXICO.

José del Carmen Hernández de la Cruz, Eduardo Torres Aguilar. **62**

CAPITULO 6. DESEMPEÑO DE CATALIZADORES BIMETÁLICOS MEDIANTE ESPECTROSCOPIA UV VIS.

Eduardo Torres Aguilar, Daniel Gutiérrez Ramos, José del Carmen Hernández de la Cruz. **68**

CAPITULO 7. CATALIZADORES BIMETÁLICOS Pt-Co/TiO₂ PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES A PARTIR DE 5-HIDROXIMETILFURFURAL.

Adib Abiu Silahua Pavón, José Gilberto Torres Torres, Adrian Cervantes Uribe. **74**

EL USO DE LAS TIC PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS SUSTENTABLES Y SISTEMAS ENERGÉTICOS

CAPITULO 8. DESARROLLO DE UNA SALSA PICANTE DE GUAYABA MEXICANA (PSIDIUM GUAJAVA L.).

Franco Lucio Ruiz Santiago, Josafat Alberto Hernández Becerra, Rafael García Jiménez, Quetzally Zamudio Olan. **92**

CAPITULO 9. COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN FRACCIÓN OLEOSA DE FRUTOS DE MUNTINGIA CALABURA L.

Angélica Alejandra Ochoa Flores, Rafael García Jiménez, Josafat Alberto Hernández Becerra. **102**

CAPITULO 10. ANIMACIÓN 2D SOBRE EL ORIGEN DEL UNIVERSO PARA EL OBSERVATORIO DEL PLANETA CASA DE LA TIERRA.

Martha Ofelia Jiménez Velázquez, Ana Aurora Guerrero González, Ricardo Landero Vázquez. **112**

CAPITULO 11. APLICACIÓN MÓVIL GENÉRICA PARA PEDIDO DE PIZZA Y REGISTRO DE CLIENTES. *Cristian Valencia Vinagre, Gladys del Carmen Calao Sánchez, María Reyna Guillermo Guillermo.* **123**

CAPITULO 12. EDUCACIÓN EN LÍNEA Y COVID-19, NUEVO RETO DOCENTE UTTAB 2020.

Gabriel Ramón Hernández, Marcos Andrés Jiménez Moreno, Noemí Monserrato Goñi Vera. **133**

CAPITULO 13. MODELADO GRÁFICO PARA EL DISEÑO DE POZOS PETROLEROS VERTICALES.

Marcos Andrés Jiménez Moreno, Marlen Marín Solís, Aureo Rivera Córdova. **143**

CAPITULO 14. ELABORACIÓN DE ECOBLOCKS CON CENIZAS DE BIOMASA RESIDUAL LOCAL

Anahí Arreaga Cancino, Oswaldo Arturo García Ledesma, Zaritma Yamilet Montejo García **153**



Energías renovables y desarrollo de nanomateriales

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN EN CATALIZADORES DE Ni CON PRECURSOR CI PARA LA OBTENCIÓN DE GVL

Juan Fernando Silva López, José Gilberto Torres Torres,
Adib Abiu Silahua Pavón.

I. RESUMEN

Los catalizadores Ni/ATW se desarrollaron mediante la impregnación por suspensión para la hidrogenación del ácido levulínico (AL), gama-valerolactona (GVL). Los materiales sintetizados se caracterizaron mediante el uso de difracción de rayos X (DRX), microscopio electrónico de barrido (MEB), espectroscopia infrarroja y fisisorción de nitrógeno. El análisis por DRX mostró la presencia de estructuras cristalinas en fase anatasa correspondiente a TiO_2 con picos característicos de níquel metálico y una alta dispersión de las especies observadas por MEB. El catalizador Ni/ATW1 con una carga de Ni al 10% en peso y W de 1% en peso mostró el mejor rendimiento en la hidrogenación con presencia de H_2 a 3MPa con una temperatura de reacción de 170 °C: la conversión fue del 97.5% y el rendimiento de GVL fue de 41.6%.

Palabras Clave: Ácido levulínico, Gama-Valerolactona, hidrogenación, catalizadores de Ni.

II. INTRODUCCIÓN

Actualmente se están explorando diversas materias primas de biomasa y muchas rutas de conversión catalítica, que involucran numerosos derivados en la producción de productos químicos renovables y biocombustibles [1]. Sin embargo, ha surgido un pequeño número de compuestos con el potencial de desempeñar un papel fundamental como bloques de construcción de biorrefinería primaria, las llamadas moléculas de plataforma renovable [2]. El ácido levulínico (AL) es uno de los 12 compuestos de plataforma más valiosos identificados, es un puente para la conversión de biomasa en biocombustibles y productos químicos de alto valor agregado, ya que se produce fácil y económicamente a partir de los

carbohidratos en la biomasa lignocelulósica [3]. Muchas de las rutas de reacción del AL involucran a la γ -valerolactona (GVL), una molécula de plataforma versátil por derecho propio, como biocombustible, lo que hace que la hidrogenación de AL a GVL sea una reacción de inmensa importancia [4].

Se ha informado de muchos catalizadores heterogéneos basados en óxidos metálicos como TiO_2 , Al_2O_3 , MnO_2 , ZrO_2 y CeO_2 en metales base como Fe, Cu, Co y Ni han recibido mucha atención para uso práctico de la obtención de GVL a partir de ácido levulínico, mediante la hidrogenación catalítica al ácido hidroxivalérico intermedio (HVA) inestable, seguido de cierre del anillo y deshidratación a GVL [5]–[7], así como después de la deshidratación de AL a los ésteres correspondientes y concluir con las etapas de reducción [8].

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Sintetizar, caracterizar y aplicar los catalizadores monometálicos de Ni/ATW en la evaluación catalítica de GVL a partir de la hidrogenación del ácido levulínico.

Objetivos específicos

- Conocer las propiedades fisicoquímicas de los catalizadores Ni mediante las caracterizaciones: Areas BET de N_2 , DRX, MEB-EDS, FT-IR.
- Evaluar los catalizadores en la producción de biocombustibles (GVL) en condiciones suaves de reacción.

IV. MATERIALES Y METODOS

Los reactivos empleados en este estudio fueron de grado reactivo y se utilizaron sin purificación adicional. $\text{Al}[\text{OCH}(\text{CH}_3)\text{C}_2\text{H}_5]_3$ (Sigma-Aldrich 97%), $\text{Ti}(\text{O}i\text{Bu})_4$ (Sigma-Aldrich 97%), $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (Sigma-Aldrich 99.99%), 1-butanol (Sigma-Aldrich 99.8%), 2-butanol (Sigma-Aldrich 99%), CH_3COOH (Sigma-Aldrich 99.7%).

Los catalizadores se sintetizaron en dos etapas: 1) síntesis del soporte mixto y 2) la impregnación metálica de Ni por suspensión.

1) El soporte mixto Al_2O_3 - TiO_2 - W_x (ATW) se sintetizó por el método sol-gel en pH ácido 3 con CH_3COOH mezclando los alcóxidos y alcoholes correspondientes para cada

especie metálica presente, variando la concentración de tungsteno en 1, 3 y 5% (ATW1, ATW3, ATW5) respectivamente por goteo lento para mantener la hidrólisis controlada, el sistema permaneció en una agitación constante a 70 °C durante 12 h, se realizó un proceso de secado con rotavapor y posteriormente un tratamiento térmico a 500 °C.

2) Los catalizadores de Ni/ATW que contienen 10 % en peso de Ni se sintetizaron por el método de impregnación por suspensión. De acuerdo con este procedimiento, se colocó el soporte en la base del reactor con flujo de H₂, se agregó la sal precursora NiC₁₂ 6H₂O (Meyer 98.4 %) previamente disuelta en la cantidad necesaria para obtener el porcentaje deseado (10% p/p), manteniendo las fases en contacto durante 12 h en una atmósfera inerte de N₂ a 80 °C y finalmente la activación del catalizador a 450 °C en H₂.

Caracterizaciones

Los patrones de difracción de rayos X se obtuvieron en una unidad BRUKER D-8 con una radiación de Cu K α (1.54059 Å) operada a 40 kV, 30 mA y un valor de 2 θ de 20 a 80, con una velocidad de escaneo de 10° min⁻¹. Se determinaron estudios de fisisorción de N₂ utilizando un analizador MICROMERITICS TRISTAR 3020 II a 77 K (-196 °C) empleando el método BET para el área específica de las superficies. La distribución de poros y los volúmenes acumulados de poros se obtuvieron mediante el método de Barrett-Joyner-Halenda (BJH) a partir de las ramas de desorción de las isothermas. Las muestras para la obtención de los espectros FT-IR de los catalizadores, fueron adsorbidas en KBr (Sigma Aldrich grado FTIR) a 5 % p/p para la obtención de las pastillas y analizadas en un espectrómetro Shimadzu IRAffinity-1 en un rango de 400-4500 cm⁻¹, a una resolución espectral de 2 cm⁻¹ y 20 barridos. Las micrografías fueron obtenidas por un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6010LA a 20 kV de aceleración en condiciones de alto vacío a 150X y 5000X, con un detector de energía dispersiva (EDS) acoplado al MEB para el análisis semicuantitativo y distribución de elementos presentes en la superficie de las muestras.

Evaluación catalítica

Todos los experimentos se realizaron en un reactor de acero inoxidable con capacidad de 50 ml con camisa eléctrica de calentamiento y agitación magnética. Las reacciones se cargaron con 30 ml de solución acuosa de AL a 10 000 ppm y 0.1 g de catalizador en

atmosfera de H_2 , el reactor de calentó a $170\text{ }^\circ\text{C}$ con una presión de 3 MPa y 1000 rpm. Se realizó el análisis de los componentes por un cromatógrafo de gases Shimadzu GC-2010 Plus equipado con una columna capilar HP-5 Agilent 19091J-413 con un detector de ionización de llama (FID).

V. RESULTADOS

Los resultados del análisis FT-IR para la determinación de grupos funcionales de superficie se presentan en la Figura 1. Según los espectros IR obtenidos, los picos a $400\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ se atribuyen a los óxidos metálicos (M-O, Ti-O, Al-O y M-O-Al, M = Ni, W)[9]. Los espectros muestran picos de absorción infrarroja a $400\text{--}870\text{ cm}^{-1}$, 1425 cm^{-1} , 1600 cm^{-1} , 3400 cm^{-1} y 3750 cm^{-1} , que se asignan a las vibraciones de flexión de Ti-O-Ti, Ti-O-Al, vibraciones de estiramiento de Al y W con OH, estiramientos asimétricos, vibraciones de deformación de moléculas de agua adsorbidas y vibraciones de OH en la superficie respectivamente [10]. Además, se observó pequeñas señales de absorción cercanas a 3750 cm^{-1} que de acuerdo con Amin et al.[11] pueden corresponder a señales de vibración cuando se incorporan Ni° o NO.

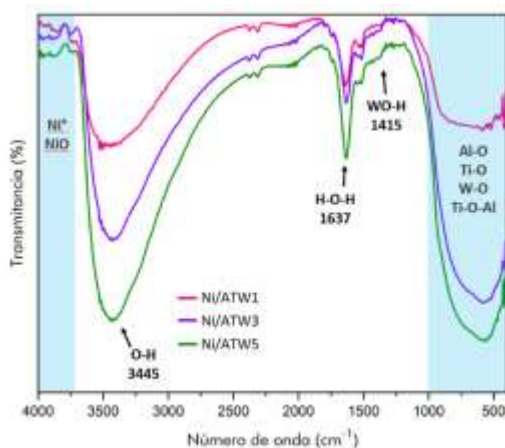


Figura 1. Espectros FT-IR de los catalizadores monometálicos de Ni.

Para identificar cambios estructurales, se realizaron análisis de difracción de rayos X en las muestras reducidas mostradas en la Figura 2. Los picos de difracción se pueden ver en valores de 2θ de 44.5° , 51.8° y 76.4° , que se asignaron a los planos (111), (200) y (220) respectivamente, de la fase cúbica de Ni metálico (tarjeta JCPDS # 87-0712) [11], en todos

los casos se muestran picos de difracción con alta intensidad y bien definidos. Además, se hace evidente la formación cristalina anatasa con el pico característico a 25.2° . En trabajos previos realizados por Córdova et al. [12] la matriz ATW se comporta de manera amorfa debido a las interacciones Al-Ti-W durante la síntesis, pero al incorporar las partículas de Ni durante la síntesis por suspensión el soporte sufre una reestructuración promoviendo el crecimiento de los cristales TiO_2 . Además, debido al uso de NiCl_2 como precursor, los Cl^- residuales durante la síntesis pueden agregarse a la superficie del material manteniendo interacciones directas con el Ti^{4+} , provocando la migración las especies de titanio y así, facilitar la estructura cristalina anatasa [13]. Todos los materiales presentan estructura, como se puede apreciar en la Tabla 1, el tamaño de cristal del TiO_2 y del Ni^0 va en aumento conforme el W se encuentra en mayor concentración.

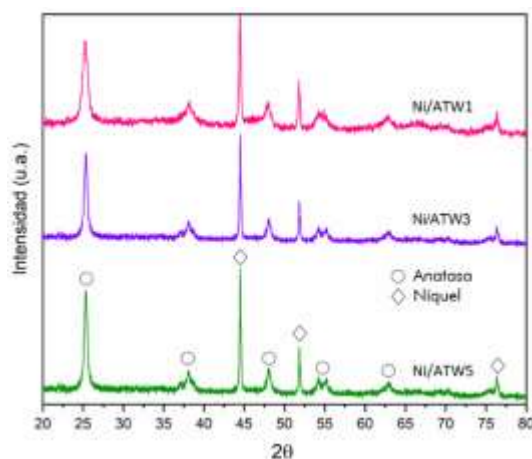


Figura 2. Patrones de difracción para los catalizadores monometálicos de Ni reducidos a 450°C .

Tabla 1. Características Cristalográficas

Catalizador	Fase cristalina	D Ni (nm)	D TiO ₂ (nm)
Ni/ATW1	Ni/Anatasa	40.95	11.2
Ni/ATW3	Ni/Anatasa	42.50	13.5
Ni/ATW5	Ni/Anatasa	44.96	14.1

Las propiedades de textura del ATW citadas anteriormente [12], se modificaron ligeramente cuando se incorporó las partículas de Ni. La Figura 3 muestra las curvas de isoterma de adsorción y desorción de N₂ para los catalizadores Ni/ATW preparadas en condiciones de pH de 3. A partir de los datos de las curvas de isotermas, se determinó el área superficial específica de los óxidos aplicando el método BET y se estimaron los volúmenes de poros a partir de la cantidad de N₂ adsorbido, véase la Tabla 2.

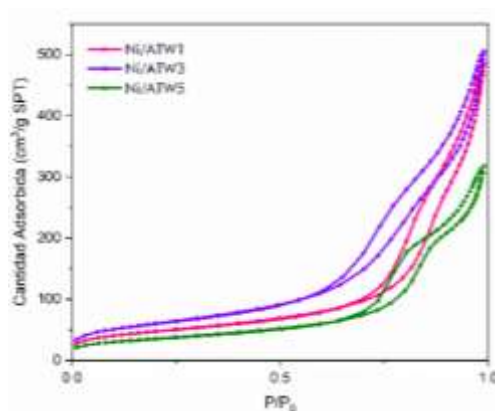


Figura 3. Isotermas de adsorción-desorción de los catalizadores Ni.

Se puede observar que para todos los materiales el comportamiento de las isotermas correspondiente a las de tipo IV; típico de materiales sólidos mesoporosos según la clasificación Brunauer, que se caracterizan por presentar interacciones débiles entre el adsorbente y el adsorbato. Además, la histéresis se identifica en tipo H3; donde se presenta un efecto de cavitación, se obtienen aglomerados de poros en forma de placa paralelas [14].

Tabla 2. Propiedades texturales de los catalizadores monometálicos Ni

Catalizador	S_{BET} (m ² /g)	D_{poro} (nm)	V_{poro} (cm ³ /g)
Ni/ATW1	170.48	12	1.55
Ni/ATW3	217.46	8.79	1.46
Ni/ATW5	127.44	9.23	1.41

El volumen de los poros disminuye conforme el porcentaje de W aumenta, debido a que el Níquel se deposita sobre la superficie del catalizador disminuyendo el volumen total. Las áreas superficiales de los catalizadores monometálicos son más bajas comparadas con la matriz (ATW) debido a la impregnación del Ni, lo que provoca el bloqueo de algunos poros de diámetro menor y por lo tanto desplaza las curvas de diámetro de poro (Figura 4) a tamaños superiores y provoca una reducción en el área superficial.

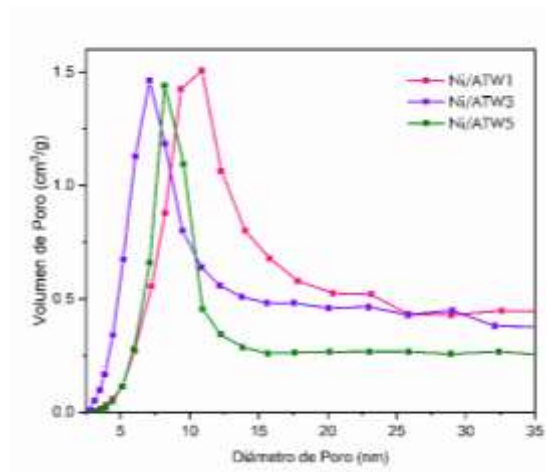


Figura 4. Curvas de distribución del tamaño de poro de los catalizadores monometálicos Ni.

Los diámetros se ubicaron en el rango de tamaño de 9-12 nm y, por lo tanto, se clasifican como mesoporosos de acuerdo con la definición de IUPAC. Se muestra una distribución de poro estrecha y unimodal para los materiales mesoporosos Ni/ATW5 y Ni/TW3 en 9.23 nm y 8.79 nm respectivamente. Por el contrario, la muestra Ni/ATW1 presenta una distribución de poro bimodal con un pico más amplio y un rango de cavidades porosas que abarca de 5 a 23 nm.

El análisis realizado por MEB se muestran en la Figura 5, se identificaron las mismas tendencias morfológicas entre los materiales; de ligeras formaciones a esferas irregulares con aglomeraciones. Lo cual, al tener incorporado el Al dentro de la estructura de los polvos,

estos pierden el orden estructural y tienen a la aglomeración. Los soportes mixtos presentan una morfología específica y diferente en comparación con los monocomponentes Al_2O_3 y TiO_2 [15]. Además, gracias al detector de electrones retrodispersados que nos ofrece una sensibilidad de señales de acuerdo con el número atómico de los elementos presentes, fue posible la identificación y distribución de las partículas de níquel en la superficie de los catalizadores. Se empleó la concentración de 10 % en peso de Ni para los catalizadores monometálicos, con la finalidad de lograr una distribución uniforme y tamaños de partículas promedio a 50 nm [16].

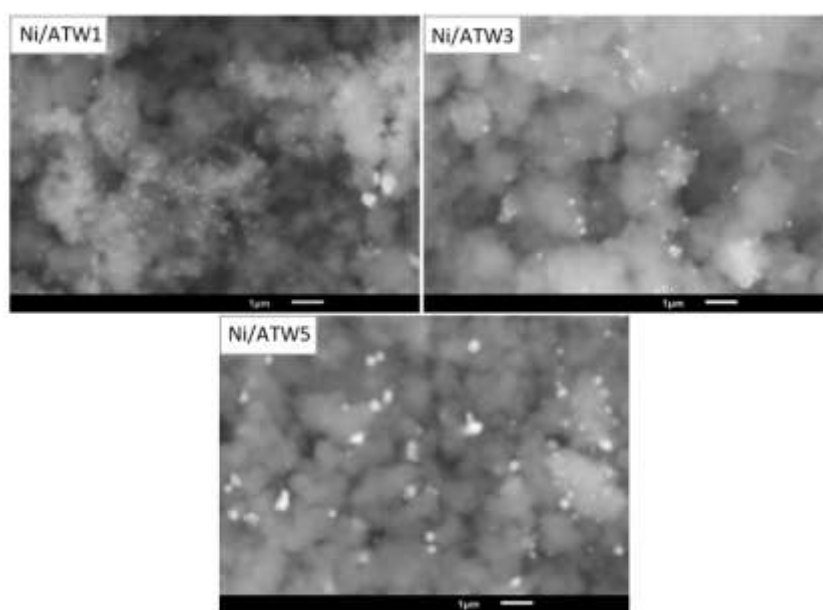


Figura 5. Micrografías MEB para los catalizadores Ni.

En la Figura 6 se muestra la composición elemental individual de los catalizadores de Ni sintetizados. La impregnación de la carga metálica de Ni, mostró una buena dispersión en general para todos los catalizadores, excepto para la muestra Ni/ATW5 que presento áreas ricas en Ni que coinciden con lo mostrado en las micrografías de alta resolución, véase la Figura 5. La presencia de Ni en la superficie del material mostrada por EDS, concuerda con lo observado en difracción de rayos-X para todas las muestras sintetizadas. La distribución se mantiene uniforme para los elementos restantes a pesar de haber adquirido una estructura cristalina (anatasa) como parte de la incorporación del Ni.

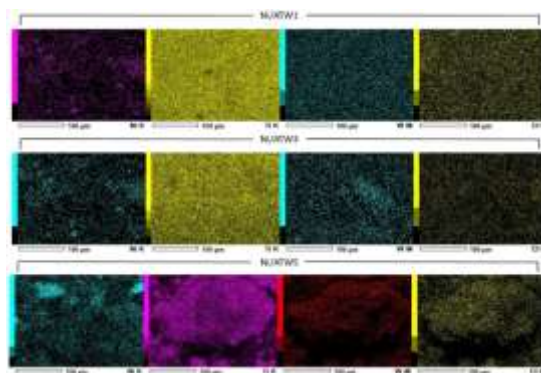


Figura 6. EDS para los materiales Ni.

Por otra parte, como resultado de emplear NiCl_2 como sal precursora, el análisis MEB-EDS mostró la presencia residual de cloruros depositados en la superficie, véase la Figura 6

Tabla 3. Análisis EDS de los catalizadores

Elemento	Ni/ATW1	Ni/ATW3	Ni/ATW5
Ni	11.26	9.48	10.91
O	38.79	41.71	38.26
Al	23.58	23.75	19.84
Ti	23.87	20.71	24.76
W	1.29	2.84	4.78
Cl*	1.22	1.51	1.41
Total	100	100	100

*Cloro de la sal precursora de Ni

En la Tabla 3. Se presenta la información analítica cualitativa y cuantitativa de los elementos por EDS. Se identifica proporciones importantes de Cl mayores al 1%, con excepción de la muestra Ni/TW5 que cuenta con la menor cantidad de este. Las cargas metálicas de Ni tienen una variación de $\pm 2\%$, que garantiza la cantidad necesaria y deseada para las pruebas catalíticas. Además, el contenido y la dispersión de W no se vio afectado durante la restructuración del material y siguió con valores similares al teórico.

La reacción de hidrogenación se estudió en presencia de los diferentes catalizadores sólidos y se evaluó el comportamiento catalítico de los materiales en términos de conversión del ácido levulínico de partida y en términos de formación de \square -g-valerolactona.

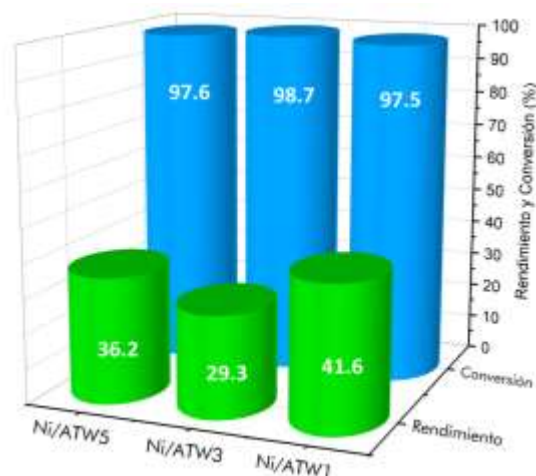


Figura 7. Evaluación catalítica de los catalizadores Ni/ATW para la hidrogenación de AL a GVL en 24 h.

Las reacciones se llevaron a cabo empleando MeOH como disolvente en una atmósfera controlada de H_2 a 3MPa. El catalizador Ni/ATW1 proporcionó los mejores resultados en cuanto a rendimiento para GVL con 41.6% y una conversión óptima del AL de un 97.5% a las 24 h de reacción. De acuerdo con los valores promedio de diámetro de poro, Ni/ATW1 posee el poro más grande y Ni/ATW3 el diámetro de menor tamaño con el rendimiento más bajo en la reacción. Por lo tanto, existe una correlación directa con la distribución y dimensiones de poro, la cual permite mantener el mayor contacto entre las especies para favorecer la hidrogenación del AL. Por otro lado, la conversión del AL es mayor a 97% con subproductos no identificados al momento.

VI. CONCLUSIONES

Se han estudiado catalizadores de Ni soportados en óxidos mixtos con diferentes concentraciones de W para la hidrogenación de AL a GVL. El catalizador con mejor desempeño durante la hidrogenación fue el Ni/ATW1 que contiene el diámetro de poro más grande (12 nm) y con menor concentración de W.

La sal precursora para las partículas de Ni contribuyeron a la estabilización del soporte promoviendo la formación de cristales de anatasa y níquel en la superficie altamente dispersos en los materiales sintetizados como se muestra en DRX y MEB-EDS. La carga utilizada de Ni (10% p/p) en los catalizadores brinda muy buenas conversiones de AL.

VII. PROPUESTAS

La incorporación de un segundo metal de naturaleza noble como el Au, lograría tener un efecto sinérgico entre las partículas y lograr tener un rendimiento óptimo para la obtención de GVL. Además, se puede tomar en cuenta la cantidad incorporada de Ni, proponiendo el aumento a un porcentaje mayor (15%) para obtener mayores áreas de contacto metálicas con las especies a hidrogenar.

VIII. REFERENCIAS

Amin, Mohamad Hassan. 2020. “*Relationship Between the Pore Structure of Mesoporous Silica Supports and the Activity of Nickel Nanocatalysts in the CO₂ Reforming of Methane*”. *Catalysts* 10(1):51. doi: 10.3390/catal10010051.

C, Luke Williams, Tyler L. Westover, Rachel M. Emerson, Jaya Shankar Tumuluru, y Chenlin Li. 2016. “*Sources of Biomass Feedstock Variability and the Potential Impact on Biofuels Production*”. *BioEnergy Research* 9(1):1–14. doi: 10.1007/s12155-015-9694-y.

Córdova-Pérez, Gerardo E., Gilberto Torres-Torres, Filiberto Ortíz-Chi, Srinivas Godavarthi, Adib A. Silahua-Pavón, Armando Izquierdo-Colorado, Patrick Da Costa, Norberto Hernández-Como, Miguel Aleman, y Claudia G. Espinosa-González. 2018. “*Effect of Acid-Basic Sites Ratio on the Catalytic Activity to Obtain 5-HMF from Glucose Using Al₂O₃-TiO₂-W Catalysts*”. *ChemistrySelect* 3(45):12854–64. doi: 10.1002/slct.201802607.

Cychosz, Katie A., Rémy Guillet-Nicolas, Javier García-Martínez, y Matthias Thommes. 2017. “*Recent Advances in the Textural Characterization of Hierarchically Structured Nanoporous Materials*”. *Chemical Society Reviews* 46(2):389–414. doi: 10.1039/C6CS00391E.

Dascalescu, Tiberiu, Ligia Todan, Adriana Rusu, Silviu Preda, Cristian Andronescu, Daniela Culita, Cornel Munteanu, y Maria Zaharescu. 2014. “*Nanosized Al₂O₃-TiO₂ oxide powder with enhanced porosity obtained by sol-gel method*”. *Revue Roumaine de Chimie* 59:125–34.

Eshghi, Javad, Mohammad Haghghi, y Seyed Mehdi Sajjadi. 2019. “*Sol-Gel Synthesis of Co-W Promoted NiAl₂O₄ Spinel Nanocatalyst Used in Combined Reforming of Methane:*

Influence of Tungsten Content on Catalytic Activity and Stability". *Ceramics International* 45(4):4596–4608. doi: 10.1016/j.ceramint.2018.11.147.

Ftouni, Jamal, Ara Muñoz-Murillo, Andrey Goryachev, Jan P. Hofmann, Emiel J. M. Hensen, Li Lu, Christopher J. Kiely, Pieter C. A. Bruijninx, y Bert M. Weckhuysen. 2016. "ZrO₂ Is Preferred over TiO₂ as Support for the Ru-Catalyzed Hydrogenation of Levulinic Acid to γ -Valerolactone". *ACS Catalysis* 6(8):5462–72. doi: 10.1021/acscatal.6b00730.

Han, Xuewang, Yong Guo, Xiaohui Liu, y Qineng Xia. 2018. "Catalytic conversion of lignocellulosic biomass into hydrocarbons: A mini review". *Catalysis Today*. doi: 10.1016/j.cattod.2018.05.013.

Han, Yiwen, Lei Ye, Xiaochao Gu, Puli Zhu, y Xuebin Lu. 2019. "Lignin-Based Solid Acid Catalyst for the Conversion of Cellulose to Levulinic Acid Using γ -Valerolactone as Solvent". *Industrial Crops and Products* 127:88–93. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.10.058.

Mehmood, Faisal, Javed Iqbal, M. Ismail, y Arshad Mehmood. 2018. "Ni Doped WO₃ Nanoplates: An Excellent Photocatalyst and Novel Nanomaterial for Enhanced Anticancer Activities". *Journal of Alloys and Compounds* 746:729–38. doi: 10.1016/j.jallcom.2018.01.409.

Ng, Eng-Poh, Soon-Pin Law, Rino R. Mukti, y Farook Adam. 2014. "Metal Chlorides Supported on Chiral Mesoporous Silica (MCl_x/CMS) as Highly Active Lewis Acid Catalyst for the Selective Hydroamination of Cyclohexene". *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 45(4):1435–42. doi: 10.1016/j.jtice.2013.12.011.

Putro, Jindrayani, Alfin Kurniawan, Felycia Soetaredjo, Shi-Yow Lin, Y. H. Ju, y Suryadi Ismadji. 2015. "Production of gamma-valerolactone from sugarcane bagasse over TiO₂ - supported platinum and acid-activated bentonite as a co-catalyst". *RSC Adv.* 5. doi: 10.1039/C5RA06180F.

Shimizu, Ken-ichi, Shota Kanno, y Kenichi Kon. 2014. "Hydrogenation of Levulinic Acid to γ -Valerolactone by Ni and MoO_x Co-Loaded Carbon Catalysts". *Green Chemistry* 16(8):3899–3903. doi: 10.1039/C4GC00735B.

Sun, Daolai, Yuta Takahashi, Yasuhiro Yamada, y Satoshi Sato. 2016. "Efficient Formation of Angelica Lactones in a Vapor-Phase Conversion of Levulinic Acid". *Applied Catalysis A: General* 526:62–69. doi: 10.1016/j.apcata.2016.07.025.

Tavassoli, M., M. Montazerozohori, A. Masoudiasl, Z. Akbari, Th. Doert, E. M. Vazquez Lopez, y S. J. Fatemi. 2020. “Synthesis, Spectral Analysis, Crystal Structure, Hirshfeld Surface Analyses, Thermal Behavior of Two New Nickel Complexes and Usage as Precursor for Preparation of Ni/NiO Nanoparticles”. *Polyhedron* 176:114287. doi: 10.1016/j.poly.2019.114287.

Zhang, Pei, Qingqing Yuan, Li Chen, Teng Xue, Yejun Guan, y Peng Wu. 2016. “Low temperature hydrogenation of α -angelica lactone on silica supported Pd-NiO catalysts with synergistic effect”. *RSC Adv.* 6. doi: 10.1039/C6RA13374F.

PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES UTILIZANDO MOLÉCULAS DE PLATAFORMA PROVENIENTES DE LA BIOMASA

Jorge Cortez Elizalde, José Gilberto Torres Torres,

Gerardo Enrique Córdova Pérez.

I. RESUMEN

En este proyecto de investigación se sintetizaron catalizadores monometálicos 10 y 15 %m/m de Ni soportados $Al_2O_3-TiO_2-ZrO_2$, para la producción de biocombustible de 2,5-Dimetilfurano (DMF) se llevó a cabo a partir de la molécula de plataforma 5-Hidroximetilfural (HMF) en presencia de un agente de sacrificio (ácido fórmico), obteniendo 46% de rendimiento de DMF y un 99% de conversión de HMF en 24 h.

Se observó el efecto de las fases del Ni ($Ni^0, Ni^0/NiO, NiO$) y los tamaños de partículas determinan las rutas de reacción tanto la reducción, la formación de formiatos y la descarboxilación, obteniendo que el catalizador con la fase Ni^0/NiO y un tamaño de partícula de 19 nm favorece los rendimientos obteniendo 46% Ni^0/NiO , estos catalizadores monometálicos fueron caracterizados por métodos fisicoquímicos para entender las propiedades del catalizador estas técnicas fueron DRX y áreas BET.

Palabras Clave: Biocombustible, Catalizador, Molécula de plataforma

II. INTRODUCCIÓN

Hoy en día se ha generado alternativas para producir importantes moléculas de plataforma química sintetizadas por métodos químicos, a partir de las cuales se pueden obtener múltiples productos con aplicación industrial [1]. El 5-hidroximetilfural (HMF) obtenido a partir de biomasa lignocelulósica se encuentra entre las diez mejores moléculas plataforma más valiosas ya que se puede producir biocombustibles como el 2,5 Dimetilfurano (DMF), que puede considerarse como un combustible alternativo prometedor de nueva generación, que tiene el potencial de resolver la escasez de combustibles fósiles y también

los problemas actuales del calentamiento global [2]. El DMF puede suplir en los próximos años el uso de combustibles de origen fósil, por su eficiencia energética y bajo impacto ecológico. Este biocombustible resultaría más óptimo que el etanol y tan eficaz como la gasolina, el 2,5 DMF (P.E. = 92 °C) tiene una temperatura normal de ebullición más alta que el etanol (P.E.= 78.37 °C) , lo cual puede disminuir la pérdida de combustible por evaporación y los riesgos de explosión por gases volátiles[3], tiene una eficiencia energética de 35 MJ/L, 40% mayor al etanol (21.3 MJ/L), sin embargo el poder calorífico de la gasolina (32.2 MJ/L) es ligeramente superior Otra característica importante es su alto poder antidetonante (RON) de 119 superior al del etanol y la gasolina [4], también al ser insoluble en agua 2.3 g l⁻¹, evita la absorción de humedad del ambiente y la disminución de su rendimiento en el motor.

Una de las principales reacciones para la obtención del 2,5 Dimetilfurano es a partir de la hidrogenación e hidrogenólisis del HMF con presión H₂, durante la hidrogenación selectiva del grupo carbonilo HMF en DHMF posteriormente se lleva a cabo la hidrogenólisis del grupo hidroxilo [5]. Los sistemas catalíticos más convencionales para la hidrogenación selectiva se componen de catalizadores basados en metales nobles Ru, Pt, Au, Pd, Ir; sin embargo, estos catalizadores y el empleo de gas H₂ presenta una serie de desafíos incluyendo transporte, economía de procesos y sostenibilidad. Para reducir costos se utilizan catalizadores con metales de transición como Ni, W, Co, Mo, etc., Co₃O₄[6], Ni/C[7], CuNi/Al₂O₃[8].

Otra ruta de obtención del 2,5 Dimetilfurano se genera a través de agentes de sacrificio con donantes de hidrógeno en fase líquida como el fórmico El ácido fórmico (AF) y los alcoholes (etanol, isopropanol) han ganado mayor atención recientemente. El ácido fórmico se puede producir a partir de biomasa lignocelulósica a partir de una rehidratación, donando 3H₂ descomponiéndose como CO₂, lo que lo convierte en una fuente ecológica y renovable para la producción de hidrógeno y donante de hidrógeno para hidrogenación por transferencia catalítica para realizar procedimientos reductivos en donde se lleva a cabo una reducción, esterificación y descarboxilación para la obtención del DMF en catalizadores con metales nobles y metales de transición como Pd/C[9], Au/SiO₂ [10], NiCo/C[11], Ru/C[12]. En este trabajo de investigación se prepararon catalizadores monometálicos de Ni/ Al₂O₃-TiO₂-ZrO₂ al 15 % p/p, para producción de 2,5-dimetilfurano (DMF) con ácido fórmico

como donador de hidrogeno a partir de 5-hidroximetilfurfural (HMF). Los catalizadores monometálicos se caracterizarán por fisorción de nitrógeno y difracción de rayos X.

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Obtener el biocombustible de segunda generación 2,5- Dimetilfurano a partir de la molécula de plataforma 5-Hidroximetilfurfural proveniente de la biomasa lignocelulósica mediante catalizadores monometálicos de Níquel al 15% soportado en óxidos mixtos.

Objetivos específicos

- Sintetizar los catalizadores monometálicos con el 15% de Níquel en el soporte Al₂O₃-TiO₂-ZrO₂ (ATZ).
- Caracterizar los catalizadores monometálicos Ni/ATZ por métodos fisicoquímicos (Áreas BET, DRX).
- Evaluar los catalizadores monometálicos para la producción del Biocombustible DMF.

IV. MATERIALES Y METODOS

Síntesis de soportes de Al₂O₃ -TiO₂-ZrO₂ (ATZ) por el método Sol-Gel

Se prepararon 5 gramos de soporte ATZ variando la composición de los óxidos en porcentaje en peso (33/33/33, 40/40/20, 20/40/40 %p/p respectivamente ATZ1, ATZ2, ATZ3). Como precursores metálicos se utilizaron Trisecbutóxido de aluminio C₁₂H₂₇AlO₃ (97% Aldrich), Butóxido de titanio (IV) Ti[O(CH₂)₃CH₃]₄ (97% Aldrich), Butóxido de Zirconio Zr[OCH₂CH₂CH₂CH₃]₄ (80% Aldrich). La síntesis se llevó a cabo en un vaso de precipitado con los alcóxidos metálicos con una mezcla de n-butanol (99.9 %, Baker) y sec-butanol, manteniendo una agitación constante. Finalmente se dejó a un goteo lento de agua destilada. Se utilizaron las siguientes relaciones con el fin de obtener materiales porosos: alcóxido/butanol=1/8 en volumen y alcóxido/agua=1/16 en volumen. Terminada la adición, se dejó con agitación durante 24 horas para obtener el gel. Posteriormente se obtuvo un gel que se sometió a un proceso de secado en una estufa a 120 °C durante 48 horas. Estos

materiales se sometieron a un proceso térmico de calcinación a 550°C durante 12 horas con una rampa de calentamiento de 2°C/min.

Método de Impregnación vía húmeda (IVH) de Níquel

La impregnación por el método de vía húmeda de Níquel al 15 % en 5g de soporte se realizó a partir de una disolución de 100ml de agua bidestilada con la sal precursora de Ni (NO₃)₂.6H₂O (Sigma- Aldrich) posteriormente se adicionó en un matraz balón en donde se agregaron 5g de soporte, se mantuvo en agitación en un rotavapor por 4 horas.

Se eliminó la fase acuosa con vacío en un rotavapor a una temperatura de 60 °C. Para eliminar la humedad del material se dejó en una estufa 12 horas a 120 °C. Se sometió a un proceso de calcinación a 2°C/min en flujo de aire a 400 °C, posteriormente se llevó a cabo la reducción en flujo de H₂ a 400 °C por 4 horas. Obteniendo los catalizadores monometálicos Ni⁰NiO/ATZ1, Ni⁰NiO/ATZ2, Ni⁰NiO/ATZ3

Método de suspensión (MS) de Níquel

La técnica consiste en depositar una cantidad de 2 gramos del soporte, enseguida se purgó el reactor con nitrógeno durante 10 min a temperatura ambiente, después el catalizador se redujo con H₂ durante 3 horas a una temperatura de 300 °C, después de la reducción se dejó enfriar la muestra con hidrogeno hasta alcanzar la temperatura ambiente, se continuo a purgar el reactor con N₂ por 30 min. Se adicionaron la solución Ni(NO₃)₂.6H₂O (Sigma- Aldrich) en 20 ml de agua destilada, posteriormente se purgó con N₂ por 10 min. Se introdujo una solución de níquel al 15% en el área de desgasificación y se le hizo burbujear N₂ cuidadosamente para eliminar las trazas de oxígeno. Se adicionó la solución de níquel al reactor donde se encontraba el soporte ATZ y se burbujeo N₂ por una hora para que la reacción se llevara a cabo.

El catalizador monometálico preparado se secó con H₂ a temperatura ambiente por 12 horas. Se activó a una temperatura de 400°C y una rampa de calentamiento de 2°C/min durante 4 horas. Se obtuvieron materiales con Ni en estado metálico Ni⁰/ATZ1, Ni⁰/ATZ2, Ni⁰/ATZ3

Evaluación Catalítica

La evaluación catalítica para la producción de DMF a partir de 5-HMF se llevó a cabo en un reactor de acero inoxidable para alta presión y temperatura de 50 ml con calentador y agitador magnético. Se realizó la reacción con 0.252 g HMF [Sigma-Aldrich 99.5% de pureza] en una solución 50 ml Tetrahidrofurano, con 0.2 g de catalizador Ni/ATZ, 0.86 ml de ácido fórmico (1:10) relación mmolar, utilizando como estándar interno Dodecano 0.245 ml condiciones inertes con 20 bares de Ar y una temperatura de 210°C con una agitación constante de 500 rpm. Las muestras de reacción se tomaron a diferentes tiempos hasta 24 horas de reacción.

Análisis de DMF por Cromatografía de Gases (CG)

El producto DMF se analizó en un cromatógrafo de Gases *Shimadzu GC-2010 Plus* equipado con detector FID con una columna capilar HP-5 19091J-413 (30m x 0.32 mm x 0.25 µm). La temperatura inicial de la columna de 40° C se mantuvo durante 2 minutos, y luego, la temperatura se elevó a 2 ° C / min hasta que se alcanzó 160 ° C y se mantuvo durante 10 min. Por otra parte, la inyección en volumen fue de 2 µL, la temperatura del inyector fue de 250 ° C, con flujo 30 mL/min H₂ y 300 mL/min de aire, la temperatura de la fuente de iones fue de 270 ° C, y el gas portador fue He con un flujo de 25 mL / min. Para calcular el rendimiento se utilizó la siguiente relación;

$$\% \text{ Rend. DMF} = \frac{\text{moles producidos de DMF}}{\text{moles iniciales de HMF}} \times 100$$

Análisis de HMF por Cromatografía en fase líquida de alta resolución (HPLC)

Para la conversión del 5-HMF se analizaron las alícuotas por cromatografía en fase líquida de alta resolución. Se utilizó un cromatógrafo Shimadzu Prominence HPLC con una columna Restek modelo FORCE C18 fabricada en acero inoxidable con 250 mm de largo, 4.6 mm de diámetro interno y 5 mm tamaño de partícula. El equipo cuenta con un detector con arreglo de diodos (PDA) a una longitud de onda de 284 nm, se utilizó como disolvente metanol a una relación de Metanol/Agua (80/20). Las condiciones de operación del HPLC fueron: temperatura del horno de 30°C. La velocidad de flujo de 1 ml*min⁻¹ y un volumen de inyección de 5 µl. Para calcular la conversión del HMF se utilizó la siguiente relación:

$$\% \text{ Conv. HMF} = \frac{\text{moles producidos de DMF}}{\text{moles iniciales de HMF}} \times 100$$

V. RESULTADOS

Áreas específicas BET

Tabla 1. Propiedades estructurales de los soportes y catalizadores monometálicos.

Soporte	S _{BET} (m ² /g)	Diámetro de poro (nm)	Volumen de poro (cm ³ /g)
ATZ1	258.78	5.98	0.53
ATZ2	278.32	7.55	0.60
ATZ3	210.65	4.12	0.34
Ni ⁰ NiO/ATZ1	192.56	5.01	0.33
Ni ⁰ NiO/ATZ2	203.40	6.76	0.43
Ni ⁰ NiO/ATZ3	184.77	4.03	0.26
Ni ⁰ /ATZ1	219.17	4.20	0.42
Ni ⁰ /ATZ2	205.56	5.43	0.39
Ni ⁰ /ATZ3	183.15	7.51	0.48

En la Tabla 1 se muestran las propiedades texturales de los soportes, tomando en cuenta que se varió el contenido de % p/p se puede observar que entre más alto el contenido de alúmina mayor es el aumento del área superficial como es el caso del ATZ2 que muestra un área de 278.32 m²/g, cuando el contenido es menor, el área disminuye para la muestra ATZ3 se obtiene un área de 210.65 m²/g. Estos soportes se calcinaron a 550°C y fueron sintetizados por el método sol-gel dando diámetros de poros de 7 a 4 nm. Las áreas disminuyen cuando se impregna el 15% de Níquel en los dos métodos de síntesis en IVH las áreas varían de 203 a 184 m²/g, en el método de MS las áreas van 205 a 183 m²/g.

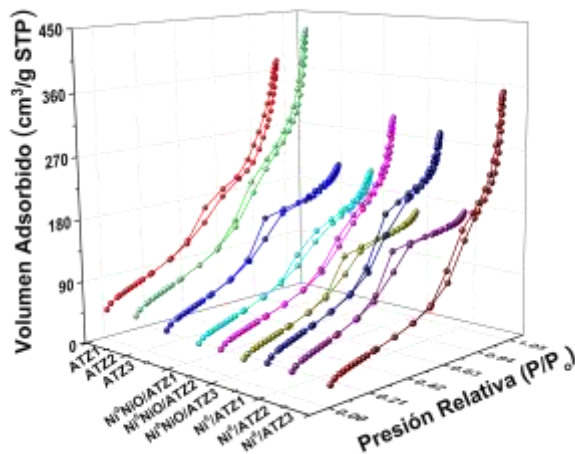


Figura 1. Isothermas de adsorción de los soportes y catalizadores monometálicos de Ni/ATZ sintetizados por IVH y MS.

En la Figura 1 se muestran las isothermas de los soportes y catalizadores monometálicos sintetizados por IVH y MS, son isothermas tipo IV características de un material mesoporoso y dos tipos de lazos de histéresis, H1 y H2. La formación de lazo de histéresis se lleva a cabo por diversos factores, una opción se debe a la forma y la geometría del poro del sólido proporcionando el lazo de histéresis, los cuales corresponden a formas de poro tubular, así como también de esferas uniformes y de cuello de botella. En la Figura 2 la distribución de poros tiene una tendencia característica de una gráfica bimodal, esto significa que se encuentran tamaños de poros promedio de 7 nm y 4 nm.

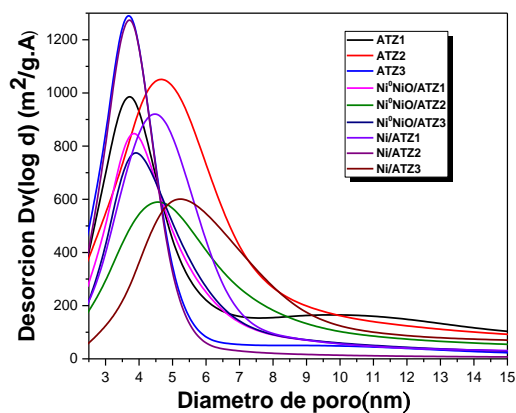


Figura 2. Distribución de poros de los soportes y catalizadores monometálicos de Ni/ATZ sintetizados por IVH y MS.

Difracción de rayos x (DRX)

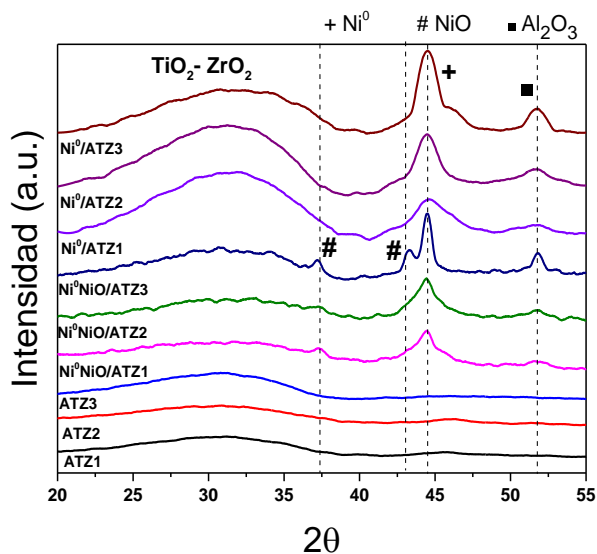


Figura 3. DRX de los soportes y catalizadores monometálicos Ni/ATZ por los métodos IVH y MS calcinados a 400 °C.

En la Figura 3 se puede apreciar los difractogramas característicos de materiales completamente amorfos, en el intervalo de $[\theta=17.8^\circ, 38.9^\circ]$ se presenta la interacción entre $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$ esto podría deberse a que los radios iónicos son muy cercanos al formar enlaces, también se aprecian y se distinguen los picos característicos de la gamma alúmina $\theta= 40^\circ, 46.13^\circ$ y 66.61° se utilizó el programa *JADE 6 con los números de tarjetas JCPDS 75-0921*. Para los catalizadores monometálicos, podemos observar los picos característicos de formación de cristales NiO *JCPDS 04-0835* con estructura FCC, *JCPDS 73-1519*, y a su vez se observan muy bien la mayoría de los picos del níquel metálico Ni⁰ FCC *JCPDS 04-850*, *JCPDS 87-0712* fase cristalina FCC Ni⁰ y algunas trazas de alúmina.

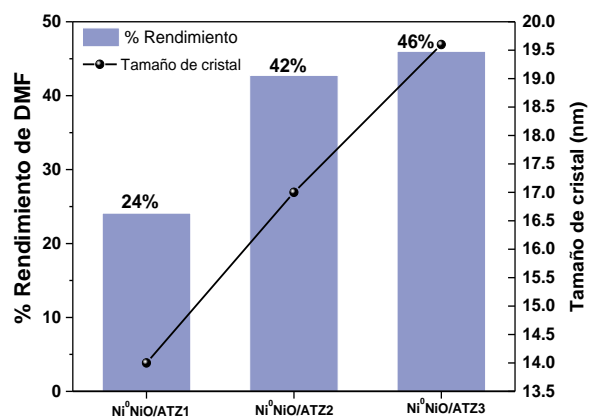


Figura 4. Rendimiento de DMF & tamaño de cristal DRX de los catalizadores monometálicos sintetizados por IVH calcinados 400°C.

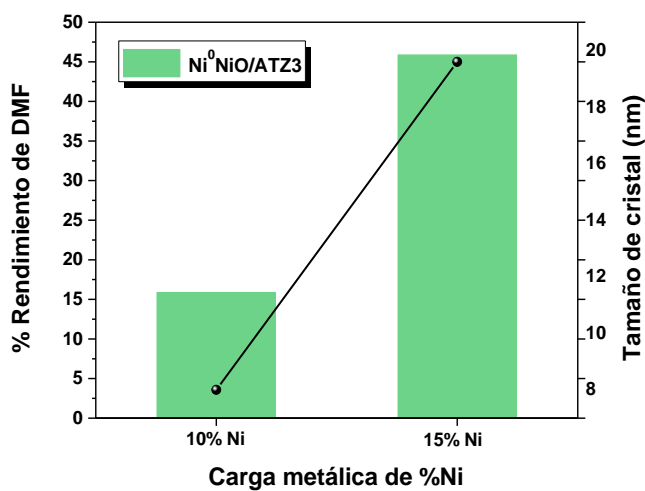


Figura 5. Rendimiento de DMF & tamaño de cristal de diferentes cargas de Ni (%p/p).

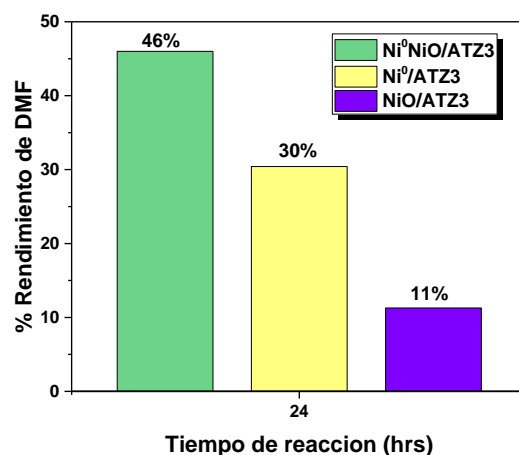


Figura 6. Rendimiento de DMF con diferentes fases de Ni.

Se destacó en los rendimientos el tamaño de partícula que tienen las fases de níquel en cualquiera de los métodos de impregnación. En la Figura 4 se puede apreciar este efecto; el tamaño de partícula va de 14 a 19 nm, Obteniendo 46% de rendimiento de DMF con un tamaño de partícula de 19 nm, mientras que entre menor tamaño de partícula de 14 nm se genera 25% de rendimiento DMF. En la Figura 5 se muestra el efecto de la relación de impregnación del método de suspensión de Ni en el método MS cuando la carga de níquel es de 10 %p/p se obtiene un rendimiento de 16% mientras la carga se aumenta al 15% de níquel se obtienen rendimientos de 46% de DMF como esta reportado en la literatura, el rango adecuado para utilización de metales no nobles como Ni para la formación de DMF va de 5 a 20 %p/p. En esta misma figura existe el mismo comportamiento de tamaño de partícula en los rendimientos de 8 a 19 nm.

Se evaluaron diferentes fases de Ni en la misma relación de carga de peso 15%. En la Figura 6 se tiene un mayor de rendimiento en la mezcla de fases Ni⁰/NiO por IVH debido que existe una contribución oxido-reducción o la sinergia entre estas fases para la formación de DMF, cuando las fases Ni⁰ y NiO tiene el 100% los rendimientos son menores.

VI. CONCLUSIONES

La producción de 2,5 Dimetilfurano a partir del HMF a con donadores de H₂ como AF es una ruta favorable debido a que es un subproducto de la biomasa en la síntesis del HMF.

Los catalizadores monometálicos Ni/ATZ por los dos métodos IVH y MS tuvieron una buena actividad catalítica pero los catalizadores sintetizados por el método IVH generaron fases Ni⁰/NiO y tamaños de partícula de 19 nm que favorecieron obteniendo 46% de rendimiento del DMF.

VII. PROPUESTAS

Este 2,5-Dimetilfurano biocombustible obtenido a partir de la biomasa segunda generación (que son desperdicios orgánicos vegetales como tallo, hojas, ramas etc.) han demostrado puede reemplazar en los próximos años el uso de combustibles de origen fósil, las propiedades de este biocombustible son de gran valor por que demuestra eficiencia energética y bajo impacto ecológico supliendo el ciclo del carbono a partir de la biomasa. Para obtener este biocombustible es necesario el uso de catalizadores monometálicos Ni/ATZ

VIII. REFERENCIAS

- A.; Bal, R.** *Hydrogenation of 5-Hydroxymethylfurfural to 2,5 Dimethylfuran over Nickel Supported Tungsten Oxide Nanostructured Catalyst. Sustainable Energy Fuels* 2018, 2 (1), 191–198. <https://doi.org/10.1039/C7SE00363C>.
- Insyani, R.; Verma, D.; Kim, S. M.; Kim, J.** *Direct One-Pot Conversion of Monosaccharides into High-Yield 2,5-Dimethylfuran over a Multifunctional Pd/Zr-Based Metal–Organic Framework@Sulfonated Graphene Oxide Catalyst. Green Chem.* 2017, 19 (11), 2482–2490. <https://doi.org/10.1039/C7GC00269F>.
- Gyngazova, M. S.; Negahdar, L.; Blumenthal, L. C.; Palkovits, R.** *Experimental and Kinetic Analysis of the Liquid Phase Hydrodeoxygenation of 5-Hydroxymethylfurfural to 2,5-Dimethylfuran over Carbon-Supported Nickel Catalysts. Chemical Engineering Science* 2017, 173, 455–464. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2017.07.045>.
- He, H.-Y.; Cao, Y.** *Toward an Integrated Conversion of 5-Hydroxymethylfurfural and Ethylene for the Production of Renewable p-Xylene. Chem* 2018, 4 (9), 2212–2227. <https://doi.org/10.1016/j.chempr.2018.07.007>.
- Hu, L.; Li, T.; Xu, J.; He, A.; Tang, X.; Chu, X.; Xu, J.** *Catalytic Transfer Hydrogenation of Biomass-Derived 5-Hydroxymethylfurfural into 2,5-Dihydroxymethylfuran over Magnetic Zirconium-Based Coordination Polymer. Chemical Engineering Journal* 2018, 352, 110–119. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.07.007>.

- Jae, J.; Zheng, W.; Lobo, R. F.; Vlachos, D. G.** Production of Dimethylfuran from Hydroxymethylfurfural through Catalytic Transfer Hydrogenation with Ruthenium Supported on Carbon. *ChemSusChem* 2013, 6 (7), 1158–1162. <https://doi.org/10.1002/cssc.201300288>.
- Li, D.; Liu, Q.; Zhu, C.; Wang, H.; Cui, C.; Wang, C.; Ma, L.** Selective Hydrogenolysis of 5-Hydroxymethylfurfural to 2,5-Dimethylfuran over Co₃O₄ Catalyst by Controlled Reduction. *Journal of Energy Chemistry* 2019, 30, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2018.03.008>.
- Siddiqui, N.; Roy, A. S.; Goyal, R.; Khatun, R.; Pendem, C.; Chokkapu, A. N.; Bordoloi, Kong, X.; Zhu, Y.; Zheng, H.; Dong, F.; Zhu, Y.; Li, Y.** Switchable Synthesis of 2,5-Dimethylfuran and 2,5-Dihydroxymethyltetrahydrofuran from 5-Hydroxymethylfurfural over Raney Ni Catalyst. *RSC Advances* 26.
- Srivastava, S.; Jadeja, G. C.; Parikh, J.** Synergism Studies on Alumina-Supported Copper-Nickel Catalysts towards Furfural and 5-Hydroxymethylfurfural Hydrogenation. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 2017, 426, 244–256. <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2016.11.023>.
- Tao, L.; Yan, T.-H.; Li, W.; Zhao, Y.; Zhang, Q.; Liu, Y.-M.; Wright, M. M.; Li, Z.-H.; Yang, P.; Xia, Q.; Liu, X.; Wang, Y.** Catalytic Transfer Hydrogenation/Hydrogenolysis of 5-Hydroxymethylfurfural to 2,5-Dimethylfuran over Ni-Co/C Catalyst. *Fuel* 2017, 187, 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.09.026>.
- Thananattananachon, T.; Rauchfuss, T. B.** Efficient Production of the Liquid Fuel 2,5-Dimethylfuran from Fructose Using Formic Acid as a Reagent. *Angewandte Chemie International Edition* 2010, 49 (37), 6616–6618. <https://doi.org/10.1002/anie.201002267>.
- Zhu, Y.; Kong, X.; Zheng, H.; Ding, G.; Zhu, Y.; Li, Y.-W.** Efficient Synthesis of 2,5-Dihydroxymethylfuran and 2,5-Dimethylfuran from 5-Hydroxymethylfurfural Using Minerals-Derived Cu Catalysts as Versatile Catalysts. 11.

EFFECTO DEL PH DEL SÍNTESIS DE NANOCATALIZADORES NI/AL₂O₃-TiO₂-WO₃ EN LA HIDROGENACIÓN DE ÁCIDO LEVULINICO A γ -VALEROLACTONA.

Gerardo Enrique Córdova Pérez, José Gilberto Torres Torres,
Jorge Cortez Elizalde.

I. RESUMEN

El uso del níquel como catalizador soportado en óxidos mixtos, dio lugar a materiales con propiedades adecuadas para la producción de γ -valerolactona a partir del ácido levulínico. En este trabajo se realizó la síntesis de óxidos mixtos basados en Al₂O₃-TiO₂-WO₃ variando en 5, 3 y 1% en peso el Tungsteno (W), con relación Al₂O₃-TiO₂ (50/50) % p/p, por el método Sol-Gel a pH básico y ácido, utilizando ácido acético (pH=3) e hidróxido de amonio (pH=9) como aditivo de síntesis. Posteriormente se agregó Níquel (Ni) a una relación de 10% en peso con respecto al soporte. Los materiales se evaluaron por medio de Difracción de Rayos X, Fisisorción de N₂ y Microscopia Electrónica de barrido. Los estudios de las reacciones de los sistemas Ni/ATW A y Ni/ATW B, el pH de síntesis de los soportes contribuyó en gran medida a una alta actividad para en la conversión de LA y obtención de GVL.

Palabras Clave: Biocombustibles, Ácido levulínico, γ -valerolactona, Sitios ácidos, Catalizadores

II. INTRODUCCIÓN

El increíble aumento en el uso de las materias primas derivadas del petróleo y el aumento en la población genera en futuro próximo el agotamiento de los recursos no renovables. El desarrollo de recursos renovables debería ser un problema urgente para el suministro continuo de productos químicos que puedan sustituir a los productos derivados del petróleo (Shylesh, Gokhale, Ho, & Bell, 2017). La biomasa lignocelulósica de segunda generación es una de las opciones más atractivas, desde la sostenibilidad y perspectiva económica, ya que

no tiene ningún uso alguno y no forma parte del consumo de la población. El ácido levulínico (LA) es una de las moléculas plataformas más prometedoras, seleccionado por el departamento de energía de los Estados Unidos como una de las 12 moléculas principales moléculas plataforma producidas a partir de la biomasa lignocelulósica (Bozell & Petersen, 2010; Werpy & Petersen, 2004). La γ -valerolactona (GVL) puede obtenerse mediante la hidrogenación del ácido levulínico o sus ésteres: En los últimos años ha llamado mucho la atención como intermediario muy importante para aplicaciones más amplias, como biopolímeros (Han, 2017a), solventes (Santoro, Ferlin, Luciani, Ackermann, & Vaccaro, 2017), combustibles o combustibles aditivos (Han, 2017b) y otros productos químicos importantes (Piskun et al., 2018).

La producción de GVL por hidrogenación de LA y sus ésteres ha sido estudiada utilizando catalizadores homogéneos y heterogéneos. Metales nobles como Ru (Piskun et al., 2018), Pd (Zhang et al., 2017) y Pt (Nemanashi, Noh, & Meijboom, 2018) han mostrado ser excelentes materiales utilizando hidrógeno gaseoso. Sin embargo, desde un punto de vista económico para aplicaciones industriales, el uso de estos materiales no es rentable. Por lo que estudios basados en metales no nobles se han intensificado en los últimos años, metales como Cu (Yoshida, Sun, Yamada, Sato, & Hutchings, 2017), Co, Ni (Yoshida et al., 2017).

En el presente estudio, se investigó la combinación de Óxido de Tungsteno (WO_3) en el sistema Aluminio-Titanio ($Al_2O_3-TiO_2$) utilizado como soporte con la incorporación de Ni para la obtención de GVL a partir de LA utilizando hidrógeno gaseoso.

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Síntesis y caracterización de nanocatalizadores Monometalicos de Ni para estudiar $Al_2O_3-TiO_2-WO_3$ para estudiar sus propiedades ácido-básicas.

Objetivos específicos

- Preparar los catalizadores con 5 % en peso de Ni soportado en los óxidos mixtos $Al_2O_3-TiO_2$ y $Al_2O_3-TiO_2-W$.
- Caracterizar por métodos fisicoquímicos los soportes sintetizados
- Evaluar los materiales sintetizados en la producción de γ -valerolactona (GVL) a partir de Ácido levulínico.

IV. MATERIALES Y METODOS

El soporte $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-WO}_3$ (ATW) se sinterizó por el método Sol-Gel, controlando el pH utilizando ácido acético (CH_3COOH) e hidróxido de amonio (NH_4OH). Los precursores utilizados para la síntesis del soporte se utilizaron: butóxido de titanio $[\text{Ti}(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3)_4]$, 1-butanol, tri-sec-butoxido de aluminio $\text{Al}[\text{OCH}(\text{CH}_3)\text{C}_2\text{H}_5]_3$ y 2 butanol. La relación de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ fue 1:1 % p/p, la cantidad de tungsteno fue 1, 3 y 5% en peso respecto a $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$.

Los catalizadores monometalicos de $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-WO}_3$ (Ni/ATW) se sintetizaron por el método de suspensión. Para los catalizadores monometálicos de Ni se utilizó como precursor $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. El depósito de Ni en un 10% en peso se realizó con respecto al soporte ATW. El soporte ATW se calentó hasta 300°C en con un flujo de H_2 a 60ml/min durante 1 h. una vez enfriado el soporte con flujo de N_2 , se disolvió la sal precursora de Ni en 20 ml de agua y se mezcló con el soporte. Se llevó a una temperatura de 80°C por 12 h con flujo de H_2 . Finalmente se calentó hasta alcanzar una temperatura de 450°C donde se mantuvo por 4 h con un flujo de H_2 .

V. RESULTADOS

Fisorción De Nitrógeno por el Método BET

De acuerdo con los análisis realizados en el equipo Micromeritics Modelo TriStar II que se encuentra en el laboratorio del Centro de Investigación de Ciencia y Tecnología Aplicada de Tabasco CICTAT de la División Académica de Ciencias Básicas se obtuvieron los siguientes resultados; áreas superficiales BET, distribución del diámetro y volumen de poro cuyos valores se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades Texturales de los óxidos Al₂O₃-TiO₂-WO₃ preparados a pH 3 (ATW A) y pH 9 (ATW B).

Material	S _{bet}	V _{BJH}	Dp
ATW1 A	386.91	0.84	5.97
ATW3 A	381.90	0.80	5.94
ATW5 A	370.65	0.76	5.60
ATW1 B	365.17	0.76	5.82
ATW3 B	352.72	0.95	7.91
ATW5 B	323.34	0.78	7.06

S_{bet}: Área superficial (m²/g), V_{BJH}: Volumen de poro cm³/g, Dp: Diámetro de poro promedio (nm)

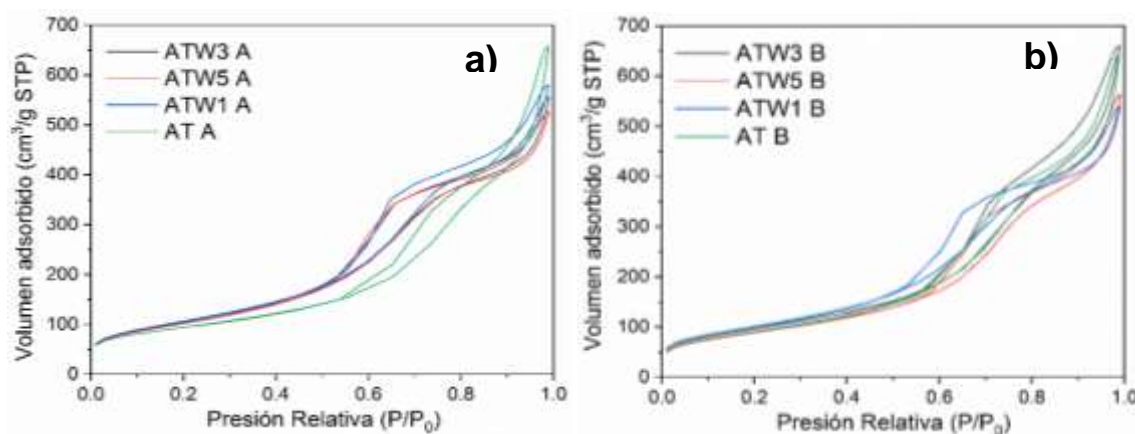


Figura 1. Isothermas de Adsorción-Desorción de N₂ de los soportes a) Ni/ATW A y b) Ni/ATW B

Tabla 2. Propiedades Texturales de los óxidos Al₂O₃-TiO₂-WO₃ preparados a pH 3 (ATW A) y pH 9 (ATW B).

Material	S _{bet}	V _{BJH}	Dp
Ni/ATW1 A	245.95	0.59	6.89
Ni/ATW3 A	245.98	0.59	6.88
Ni/ATW5 A	321.59	0.64	5.74
Ni/ATW1 B	244.31	0.62	7.60
Ni/ATW3 B	282.36	0.77	8.39
Ni/ATW5 B	317.18	0.73	7.20

S_{bet}: Área superficial (m²/g), V_{BJH}: Volumen de poro cm³/g, Dp: Diámetro de poro promedio (nm)

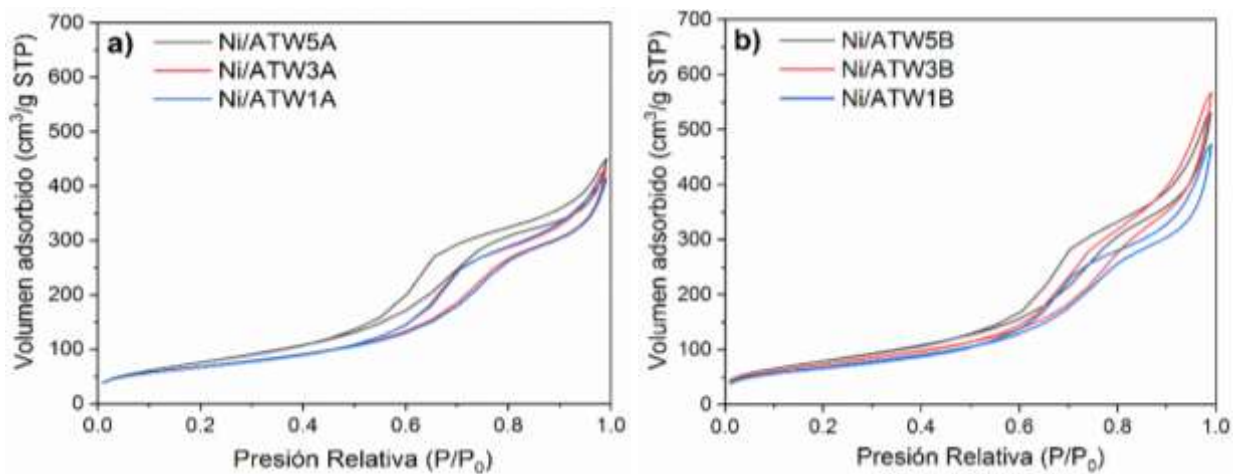


Figura 2. Isothermas de Adsorción-Desorción de N₂ de los soportes a) Ni/ATW A y b) Ni/ATW B

Difracción De Rayos X

Los patrones de difracción de rayos X se obtuvieron en un difractómetro BRUKER modelo D-8, con una radiación de CuK α , $\lambda=1.54059 \text{ \AA}$; 40kV, 30 mA con una velocidad de barrido de $2\theta/\text{min}$ desde 20 a 80° . Con el fin de conocer la fase cristalina del material y confirmar si se obtendrá el material esperado de la División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez.

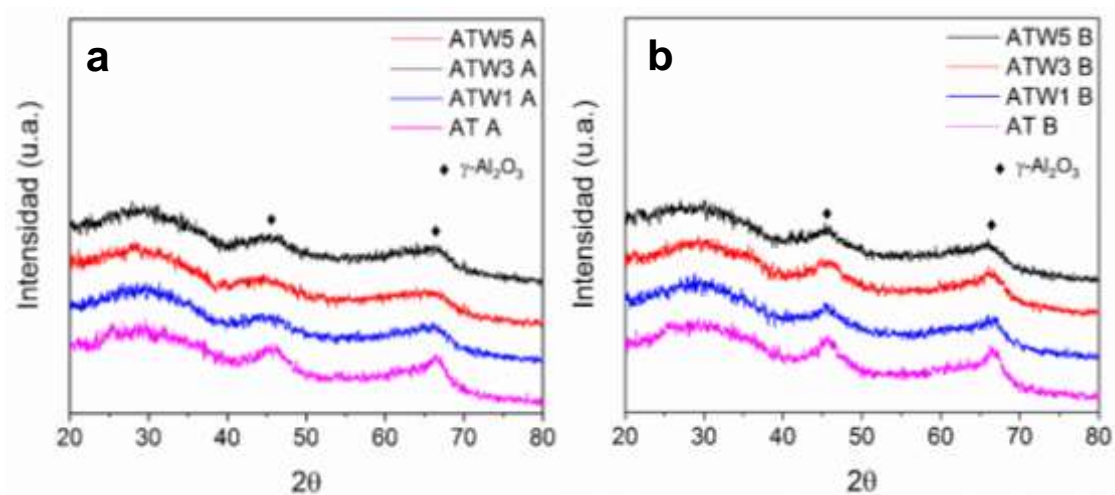


Figura 3. Difractogramas de DRX para los soportes a) ATW A y b) ATW B.

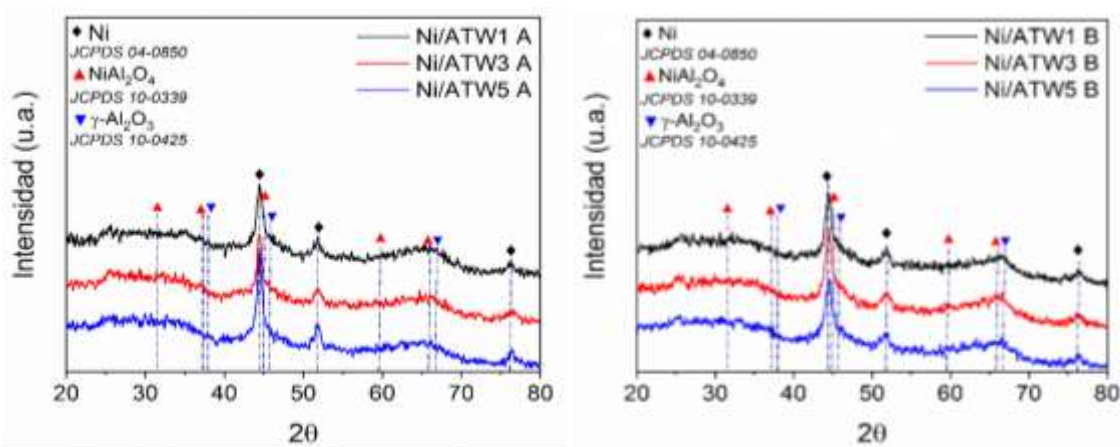


Figura 4. Difractogramas de a) Ni/ATW B y b) Ni/ATW A

Tabla 3. Tamaño de cristalito metálico Ni/ATW

Material	Tamaño de Cristal (nm)	Catalizadores*	Tamaño de Cristal (nm)
Ni/ATW1 A	9.46	40Ni/MgO ^(Jiang et al., 2016)	14.2
Ni/ATW3 A	10.46	40Ni/Al ₂ O ₃ ^(Jiang et al., 2016)	19.3
Ni/ATW5 A	9.87	40Ni/MgAl ₂ O ₃ ^(Jiang et al. 2016)	11.8
Ni/ATW1 B	8.89	20Ni/SiO ₂ ^(Kumar et al., 2016)	20.5
Ni/ATW3 B	8.33	20Ni/Al ₂ O ₃ ^(Kumar et al., 2016)	21.4
Ni/ATW5 B	9.94	20Ni/ZrO ₂ ^(Kumar et al., 2016)	37.8

*Reportados en la literatura con cargas de 20 a 40%.

Microscopía electrónica de barrido (MEB)

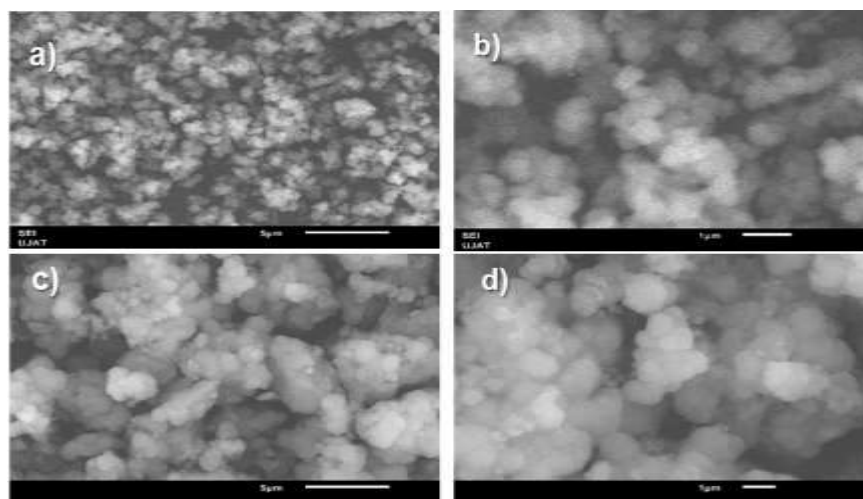


Figura 5. Micrografías (MEB) de los materiales, a) ATW5 A, b) ATW5 B, c) Ni/ATW5 A y d) Ni/ATW5 B.

Las muestras de monometálicas Ni/ATW5 B se analizaron por microscopía electrónica de barrido (MEB). Para el análisis morfológico, las muestras se montaron sobre cinta conductora de carbón de doble cara en un portamuestra de aluminio. Posteriormente se observaron en un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6010LA a 20 kV de voltaje de aceleración en condiciones de alto vacío. Se utilizó un detector de energía dispersiva (EDS) acoplado al SEM para realizar el análisis semicuantitativo y de distribución de elementos en la superficie de las muestras. Las imágenes se procesaron en el Software InTouchScope™.

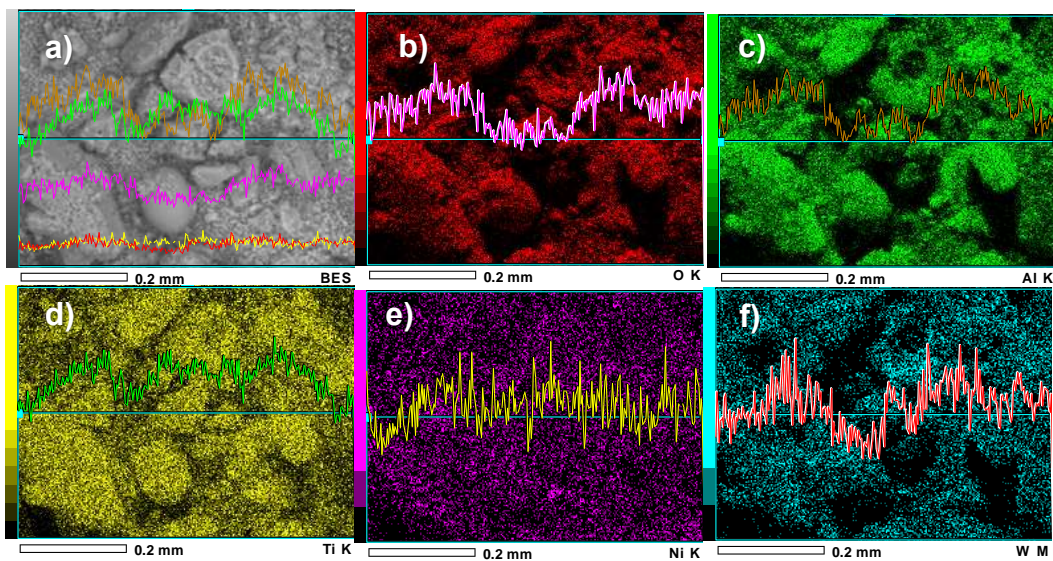


Figura 6. Perfil utilizando Análisis elemental a) Ni/ATW5 B, b) O, c) Al, d) Ti, e) Ni y f) W.

Evaluación catalítica

La evaluación catalítica de los catalizadores monometalicos de la serie Ni/ATW A y Ni/ATW B para la obtención de GVL, se llevó a cabo en una autoclave a una temperatura de 175°C, 500 rpm, 40 bar de H₂ durante 24 h. El ácido levulínico fue analizado utilizando un cromatógrafo de gases “Shimadzu GC-2010 Plus” utilizando una columna capilar HP-5 agilent 19091J-413 (30 m x 0.32mm x 0.25 μm) con un detentor FID.

Tabla 4. Actividad catalítica de Ni/ATW1 A

Tiempo	LA	GVL	GVL
	Conversion (%)	Selectividad (%)	Rendimiento (%)
60 min	79	12	15
120 min	83	18	22
180 min	94	22	23
240 min	97	30	30
300 min	98	35	36
24 h	100	59	59

Condiciones de reacción: Cat/La: 3, 30 ml MeOH, 40 bar H₂, 175°C, 24 h.

Tabla 5. Actividad catalítica de Ni/ATW5 B

Tiempo	LA	GVL	GVL
	Conversion (%)	Selectividad (%)	Rendimiento (%)
60 min	89	12	13
120 min	93	36	39
180 min	97	34	35
240 min	98	34	34
300 min	99	39	39
24 h	100	80	80

Condiciones de reacción: Cat/La: 3, 30 ml MeOH, 40 bar H₂, 175°C, 24 h.

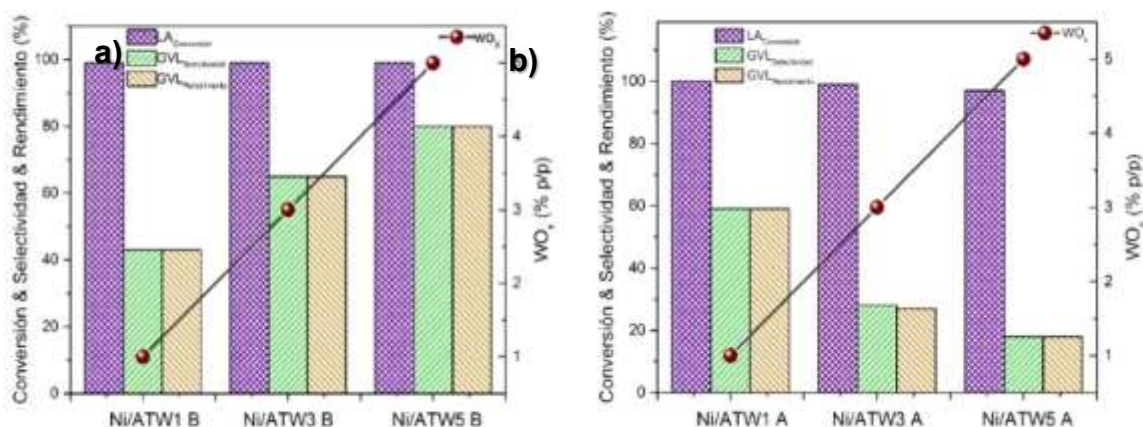


Figura 7. Efecto del pH y % p/p (w) en el rendimiento de GVL a) Ni/ATW B y b) Ni/ATW A.

VI. DISCUSIÓN

Fisorción de Nitrógeno por el Método BET

Las isothermas adsorción y desorción de N₂ de los soportes se muestran en la figura 1. De acuerdo a la UIPAC, los soportes ATWA y ATWB mostraron una isoterma tipo IV correspondiente a materiales mesoporosos con un lazo de histéresis tipo H2 que corresponden a poros interconectados con forma de bote de tinta. La incorporación de Tungsteno al sistema Al₂O₃-TiO₂ modificó el área superficial como se observa en la Tabla 1. Se obtuvo una mayor área superficial de 386 m²/g en el soporte ATW1 A y 365 en el material ATW1 B. De acuerdo a trabajos previos realizados, el efecto del CH₃COOH nos proporciona

catalizadores con una mayor área superficial respecto a otros aditivos de síntesis como el NH_3OH .

En la síntesis de los catalizadores monometálicos con el depósito de níquel, observando las figuras 2, no se presentó una modificación respecto al tipo de isoterma y lazo de histéresis con respecto al soporte. Por otro lado, se observa una cantidad del volumen adsorbido menor, esto sugiere un decremento en el área superficial tal como se muestra en la Tabla 2. Este decremento puede deberse al taponamiento de los poros del soporte al momento de la incorporación del níquel. El área superficial en ambos métodos de síntesis con 5% de tungsteno se conservó con respecto al soporte.

Difracción de Rayos X (DRX)

Los resultados obtenidos por difracción de rayos X (DRX) para los soportes con 1, 3 y 5% p/p de tungsteno (W), no mostraron una fase cristalina definida, se observaron señales muy débiles a la fase γ -alumina en $2\theta = 67^\circ$ de acuerdo a la ficha técnica (JCPDS 10-0425) por lo que puede considerarse un material amorfo. Trabajos realizados (Córdova-Pérez et al., 2018) utilizando el mismo soporte muestran que se tiene materiales amorfos utilizando concentraciones mayores de un 5% hasta 20% de W en peso como se observa en las figuras 3.

Los resultados de los materiales Monometálicos con 10% de Ni preparados por el método de suspensión se muestran en las figuras 4. Se observan 3 señales en $2\theta = 44.5^\circ$, 51.8° y 76.3° correspondientes a los planos (111), (200) y (220) de acuerdo con la ficha técnica JCPD-04-0850. Se identificaron picos característicos a la especie de Ni metálico con una fase cristalina FCC (cúbica centrada en el cuerpo); esta estructura de Níquel metálico se encuentra presente en todos los materiales tanto como en los soportes preparados a pH 3 como a pH 9. Las señales en $2\theta = 44.5^\circ$, 51.8° y 76.3° que corresponden a la fase de níquel metálico se muestran con poca intensidad y base ancha lo que indica que el tamaño del cristalito es pequeño esto puede deberse a la buena dispersión del níquel sobre el soporte. En la Tabla 3 podemos observar el tamaño de cristalito metálico calculado utilizando la ecuación de Scherrer utilizando el plano (1 1 1).

Microscopía electrónica de Barrido (MEB)

En las figuras 5 (a-d) se presentan las micrografías del soporte a) ATW5 A, b) ATW5 B c) Ni/ATW5 A, y d) Ni/ATW5 B. Como puede apreciarse, los soportes no tienen una geometría definida a pesar del porcentaje abundante de TiO₂, este efecto se debe al carácter amorfo que caracteriza a la fase γ -alúmina. Se puede observar un efecto causado por el CH₃COOH sobre el tamaño de partículas, obteniendo partículas muy pequeñas a diferencia de cuando se utiliza NH₃OH esto concuerda de acuerdo con lo reportado por Escobar (Escobar, De los Reyes, & Viveros, 2000).

En los catalizadores monometálicos de Níquel, el tamaño de partícula del níquel varía respecto al soporte. El uso de ácidos orgánicos aumenta la tasa de hidrólisis lo que crea un sol más estable que lleva a una distribución uniforme un tamaño de partículas pequeño. Este efecto esta correlacionado de igual manera por la cantidad de níquel depositado (ver tabla 3); efecto similar ocurre en el método de la recarga, donde la cantidad depositada del segundo metal es mucho menor respecto al primer metal, obteniendo de esta manera tamaños de partículas mucho menores. Podemos observar que la distribución fue homogénea, por lo que el método de suspensión beneficia el depósito de níquel sin crear aglomerados (ver figura 6).

El perfil con análisis elemental del catalizador Ni/ATW5 B se observa en la figura 6. El método Sol-Gel y suspensión nos brinda una buena dispersión de los elementos Al, Ti, O, W y Ni, de acuerdo con este perfil, el Níquel se encuentra de manera dispersa sin crear aglomeraciones al depositarlo como en otros métodos de síntesis, caso de la impregnación mecánica o impregnación húmeda.

Evaluación catalítica

Los catalizadores monometalicos que se evaluaron, fueron Ni/ATWA y Ni/ATW con 10% de Níquel y 1, 3 y 5% de tungsteno (W).

En las Tablas 4 y 5 se observa una conversión del 98% del ácido levulínico en las primeras 5 horas de reacción, sin embargo, el bajo rendimiento de GVL se puede deber la formación de Metil-levulinato, producto formado por la esterificación del LA con metanol de acuerdo a Dumesic et al (Alonso, Wettstein, & Dumesic, 2013). La formación de este producto se debe a la esterificación ocasionada por sitios ácidos de Lewis, este fenómeno ocurre a tempera suaves. Por otro lado, la formación de α -Angelica-lactona se lleva a temperaturas mayores de 220°C o una mayor presencia de sitios bronsted. La generación de

sitios ácidos Lewis son proporcionados por el soporte ATW, donde se comprobó que con la incorporación de W se generan mayores sitios Lewis los necesarios para tener una producción selectiva de 5-hidroximetilfurfural (Córdova-Pérez et al., 2018) en trabajos previos hechos por el grupo.

Los catalizadores monometálicos de Ni/ATW5 B ofrecen un rendimiento del 80% en 24 h superior al catalizador Ni/ATW1 A. Se observó una tendencia cuando se utilizó NH₃OH en el soporte, obteniendo mayor rendimiento a mayores concentraciones de tungsteno Ni/ATW5B>Ni/ATW3B>Ni/ATW1B mostrando valores de 80%, 65% y 43% respectivamente como se puede observar en la figura 7a. Cuando se utilizó CH₃COOH en la preparación del soporte se observó un efecto inverso. A menores concentraciones de W se obtuvo un mayor rendimiento siguiendo esta tendencia Ni/ATW1A>Ni/ATW3A>Ni/ATW5A obteniendo 59%, 27%, 18% respectivamente, tal como se muestra en la figura 7b. De acuerdo con Kun Jiang (Jiang et al., 2016) y Kumar (Kumar et al., 2016) los catalizadores con tamaño de partícula menores de 20 nm fueron más activos en la hidrogenación de LA a GVL, esto también se debe a la alta distribución del Ni sobre el soporte lo que concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo

VII. CONCLUSIONES

El Níquel a 10% en peso mostro una alta actividad de transferencia de Hidrogeno para la hidrogenación de LA. El rendimiento del 80% se alcanzó a temperaturas bajas de 170°C con el catalizador Ni/ATW5B. El mismo catalizador, pero en medio ácido presento un rendimiento de 18%. Por lo que un efecto significativo en la síntesis del soporte fue el uso de NH₃OH, lo que lo vuelve más activo por los grupos OH presente lo que generó una alta distribución y tamaños de partículas entre 8-10 nm.

VIII. PROPUESTAS

Analizar los catalizadores monometálicos por la técnica de espectroscopia foto electrónica de rayos X relacionar la interacción del Ni con el soporte y la formación de aluminato de níquel con la actividad catalítica, así mismo como calcular el tamaño de particular utilizando la técnica de microscopia electrónica de alta resolución.

IX. REFERENCIAS

- Alonso, D. M., Wettstein, S. G., & Dumesic, J. A. (2013).** *Gamma-valerolactone, a sustainable platform molecule derived from lignocellulosic biomass.* *Green Chemistry*, 15(3), 584-595. doi: 10.1039/C3GC37065H
- Bozell, J. J., & Petersen, G. R. (2010).** *Technology development for the production of biobased products from biorefinery carbohydrates—the US Department of Energy’s “Top 10” revisited.* *Green Chemistry*, 12(4), 539-554. doi: 10.1039/B922014C
- Córdova-Pérez, G. E., Torres-Torres, G., Ortíz-Chi, F., Godavarthi, S., Silahua-Pavón, A. A., Izquierdo-Colorado, A., Espinosa-González, C. G. (2018).** *Effect of Acid-Basic Sites Ratio on the Catalytic Activity to Obtain 5-HMF from Glucose Using Al₂O₃-TiO₂-W Catalysts.* *ChemistrySelect*, 3(45), 12854-12864. doi: doi:10.1002/slct.201802607
- Escobar, J., De los Reyes, J. A., & Viveros, T. (2000).** *Influence of the synthesis additive on the textural and structural characteristics of sol-gel Al₂O₃-TiO₂.* *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 39(3), 666-672.
- Han, J. (2017a).** *Biorenewable Strategy for Catalytic ϵ -Caprolactam Production Using Cellulose- and Hemicellulose-Derived γ -Valerolactone.* *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(2), 1892-1898. doi: 10.1021/acssuschemeng.6b02616
- Han, J. (2017b).** *Integrated process for simultaneous production of jet fuel range alkenes and N-methylformanilide using biomass-derived gamma-valerolactone.* *Journal of industrial and engineering chemistry*, 48, 173-179. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2016.12.036>
- Jiang, K., Sheng, D., Zhang, Z., Fu, J., Hou, Z., & Lu, X. (2016).** *Hydrogenation of levulinic acid to γ -valerolactone in dioxane over mixed MgO–Al₂O₃ supported Ni catalyst.* *Catalysis Today*, 274, 55-59. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2016.01.056>
- Kumar, V. V., Naresh, G., Sudhakar, M., Anjaneyulu, C., Bhargava, S. K., Tardio, J., . . . Venugopal, A. (2016).** *An investigation on the influence of support type for Ni catalysed vapour phase hydrogenation of aqueous levulinic acid to γ -valerolactone.* *RSC Advances*, 6(12), 9872-9879. doi: 10.1039/C5RA24199E
- Nemanashi, M., Noh, J.-H., & Meijboom, R. (2018).** *Hydrogenation of biomass-derived levulinic acid to γ -valerolactone catalyzed by mesoporous supported dendrimer-derived Ru and Pt catalysts: An alternative method for the production of renewable biofuels.* *Applied Catalysis A: General*, 550, 77-89. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2017.10.015>

- Piskun, A. S., Ftouni, J., Tang, Z., Weckhuysen, B. M., Bruijninx, P. C. A., & Heeres, H. J.** (2018). Hydrogenation of levulinic acid to γ -valerolactone over anatase-supported Ru catalysts: Effect of catalyst synthesis protocols on activity. *Applied Catalysis A: General*, 549, 197-206. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2017.09.032>
- Santoro, S., Ferlin, F., Luciani, L., Ackermann, L., & Vaccaro, L.** (2017). Biomass-derived solvents as effective media for cross-coupling reactions and C–H functionalization processes. *Green Chemistry*, 19(7), 1601-1612. doi: 10.1039/C7GC00067G
- Shylesh, S., Gokhale, A. A., Ho, C. R., & Bell, A. T.** (2017). Novel Strategies for the Production of Fuels, Lubricants, and Chemicals from Biomass. *Accounts of Chemical Research*, 50(10), 2589-2597. doi: 10.1021/acs.accounts.7b00354
- Werpy, T., & Petersen, G.** (2004). *Top Value-Added Chemicals from Biomass: Volume I -- Results of Screening for Potential Candidates from Sugars and Synthesis Gas*. United States.
- Yoshida, R., Sun, D., Yamada, Y., Sato, S., & Hutchings, G. J.** (2017). Vapor-phase hydrogenation of levulinic acid to γ -valerolactone over Cu-Ni bimetallic catalysts. *Catalysis communications*, 97, 79-82. doi: <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2017.04.018>
- Zhang, Y., Chen, C., Gong, W., Song, J., Zhang, H., Zhang, Y., . . . Zhao, H.** (2017). Self-assembled Pd/CeO₂ catalysts by a facile redox approach for high-efficiency hydrogenation of levulinic acid into gamma-valerolactone. *Catalysis communications*, 93, 10-14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2017.01.008>

CATALIZADORES DE Ni/Al₂O₃-TiO₂-W: SÍNTESIS, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN CATALÍTICA EN LA HIDROGENACIÓN DEL ÁCIDO LEVULÍNICO.

Francisco Antonio Hernández Bravata, José Gilberto Torres Torres,
Adib Abiu Silahua Pavón.

I. RESUMEN

Se sintetizaron por el método de impregnación húmeda una serie de catalizadores de Ni soportados en óxido mixto de Al₂O₃-TiO₂-W con variaciones en la carga de W (3,5 y 7 p/p%). Los catalizadores se caracterizaron por difracción de rayos X(DRX), microscopía electrónica de barrido (MEB), fisisorción de nitrógeno y espectroscopía infrarroja (IR). Los resultados de DRX confirmaron la presencia de nanopartículas de Ni metálico en el material y sugieren que el soporte se encuentra en una estructura amorfa. Por MEB se logró identificar la presencia de todos los elementos en el material, así como la distribución de cada uno de ellos en la red del catalizador. Se encontró que los materiales poseen altas áreas superficiales, esto de acuerdo con los resultados obtenidos por fisisorción de N₂. La actividad catalítica del material se llevó a cabo con la hidrogenación de ácido levulínico (AL) a γ -valerolactona (GVL), dando un rendimiento de 76% en 24 horas de reacción cuando se utiliza el catalizador de Ni con una carga de W de 3%.

Palabras Clave: Níquel, Óxido Mixto, Ácido levulínico, γ -valerolactona.

II. INTRODUCCIÓN

Los rápidos desarrollos de la industria y el transporte en todo el mundo han llevado a un aumento drástico en la demanda de combustibles. Además, la utilización de combustibles fósiles se asocia con un aumento mundial de los niveles de gases de efecto invernadero que se considera la principal causa del cambio climático [1]. La disminución de las reservas de

estos recursos y la degradación del medio ambiente es lo que impulsa la búsqueda de recursos sostenibles y renovables [2].

La biomasa es un recurso abundante y renovable y es el mejor candidato para la producción sostenible de energía para reemplazar los combustibles fósiles, así como productos químicos obtenidos a partir de ellos [3]. Asimismo, la biomasa posee un ciclo cerrado en comparación con los combustibles fósiles, y las emisiones generadas en su procesamiento vuelven a ser capturadas por las plantas en el proceso fotosintético.

La γ -valerolactona (GVL) se considera como una de las moléculas de plataforma más prometedoras que puede ser obtenida de la biomasa lignocelulósica, ha sido extensamente estudiada [4-7], ya que puede ser convertida en precursores de combustible, tales como butenos, hidrocarburos y ácido pentanoico. La GVL se obtiene de la hidrogenación de ácido levulínico (AL) [8-10], este se obtiene fácilmente de catálisis ácida de celulosa o azúcares C₆[11]. La hidrogenación catalítica de AL para obtener GVL se ha investigado usando catalizadores de metales nobles como rutenio (Ru), paladio (Pd), platino (Pt) e iridio (Ir) [12].

Recientemente, las investigaciones se han centrado en la utilización de catalizadores de metal no nobles, tales como Cu, Ni, Fe, Al y Mg [13], estos catalizadores se prefieren antes que los catalizadores de metales preciosos debido a su abundancia y son muchos menos costosos que los metales preciosos. Los catalizadores níquel están siendo estudiados ampliamente ya que han demostrado tener alta actividad en la conversión de AL y una alta selectividad hacia GVL. Hengst et al [14] sintetizaron una serie de catalizadores de Ni/Al₂O₃ utilizando diferentes métodos de síntesis, obtuvieron la mayor conversión y rendimiento con el catalizador preparado por impregnación húmeda (90% de conversión de AL y 75% de rendimiento de GVL), atribuyeron esta actividad catalítica a la presencia de partículas más pequeñas de Ni en este material.

El soporte juega un rol fundamental en los catalizadores ya que puede contrarlar su rendimiento catalítico. Jiang et al [15] sintetizó un catalizador de Ni soportado en un óxido mixto de MgO-Al₂O₃ y obtuvieron un 99.7% de rendimiento de GVL, la gran área superficial y la alta dispersión del Ni sobre el soporte mejoró la actividad y la selectividad hacia GVL cuando se comparó con Ni/MgO y Ni/Al₂O₃. Enumula et al [16] observaron que el aumento de la acidez en el catalizador ZrO₂ / SBA-15, debido a la mayor proporción de ZrO₂ (25% en peso), mejoró la selectividad de GVL. Sin embargo, un aumento adicional de

la acidez (para el 30% en peso de ZrO_2) condujo a la generación significativa de productos de deshidratación y productos de apertura de anillo de GVL, con una disminución en la selectividad de GVL. De manera similar, Kumar et al [17] observaron que la conversión de AL fue iniciada por los sitios ácidos de Lewis en los catalizadores basados en Ni, mientras que la fuerte acidez de Brønsted en Ni / ZrO_2 , Ni / $\gamma-Al_2O_3$ y Ni / TiO_2 resultó en los productos de apertura de anillo de GVL.

En la presente investigación, se sintetizaron catalizadores de Ni soportados en óxidos mixtos de $Al_2O_3-TiO_2-W$ con variaciones en la carga de W, estos catalizadores se probaron en la reacción de hidrogenación catalítica de AL para obtener GVL.

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Sintetizar y caracterizar nanocatalizadores de Ni, soportados en $Al_2O_3-TiO_2-W$ para la hidrogenación en la producción de γ -valerolactona (GVL) a partir del ácido levulínico.

IV. MATERIALES Y METODOS

La síntesis del soporte se realizó por el método sol-gel, se efectuó una hidrólisis entre el butóxido de titanio $[Ti(OCH_2CH_2CH_2CH_3)_4]$ y tri-sec-butoxido de aluminio $Al[OCH(CH_3)C_2H_5]_3$, se utilizó como disolvente 1-butanol y 2-butanol. Una vez lograda la mezcla, se disolvió metatungstano de amonio hidratado $((NH_4)_6H_2W_{12}O_{40} \cdot xH_2O)$ en la solución de ácido acético y se adicionó a la mezcla mediante un goteo lento, posteriormente la solución se dejó en un proceso de envejecimiento a $70\text{ }^\circ\text{C}$ durante 24 horas, después se extrajeron los solventes en un rotavapor y se secó en una estufa a $120\text{ }^\circ\text{C}$ por 12 horas. Finalmente se calcinó a $500\text{ }^\circ\text{C}$.

La síntesis del catalizador de níquel se realizó mediante impregnación húmeda. Se utilizó 3g de óxido mixto para sumergirlo en agua desionizada (80 mL), se mantuvo en agitación vigorosa. Se disolvió la cantidad de la sal de Níquel $(Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O)$ (pureza 99.99%) para obtener 10% en peso del metal. Se adicionó a la mezcla agua-óxido mixto y se dejó en agitación por 4 horas. La extracción del solvente se realizó con un rotavapor. Se secó a $120\text{ }^\circ\text{C}$ por 12 horas. Posteriormente se realizó la reducción en una atmósfera de hidrógeno con un flujo de 10 mL/min.

Los patrones de difracción de rayos X se obtuvieron en un difractómetro BRUKER modelo D-8, con una radiación de $\text{CuK } \alpha$, $\lambda=1.54059 \text{ \AA}$; 40kV, 30 mA con una velocidad de barrido de $2\theta/\text{min}$ desde 20 a 80° . Las áreas superficiales de las muestras se determinaron a partir de las isothermas de adsorción de nitrógeno a -196°C por el método BET y las distribuciones de poro se obtuvieron de las isothermas de desorción por del método BJH. Estas determinaciones se efectuaron en un equipo Micromeritics TriStar 3020 II. Antes del análisis, las muestras se desgasificaron a 300°C durante 4 h.

Las muestras se analizaron por microscopia electrónica de barrido (SEM). Las muestras se montaron sobre cinta conductora de carbono de doble cara en un porta muestra de aluminio. Posteriormente se observaron en un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6010LA a 20 kV de voltaje de aceleración en condiciones de alto vacío a diferentes aumentos. Se utilizó un detector de energía dispersiva (EDS) acoplado al SEM para realizar el análisis semicuantitativo y de distribución de elementos en la superficie de las muestras. Las imágenes se procesaron en el Software InTouchScope™.

V. RESULTADOS

Los resultados obtenidos por el análisis de difracción de rayos x de los catalizadores de Ni/ATW3, Ni/ATW5, Ni/ATW7 se muestran en la Figura 1, solo se identificó el patrón de difracción característico del Ni en su fase metálica con picos de difracción a $2\theta= 44.0^\circ$, 51.5° y 64.4° correspondientes a los planos (111), (200) y (220) [18,19]. No se encontró ninguna señal característica del soporte, esto indica que el material posee una estructura amorfa o con muy poca cristalinidad[20], esto es porque los óxidos no se mezclan debido a las diferencias significativas en el comportamiento de cristalización entre el TiO_2 y Al_2O_3 , la cristalización del TiO_2 comienza a una temperatura de aproximadamente 400°C , que es mucho más baja que la de 600°C para el Al_2O_3 , la alúmina amorfa recubre al óxido de titanio e impide el crecimiento de cristales de anatasa, por esta razón el material no muestra difracciones características de los óxidos[21,22]. El W no se observa debido a que está muy disperso en el material. No se observaron las fases cristalinas del óxido de tungsteno en estas dos muestras lo cual indica que está muy disperso en el material.

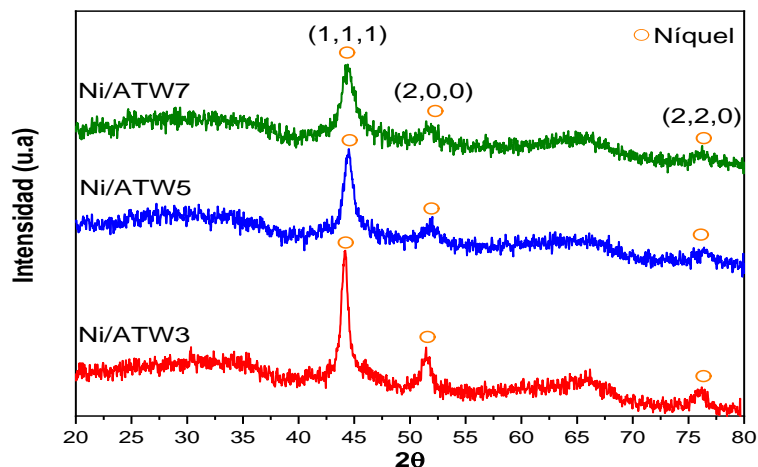


Figura 1. DRX de los catalizadores de Ni/ATW.

La tabla 1 muestra los tamaños de cristal del níquel, el cálculo se realizó empleando la ecuación de Scherrer. Se observó una disminución en el tamaño del cristal conforme aumenta la cantidad de W.

Tabla 1. Tamaño de cristal calculado por la ecuación de Scherrer

Catalizador	2θ	FWHM	D Ni (nm)
Ni/ATW3	44.47	0.62	14.46
Ni/ATW5	44.43	1.10	8.15
Ni/ATW7	44.49	1.15	7.80

Las isotermas de adsorción-desorción para los materiales sintetizados se presentan en la Figura 2. Se puede observar que, para los materiales sintetizados, las isotermas de adsorción-desorción son de tipo IV, con un lazo de histéresis típico de materiales mesoporosos. Estas se caracterizan por presentar interacciones débiles entre adsorbente y adsorbato [23]. Se observa que no tienen un tipo de histéresis definida de $P/P_0 = 0.5-0.8$ se comporta como H1 característica de mesoporos cilíndricos relativamente uniformes y de $P/P_0 = 0.8-1$ se comporta como H3 que se relacionan con sólidos que presentan agregados de partículas en forma de placas paralelas, lo que da lugar a poros en forma de rendijas. Este comportamiento se debe a lo observado en DRX que sugiere que los óxidos del soporte se

encuentran separados, la H1 puede ser atribuida a la adsorción del TiO₂ y la H3 a la adsorción de Al₂O₃.

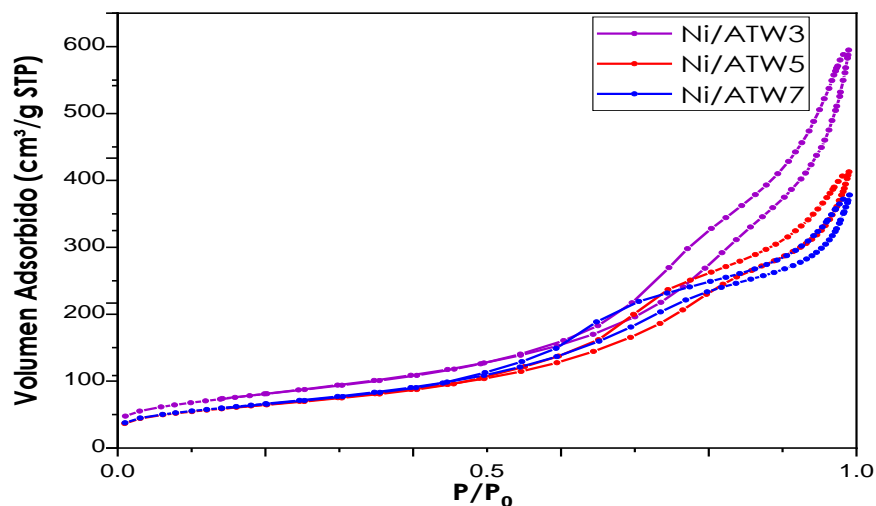


Figura 2. Isotermas de adsorción-desorción de N₂ de los catalizadores de Ni/ATW.

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de la medición de área superficial por el método BET, así como el tamaño y volumen de poro que se obtuvo de la información de las isotermas que presentaron los materiales.

Tabla 2. Propiedades texturales de los catalizadores.

Material	S _{BET} (m ² g ⁻¹)	V _{B_{JH}} (cm ³ g ⁻¹)	D de poro(nm)
Ni/ATW3	293.96	0.73	11.80
Ni/ATW5	235.79	0.51	10.17
Ni/ATW7	240.38	0.47	9.08

Se puede observar que los materiales presentan áreas superficiales altas, con valor máximo de 293.96 m²g⁻¹ del material Ni/ATW3. Estos valores altos de áreas superficiales se obtienen por la estructura amorfa del soporte, ya que los materiales amorfos presentan áreas superficiales más altas que los materiales cristalinos.

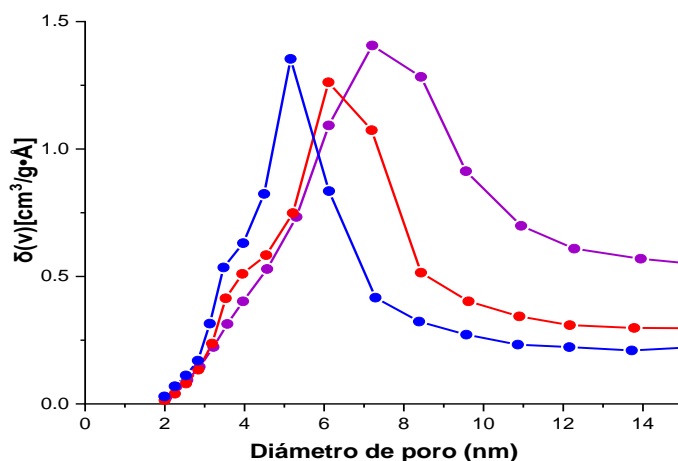


Figura 3. Distribución de tamaño de poros.

La Figura 3 muestra la distribución de tamaño de poro, en la cual se puede observar que al aumentar la carga de W en los materiales los poros serán más pequeños, esto porque el W se inserta en la red del material. Cuando se deposita el Ni en el soporte, los diámetros de poros se desplazan hacia valores más pequeños esto debido a que se deposita en los poros del material.

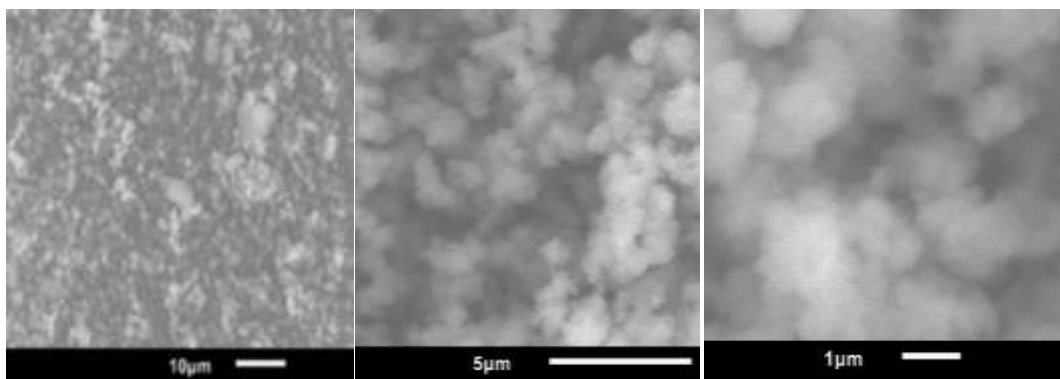


Figura 4. Micrografías MEB del catalizador de Ni/ATW5.

En la Figura 4, se muestran las micrografías MEB del material Ni/ATW5. Se puede observar que el material no presenta una geometría definida. se observan zonas brillantes en el material las cuales se atribuyen a la presencia del Ni metálico en la superficie del material.

En la Figura 5, se presenta el mapeo elemental MEB-EDS. Se puede observar que todos los elementos se encuentran distribuidos por toda la red del material, por esta razón no se observa el W en DRX debido a la dispersión que tiene en el material [20].

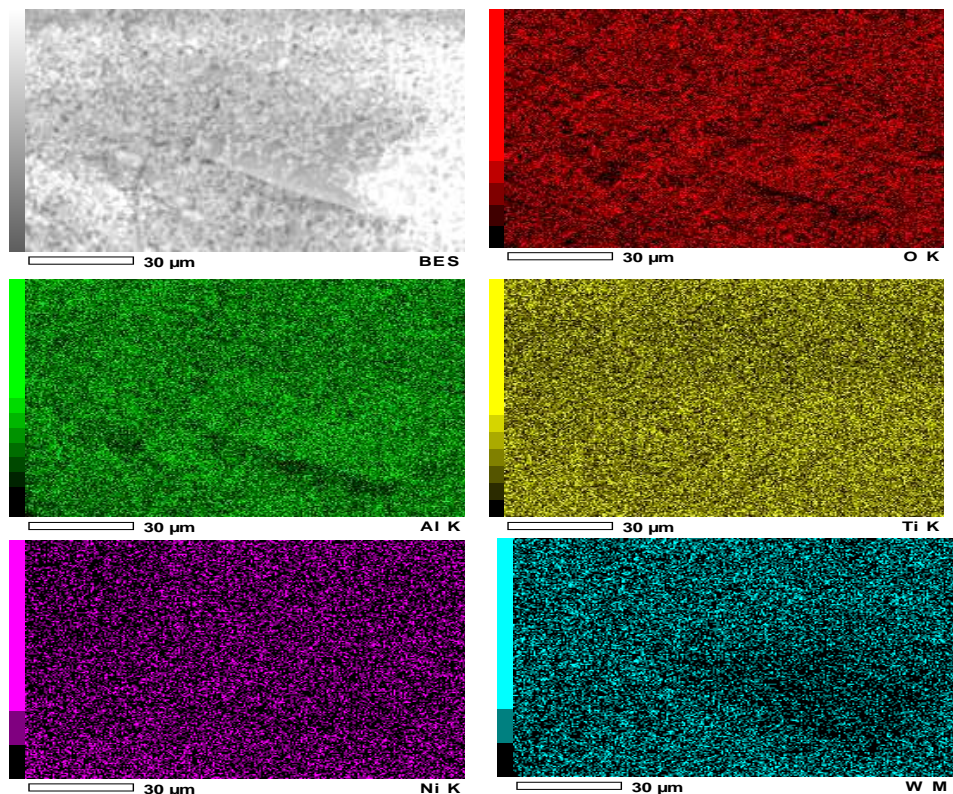


Figura 5. Mapeo MEB-EDS del material Ni/ATW5.

En la Tabla 3 se muestran los datos obtenidos por el análisis elemental. Los datos muestran que los contenidos de los elementos en el material son similares a los valores teóricos con una ligera variación, esta variación puede ser porque esta es una técnica semicuantitativa, sin embargo, proporciona una buena aproximación de las proporciones elementales.

Tabla 3. Datos de análisis elemental MEB-EDS

Elemento	% en peso
O	41.65
Ti	22.51
Al	21.03
W	5.15

Ni	9.66
----	------

La Figura 6, corresponde al espectrograma de Ni/ATW5 con esto se corrobora la presencia de los elementos que componen al material. Se observa que no hay enlace entre TiO_2 y Al_2O_3 , esto explica por qué se observa en fisisorción de N_2 la influencia de estos dos óxidos en el lazo de histéresis.

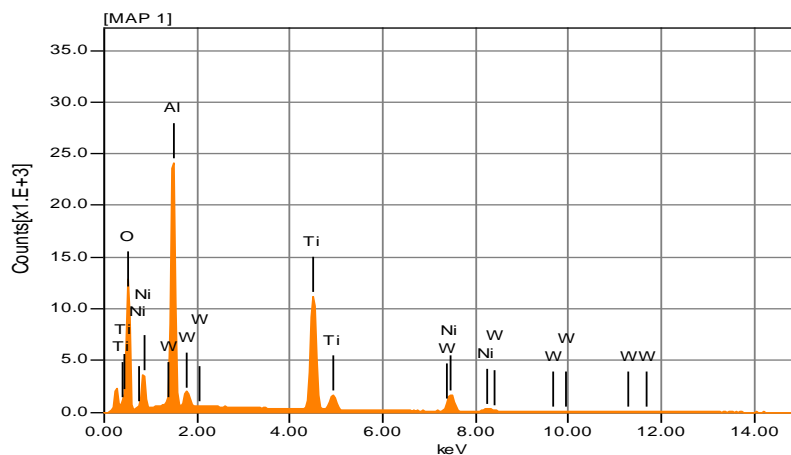


Figura 6. EDS del catalizador Ni/ATW5.

Los catalizadores sintetizados fueron probados en la hidrogenación catalítica de AL para obtener GVL. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 7, a las 23h se obtuvo un máximo rendimiento del 74.8% cuando se utiliza el catalizador Ni/ATW3 y se observa que el rendimiento disminuye al incrementarse la carga de W en el soporte. Este comportamiento se debe a que entre menos carga de W la relación de sitios ácidos y básicos del soporte disminuye, esto favorece la deshidratación, que es el primer paso en la reacción de hidrogenación de AL a GVL [20].

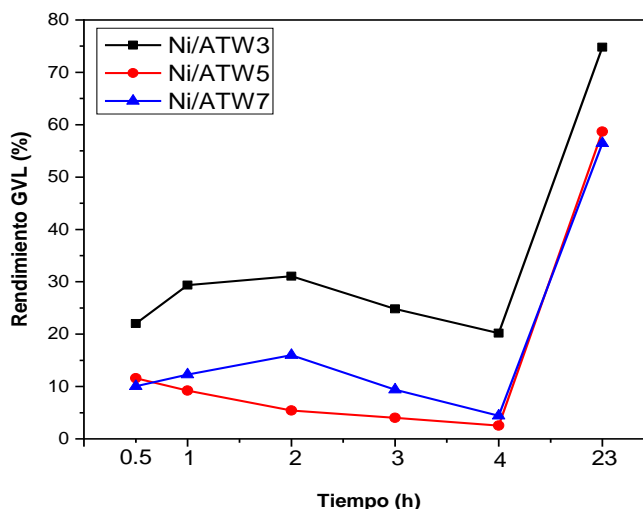


Figura 7. Rendimiento de GVL

También se puede observar una baja en el rendimiento en los tres materiales, esto se debe a que el TiO_2 y Al_2O_3 presentan una acidez alta de tipo Bronsted y de acuerdo con lo observado por Kumar y colaboradores [17], esto provoca que el anillo de GVL se rompa y se formen otros productos. En la figura 8, se muestra el rendimiento y la conversión máxima de los tres catalizadores, puede observarse que los catalizadores son muy activos para la conversión de AL

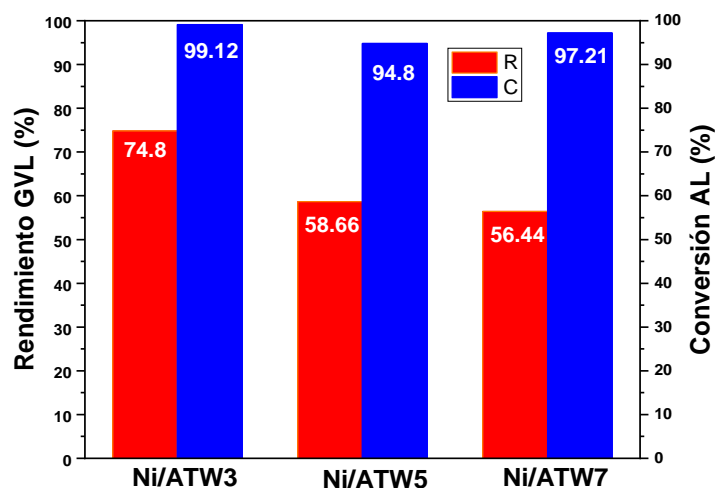


Figura 8. Rendimiento de GVL y conversión AL

VI. CONCLUSIONES

Con este trabajo, se demostró que los catalizadores de Ni son muy activos para la conversión de AL $>95\%$, sin embargo, no mostraron una alta selectividad hacia GVL en las primeras horas de reacción. Se obtuvo un rendimiento de 74.8% de GVL a las 23h de reacción con el catalizador Ni/ATW3 el mejor desempeño del catalizador se atribuye a la influencia de soporte, esto es porque a mayor carga de W la acidez del material se incrementa provocando la ruptura del anillo de GVL. Con esto se demuestra las propiedades acido-base del soporte juegan un papel muy importante en la obtención de GVL.

VII. PROPUESTAS

Investigar la reacción utilizando diferentes disolventes y diferentes cargas de catalizador.

VIII. REFERENCIAS

- Nigam, P.S., Singh, A.** (2011). *Progress in energy and combustion science*, 37, 52-68.
- Son, P. A., Nishimura, S., Ebitani, K.** (2014). *RSC Advances*, 4, 10525-10530.
- Alonso, D.M., Wettstein, S.G., Dumesic, J.A.** (2012) *Chemical Society Reviews*, 41, 8075-8098.
- Alonso, D.M., Wettstein, S.G., Dumesic, J.A.** (2013). *Green Chemistry*, 15, 584-595.
- Wettstein, S.G., Bond, J.Q., Alonso, D.M., Pham, H.N., Datye, A.K., Dumesic, J.A.** (2012). *Applied Catalysis B: Environmental*, 117, 321-329.
- Wettstein, S.G., Alonso, D.M., Chong, Dumesic, J.A.** (2012) *Energy & Environmental Science*, 5, 8199-8203.
- Sen, S.M., Wettstein, S.G., Alonso, D.M., Gürbüz, E.I., Henao, C.A., Dumesic, J.A., Maravelias, C.T.** (2012) *Energy & Environmental Science*, 5, 9690-9697.
- Manzer, L.E.**, *Appl. Catal. A: Gen.* 272 (2004) 249–256.
- Alonso, D.M., Wettstein, S.G., Dumesic, J.A., Gallo, J.M., Mellmer, M.A.** (2013). *Catal. Sci. Technol.* 3, 927–931.
- Chen, S.S., Maneerung., Tsang, T D.C.W., Ok, Y.S., Wang, C.-H.** (2017). *Chem. Eng. J.* 328, 246–273,
- Girisuta, B., Janssen, L.P.B.M., Heeres, H.J.** (2006). *Green Chem.* 8, 701–709
- Dutta, S., Yu., I.K.M., Tsang, D.C.W., Ng, Y.H., Ok, Y.S., Sherwood, J., Clark, J. H.** (2019). *Chemical Engineering Journal.* 372, 992–1006.
- Liu, D., Zhang, L., Han, W., Tang, M., Zhou, L., Zhang, Y., Li, X., Qin, Z., Yang, H.** (2019) *Chem. Eng. J.* 369, 386–393,
- HengsT, K., Ligthart, D.A.J.M., Doronkin, D.E., Walter, K.M., Kleist, W., Hensen, E.J.M., Grunwaldt, J.D.** (2016). *Ind. Eng. Chem. Res.* 56 (2017) 2680–2689.
- Jiang, K., Sheng, D., Zhang, Z., Fu, J., Hou, Z., Lu, X.** (2016) *Catal. Today.* 274, 55–59.
- Enumula, S.S., Gurram, V.R.B., Kondeboina, M., Burri, D.R., Kamaraju, S.R.R.** (2016), *RSC Adv.* 6, 20230–20239.
- Kumar, V.V., Naresh, G., Sudhakar, M., Anjaneyulu, C., Bhargava, S.K., Tardio, J., Reddy, V.K., Padmasri, A.H., Venugopal, A.** (2016) *RSC Adv.* 6, 9872–9879
- Gundeboina, R., Kumar, V., Gutta, N., Medak, S., Aytam, H.P.** (2019). *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis.* (2019)

Song, S., Yao, S., Cao, J., Di, L., Wu, G., Guan, N., Li, L. (2017). *Applied Catalysis B: Environmental*. 217, 115–124

Cordova, G.E., Torres, G., Ortiz, F., Godavarthi, S., Silahua, A. A., Izquierdo, A., Da Costa, P., Hernández, N., Aleman, M., Espinosa, C. G. (2018). *ChemistrySelect*. 3, 12854–12864.

Jiang, X., Bastakoti, B.P., Weng, W., Higuchi, T., Oveisi, H., Suzuki, N., Chen, W., Huang, Y., Yamauchi, Y. (2013). *Chem. Eur. J.* 19, 10958 – 10964.

Ismail, A. A., Abdelfattah, I., Atitar, M. F., Robben, L., Bouzid, H., Al-Sayari, S.A., Bahnemann, D.W. (2015). *Separation and Purification Technology* 145, 147–153.

Cychosz, K. A., Guillet, R., Garcia, J., Thommes, M. (2016). *Chem. Soc. Rev.*

PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA EN LA ZONA COSTERA DE PARAÍSO, TABASCO MÉXICO

José del Carmen Hernández de la Cruz, Eduardo Torres Aguilar.

I. RESUMEN

El Estado de Tabasco cuenta con un enorme potencial eólico. Entre los sitios identificados con viento de alta calidad se encuentran la zona costera, de Paraíso, Tabasco, México. Donde actualmente se construye la refinería de “Dos Bocas”, dicho potencial no se ha explotado. El presente trabajo analizó dicha zona con potencial para la generación de energía a partir de los vientos de la zona costera de Paraíso, considerando los aspectos que fomenten e incentiven la producción de energía eólica. Los resultados indican que además del desarrollo tecnológico requerido, se deben fortalecer los aspectos legales que fomenten e incentiven la producción de energía eólica, y establecer regulaciones y normas ambientales que protejan al ambiente y a las poblaciones.

Palabras Clave: Energía eólica, Energías renovables, Normas.

II. INTRODUCCIÓN

Utilizar el potencial de aprovechamiento de la energía eólica es una alternativa para obtener energía eléctrica no contaminante, que evita daños ambientales esta central eólica se puede instalar en la zona costera de Paraíso Tabasco, México; donde actualmente se está construyendo la refinería Dos Bocas.

Al comparar la energía eólica con otras formas de producción de energía, tales como las centrales térmicas o las nucleoelectricas, resulta la más cercana a la sustentabilidad. Las plantas eólicas no utilizan combustibles como el carbón, combustóleo o cualquier derivado del petróleo o gas natural. Tampoco emiten contaminantes al aire, ni provocan el efecto invernadero o consumen agua u otro tipo recurso natural. Además, si se las compara con una planta nucleoelectrica, las centrales eólicas no generan residuos peligrosos, ni presentan riesgos a gran escala para las poblaciones cercanas (Caldera, 2000).

Actualmente las energías renovables han tomado auge debido a que los seres humanos están acabando con las energías no renovables, así como el calentamiento global que está sufriendo nuestro planeta.

La rotación de la tierra y los cambios estacionales de la radiación solar incidente, que provocan variaciones en la magnitud y dirección de los vientos dominantes en la corteza terrestre (Moragues y Rapallini, 2004).

Es por ello que se realizó una propuesta para aprovechar el potencial de la energía eólica para producir electricidad en la zona costera de Paraíso, Tabasco, México. Dicha central eólica se puede construir cerca del puerto de Dos Bocas, en la zona costera que se ubica en el municipio de Paraíso y dista a menos de 10 km de la ciudad de Paraíso, Tabasco que es la cabecera municipal, y a 80 km de la ciudad de Villahermosa la capital del estado de Tabasco, México.

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Elaborar una propuesta para el aprovechamiento de la energía eólica en la zona costera de Paraíso, Tabasco México.

Objetivos específicos

- Identificar el número de Plantas eólicas operando en México.
- Analizar la ubicación de la Planta eólica para la producción de energía eléctrica en la zona costera de Paraíso, Tabasco, México.

IV. MATERIALES Y METODOS

Este trabajo es resultado de una investigación documental analítica realizada en artículos y publicaciones de bases de datos científicas y de organismos internacionales: Comisión Federal de Electricidad de México (CFE), Secretaría de Energía de México (SENER), Comisión Reguladora de Energía (CRE), Diario Oficial de la Federación de México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI).

El trabajo analizó una propuesta para el aprovechamiento de la energía eólica en la zona costera de Paraíso, Tabasco, México donde actualmente se está construyendo la Refinería Dos Bocas.

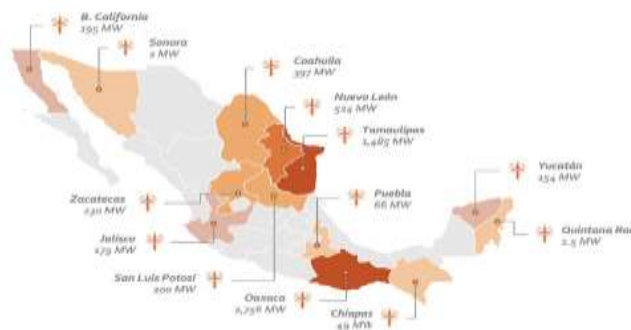
V. RESULTADOS

En México hay 50 plantas eólicas en función, cuya capacidad instalada alcanza los 5 mil MW, la mayor parte de ellas en el estado de Oaxaca.

Se estima que cada hogar en nuestro país consume aproximadamente 4 mil kilowatts por hora al año (KWh), es decir, que actualmente la energía generada por el viento alimenta de luz a casi 4 millones 200 mil hogares mexicanos anualmente. (amdee, 2020.)

Actualmente existen 13 Estados en México que producen electricidad utilizando la energía eólica, como se muestra a continuación con base a los resultados que muestra la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE).

Figura 1. Centrales eoloeléctrica en México año 2020.



Fuente: Asociación Mexicana de Energía Eólica, “Capacidad instalada de energía eólica en México”.

Disponible en línea: <http://www.amdee.org> [consultado el 01 de octubre de 2020].

Actualmente existen 54 parques eólicos operando en México y de acuerdo a datos reportados en el 2018 por AMDEE, existen 2447 auto generadores operando en México.

Figura 2. Propuesta de Localización de la Central eólica



Fuente: <https://www.puertodosbocas.com.mx>

En el sector de la energía renovable como la energía eólica trabaja para generar energías limpias utilizando los recursos que existe en México, la energía eólica en México genera electricidad que beneficia a miles de familias mexicanas, actualmente en la zona costera de Paraíso, Tabasco no se cuentan con una central eoloeléctrica que suministre energía eléctrica a la refinería Dos bocas que se está construyendo en dicho lugar.

Figura 3. Ubicación de la central eólica.



Fuente: <https://www.puertodosbocas.com.mx>

VI. DISCUSIÓN

La energía eólica es limpia, el poder del viento no produce desechos peligrosos, ni contribuye al calentamiento global. Es abundante y confiable, México cuenta con uno de los recursos eólicos más importantes a nivel mundial como el que se encuentra en la zona costera de Paraíso, Tabasco, donde se construye actualmente la refinería Dos bocas.

Es económica con los precios actuales del gas y del petróleo, la generación de electricidad mediante el poder del viento es altamente competitiva.

De bajo impacto a diferencia de otras tecnologías, los parques eólicos no son instalaciones que tengan un alto impacto en su entorno.

La tecnología para aprovechar el viento se ha vuelto más confiable y segura y las tecnologías de prospección permiten altos niveles de certidumbre en cuanto a producción eléctrica, hasta con 7 días de anticipación.

La energía del viento es una de las tecnologías más populares y ampliamente aceptadas a nivel mundial. Las encuestas de opinión arrojan que más del 80% de las personas encuestadas, están a favor de energía del viento. (AMDEE, 2018).

VII. CONCLUSIONES

La Comisión Federal de electricidad ha sido pionera en la instalación de centrales eólicas en la explotación eólica comercial, para suministrar energía a grandes empresas o industrias.

De acuerdo a la información consultada se puede concluir que, si es viable aprovechar de la energía eólica en la zona costera de Paraíso, Tabasco México, con el objetivo de generar energía eléctrica para suministrar a la refinería de Dos Bocas, Paraíso, Tabasco, México.

VIII. PROPUESTAS

Potencial de aprovechamiento de la energía eólica en la zona costera de Paraíso, Tabasco México, para generar energía eléctrica en la refinería Dos bocas, dicha zona cuenta con potencial para la generación de energía a partir de los vientos de la zona costera de Paraíso. La central eoloeléctrica se puede establecer en la zona costera de Paraíso, Tabasco que se encuentra ubicada en la Carretera Federal Puerto Ceiba – Paraíso, Col. Quintín Arauz. Paraíso, Tabasco. C.P. 86600. Dicha central eoloeléctrica se puede establecer en la zona costera, cerca del puerto de Dos Bocas se localiza en el municipio de Paraíso (Tabasco), entre los 18° y 20' de latitud Norte, y los 93° 11' de longitud Oeste.

IX. REFERENCIAS

Administración Portuaria Integral de Dos Bocas S.A de C.V.
https://www.puertodosbocas.com.mx/docs/pdf/PDF_Puerto/PH_DOSBOCAS2011.pdf

Caldera ME (2000) *Potencial de la energía eoloeléctrica en México.* Greenpeace México. pp. 16-17.

CFE (2004) *El futuro de la energía renovable. 10º seminario de ahorro de energía, cogeneración y energía renovable.* Comisión Federal de Electricidad. CONAE. México.

CONAE (2003) *Guía de gestiones para implementar una planta de generación eléctrica que utiliza energía renovable en México.* CONAE, México. 77 pp.

Eólica, A. M. (18 de 06 de 2019). AMDEE. Obtenido de <http://www.fondoamdee.com.mx/>

Fuerza Eólica (1994) *Evaluación de Impacto Ambiental. N° 2778. Proyecto Cozumel 2000, S.A. DE C. V.* pp. 5-25.

González-Ávila, M. E., Beltrán-Morales, L. F., Troyo Diéguez, E., & Ortega-Rubio, A. (4, abril, 2006). *Potencial de aprovechamiento de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en zonas rurales de México.* *Interciencia*, vol. 31, núm., pp. 240-245.

Moragues JA, Rapallini AT (2004) *Aspectos ambientales de la energía eólica.*
<http://iae.org.ar/renovable60.pdf>

Sergio Juárez Hernández, G. L. (Julio-septiembre 2014). *Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social.* *Revista Latinoamericana de Economía*, vol. 45, núm. 178, pp. 139-162.

DESEMPEÑO DE CATALIZADORES BIMETÁLICOS MEDIANTE ESPECTROSCOPIA UV VIS

Eduardo Torres Aguilar, Daniel Gutiérrez Ramos,
José del Carmen Hernández de la Cruz.

I. RESUMEN

Los análisis de catalizadores bimetalicos sobre óxidos mixtos son una alternativa para el tratamiento de aguas residuales con presencia de compuestos químicos derivados de procesos químicos como el Fenol, compuesto altamente toxico que no puede ser degradado en plantas de aguas residuales convencionales. En este trabajo se presenta el análisis de espectroscopia UV en catalizadores bimetalicos Au-Ru soportados en TiO_2-CeO_2 y las propiedades fisicoquímicas empleados en la oxidación vía húmeda del Fenol.

Se evaluó el desempeño del catalizador en la oxidación vía húmeda del fenol, correlacionando estos resultados con sus propiedades fisicoquímicas. El área del soporte fue maximizada utilizando 5% de Ceria en la relación de peso del TiO_2/CeO_2 , también se estabilizo la fase Titania a consecuencia del promotor, observando una actividad catalítica que favorece los catalizadores Au-Ag soportados en TiO_2/CeO_2 como una opción más en la oxidación vía húmeda del Fenol.

Palabras Clave: Fenol, TiO_2-CeO_2 , OCVH

II. INTRODUCCIÓN

La nanotecnología ha mostrado un impacto dinámico en los diferentes ámbitos de la investigación actual, con resultados sorprendentes en los diagnósticos moleculares, las terapias regenerativas, el desarrollo de nuevos: fármacos, materiales, plásticos, electrónicos, catalizadores industriales, productos químicos para la eliminación de contaminantes 1,2,3 y mucho de ello se deben principalmente a los procesos de diseño, síntesis y manipulación de las nanoestructuras que integran este campo de las ciencias aplicadas.4,5

Por lo tanto, una etapa fundamental en los avances de la ciencia y tecnología son los procedimientos físicos y químicos para generar partículas de tamaño nanométrico con concretas funciones. Es decir, dependiendo de la naturaleza del nanomaterial sintetizado la ruta de síntesis de nanopartículas tiene un efecto sobre las propiedades (ópticas, eléctricas, mecánicas, entre otros) resultantes. 6-9

Existe una gran variedad de nanomateriales con diferentes composiciones químicas y propiedades que incluyen metales nobles, magnéticos, dieléctricos, semiconductores, tierras raras, etc.10-12

En este contexto, el oro es un metal con mayor crecimiento dentro de la industria nanotecnológica, que es incorporado en los diseños que ya están en el mercado de consumo, nanopartículas de estos materiales. Por ejemplo, la absorción del espectro cercano al infrarrojo que evidencia ciertas nanopartículas de oro es utilizado para aumentar la efectividad de sensores, desarrollar recubrimientos ópticos y preparar catalizadores.13

En este sentido las aleaciones de oro dispersos en óxidos mixtos han tenido un interés creciente por sus propiedades catalíticas en procesos de oxidación. La pérdida de biodiversidad de los ecosistemas acuáticos de la tierra es causada por efluentes provenientes de procesos urbanos e industriales, que son vertidos en los ríos, mares, lagunas y suelos, sin el debido tratamiento de purificación, destrucción o degradación de sustancias inorgánicas u orgánicas que contienen. (Kim et al., 2011 [1]; Martínez et al., 2011 [2], Almanza-Núñez, et al., 2011[3]).

El Ru es un excelente catalizador y se utiliza en reacciones que incluyen hidrogenación, isomerización, oxidación y reformación. Los usos del rutenio metálico puro son mínimos.

En enero del 2011, la Secretaria de Salud, pronuncio el registro de 60 cuerpos de agua de ríos y lagunas de Tabasco contaminados por heces fecales y desechos tóxicos, consecuencia de la mala disposición de la basura y del tratamiento de las aguas de descarga. Estudios de Almanza-Núñez et al y Kim et al, señalaron que la contaminación de los mantos acuíferos se debe a la migración de compuestos activos organoclorados, alifáticos, aromáticos y bacterias a través del suelo, procedentes de plaguicidas, herbicidas, productos farmacéuticos y aguas residuales de uso doméstico e industrial. (Kim et al., 2011[1]; Martínez et al., 2011[2]; Almanza-Núñez, et al., 2011[3]; Lin et al., 2002 [4]).

Existen tratamientos físicos y bioquímicos clásicos en la degradación de contaminantes en agua residual, que se aplican a estos efluentes para cumplir con las especificaciones de descarga al ambiente o de su reciclaje en el proceso. Sin embargo, son parcialmente útiles cuando se trata de contaminantes refractarios. En estos casos, se manifiesta la incapacidad de los métodos convencionales para remover componentes, por lo que se necesitan sistemas nuevos, compactos y eficientes. (Ray et al., 2002 [5], Hosokawa et al., 2003 [6])

Trabajos de investigación de Kim et al y Goemann, et al., han propuesto el uso de los llamados Procesos Avanzados de Oxidación para degradar compuestos orgánicos en medios acuosos tales como: Fenton, Foto-Fenton, oxidación húmeda, fotocatalisis, etc. (Kim et al., 2011[1]; Martínez et al., 2011[2]; Almanza-Núñez, et al., 2011[3]; Lin et al., 2002 [4]; Goemann, et al., 2010 [7]; Rebelli, et al., 2011 [8], Zanella, et al., 2007 [9];

A pesar que el proceso tiene sus orígenes en la tecnología de la madera Strehlenert (Suecia Patente nº 34941, 1911) y de la oxidación del sulfuro de zinc de la hidrometalurgia (U.S.A. Patente nº 1149420, 1915), la eficiencia de la oxidación por vía húmeda manifiesta ciertas dificultades, sobre todo económica, cuando se trata de la oxidación de todo el material orgánico a dióxido de carbono, sin embargo, en los últimos años se han reportado el desarrollo nuevos catalizadores que mejoran la eficiencia de la oxidación, sin la formación de subproductos ambientales dañinos sobre todo con menos costos operativos.

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Determinar el desempeño de catalizadores Bimetálicos mediante espectroscopia UV Vis para reducir la toxicidad de aguas industriales

Objetivos específicos

- Evaluar muestras de Au Ru /TiO₂ al 5% de Ru mediante análisis uv vis
- Evaluar muestras de Au Ru /TiO₂ de sin Ru mediante análisis uv vis

IV. MATERIALES Y METODOS

Para la preparación de soportes de óxidos se empleó la vía Sol-Gel (Regalbuto, 2007). disolviendo butóxido de zirconio, $Ti[O(CH_2)_3CH_3]_4$ (80 %, Aldrich) a goteo lento con Nitrato de Cerio hexahidratado $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ (99.999%, Aldrich) solo en el caso de los óxidos mixtos, en una mezcla bajo agitación vigorosa a una temperatura de 80°C en condiciones de reflujo de agua destilada y butanol (99.9 %, Baker). Terminando el goteo se adicionaron 4 gotas de NH_4OH . Luego de terminada la adición a la mezcla en hidrólisis se mantuvo en agitación constante durante 24h a la temperatura de síntesis. La eliminación del exceso de disolvente y de agua se usó un evaporador rotatorio a temperaturas menores a 90°C, posteriormente del secado en el evaporador rotatorio se dejó el material a 120°C toda una noche. Finalmente se calcinaron a 500°C, con una velocidad de calentamiento de 2°C/min. por 6h.

V. RESULTADOS

Se empleó un espectrómetro UV-Vis marca Varían modelo Cary III el cual tiene un rango de 900 a 190 nm.

Los espectros de absorbancia permitieron obtener los valores de concentración de los compuestos evaluados en los porcentajes específicos de 5% peso de Ce, de tal manera que se pueda determinar la Absorbancia directa a 336 nm y comparar la capacidad de absorción de estos materiales.

Este material solo es activo en la región ultravioleta cercana, por lo que, el TiO_2 solo puede aprovechar alrededor de un 5 % de la intensidad del espectro de la luz solar que es la parte correspondiente a la región ultravioleta que se encuentra por debajo de 400 nm.

Se observa la actividad del oro en la banda de absorción de 525 nm

La compatibilidad que ofrece el óxido metálico de TiO_2 ofrece ventajas sobre otros óxidos semiconductores.

Se muestra en la gráfica se observa un comparativo del desempeño de los bimetálicos.

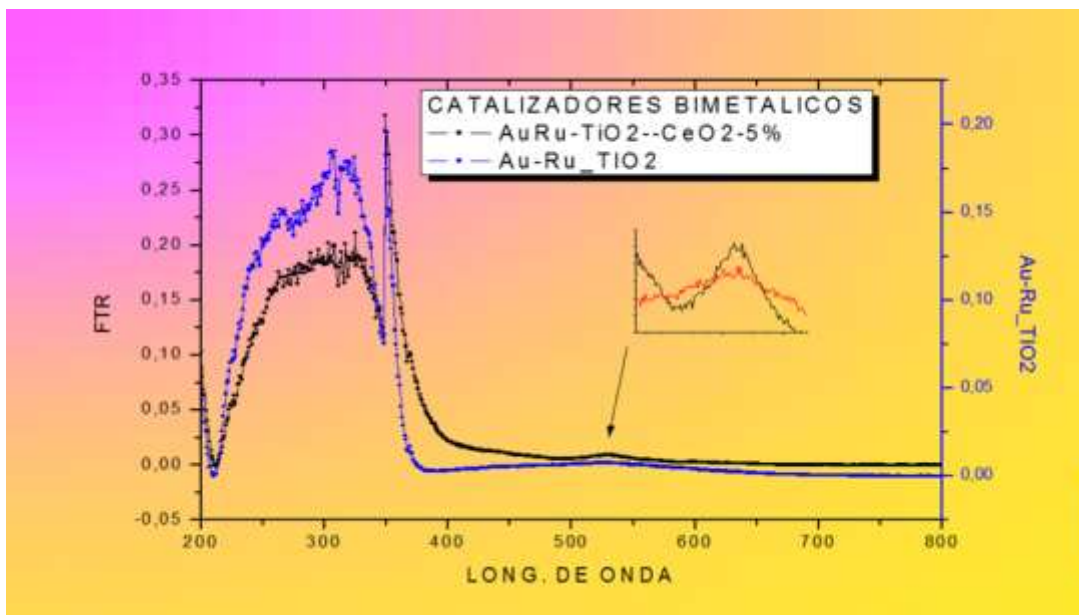


Figura 1. Espectros UV Visibles de catalizadores bimetalicos

VI. DISCUSIÓN

La adición mediante el depósito de Au de manera aleatoria ofrece ventajas importantes, es decir, al interaccionar de forma uniforme y con mínima energía le confiera estabilidad creando la formación partículas de Au sobre sitios específicos de tal manera que los centros activos que no logra cubrir el Ru sean ocupados por el Au.

VII. CONCLUSIONES

Un incremento en la actividad catalítica es mostrado por los catalizadores bimetalicos, esta actividad es producida cuando dos metales con diferente electronegatividad se encuentran en contacto. De esta forma se demuestra el desempeño de catalizadores bimetalicos soportados.

VIII. PROPUESTAS

Considerar el uso de catalizadores bimetalicos como una alternativa viable para la degradación de compuestos orgánicos, específicamente fen La adición mediante el depósito de Au de manera aleatoria ofrece ventajas importantes, es decir, al interaccionar de forma uniforme y con mínima energía le confiera estabilidad creando la formación partículas de Au

sobre sitios específicos de tal manera que los centros activos que no logra cubrir el Ru sean ocupados por el Au.

Fenoles y derivados en los procesos de la industria con objeto de reducir la toxicidad en aguas residuales y disminuir en gran medida los índices de contaminación generados por la industria.

IX. REFERENCIAS

Jackson, R. B., Carpenter, S. R., Dahm, C. N., McKnight, D. M., Naiman, R. J., Postel, S. L., y otros. (s.f.). Water in a Changing World. Obtenido de <http://www.epa.gov/watertrain/step9esa.html>

Turner, R. K., Pearce, D., & Bateman, I. (1993). Environmental Economics. The Johns Hopkins University, 93.

Freeman, H. (1998). Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal. Newk: McGraw-Hill.

Morrone, M., & Lohner, T. (2002). Incinerator Toxic Emissions: A Brief Summary of Human Health Effects with a Note on Regulatory Control. Westport: Greenwood Publishing Group.

Li, N., Descorme, C., & Besson, M. (2008). Application of CeZrPrO-supported noble metal catalysts in the catalytic wet air oxidation of 2-chlorophenol: influence of the reaction conditions. El Seiver, 237-247.

Quintanilla, A., Menéndez, N., Tornero, J., Casas, J. A., & Rodríguez, J. J. (2008). Surface modification of carbon-supported iron catalyst during the wet air oxidation of phenol: Influence on activity, selectivity and stability. El Seiver, 105-114.

CATALIZADORES BIMETÁLICOS Pt-Co/TiO₂ PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES A PARTIR DE 5-HIDROXIMETILFURFURAL

Adib Abiu Silahua Pavón, José Gilberto Torres Torre,
Adrián Cervantes Uribe.

I. RESUMEN

En este trabajo de investigación se estudió el efecto de los catalizadores bimetálicos Pt-Co/TiO₂, sintetizados por el método de la recarga, modificando la relación molar de Pt: Co (1:5, 1:10 y 1:15) para la producción de biocombustibles (2,5-Dimetilfurano) a partir del 5-Hidroximetilfurfural. Los catalizadores se caracterizaron por; Difracción de Rayos X (DRX), Fisisorción de N₂ (BET), Microscopia electrónica de barrido (MEB), las condiciones de reacción fueron de 220°C a una presión de 30 bar, utilizando como agente donador de hidrogeno ácido fórmico, utilizando como solvente de la reacción THF. El catalizador que mostró el mayor rendimiento a 2,5-Dimetilfurano fue el que tenía la relación 1:10 Pt: Co/TiO₂, con 20.4% y una conversión del 99% de 5-Hidroximetilfurfural.

Palabras Clave: Biocombustibles, 2,5-Dimetilfurano, 5-Hidroximetilfurfural, Bimetalicos, Pt-Co. l

II. INTRODUCCIÓN

El consumo excesivo de los recursos naturales y la escasez de combustibles fósiles han provocado problemas evidentes en el mundo(J. Wang et al., 2017). Existen complicaciones por el uso de combustibles fósiles como es: la creciente emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), provocando efectos negativos en su mayoría, como el cambio climático y el calentamiento global, por lo tanto un aumento en los niveles del mar y la desaparición de glaciares, etc.(Gullison et al., 2007) Por consecuencia, se ha provocado una sensación de urgencia entre los investigadores, los profesionales del desarrollo y los trabajadores industriales para encontrar soluciones sostenibles y viables en el área de

desarrollo de energías alternativas para la producción de combustibles y moléculas plataforma de alto valor agregado(Chakraborty et al., 2012). La biomasa es el candidato más adecuado como materia prima para la producción de fuentes alternativas de energía, ya que es abundante, fácil de obtener y rico en carbohidratos que pueden convertirse en productos químicos valiosos(Jiao et al., 2016). La celulosa como una parte importante de la biomasa se compone de bloques básicos de unidades de glucosa que pueden ser transformados en la molécula plataforma, 5-HMF(Zhang et al., 2015).

El 5-HMF, es uno de los doce compuestos químicos de mayor valor agregado ha recibido gran atención durante las últimas décadas. 5-HMF posee un grupo hidroxilo, un grupo aldehído y un anillo de furano, y por lo tanto puede servir como un precursor versátil para la síntesis de una variedad de productos químicos y combustibles(Bond et al., 2013). Por ejemplo, la hidrogenación/hidrogenólisis catalítica de HMF puede generar 2,5-dimetilfurano (2,5 DMF).

El 2,5-DMF es un compuesto heterocíclico de fórmula C_6H_8O (Figura 1). Recientes avances han incrementado su atractivo como biocombustible. Este es un compuesto que se obtiene de fuentes ricas en fructosa, su obtención es mediante deshidratación ácida de la fructuosa para obtener 5-hidroximetilfurfural y luego este se hidrogena catalíticamente.(Qian et al., 2015)

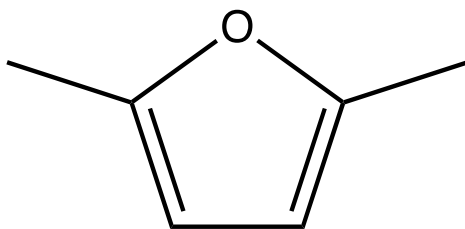


Figura 1. Estructura química del 2,5-Dimetilfurano.

El 2,5-DMF tiene numerosas utilidades como biocombustible. Tiene una densidad de energía un 40 por ciento mayor que el etanol, lo cual hace que sea comparable a la gasolina. Es también químicamente estable (no reacciona violentamente en condiciones normales de trabajo con otros compuestos), es insoluble en agua por lo que no corroe metales, hace puntos azeotrópicos. La evaporación del 2,5-DMF durante el proceso de producción requiere aproximadamente un tercio menos de energía de la necesaria para hacer evaporar al etanol, aunque tiene un punto de ebullición mayor que el del etanol (78 °C).(Zhong et al., 2010)

Por otro lado, para la reacción de 5-HMF a 2,5-DMF, el hidrógeno necesita reaccionar selectivamente con el formilo y grupos hidroxilo sin hidrogenar excesivamente o abrir el anillo de furano. Se informa en la literatura que las nanopartículas bimetálicas PtCo son catalizadores efectivos para la hidrogenación/hidrogenólisis(Tsang et al., 2008). El porcentaje de Pt utilizado en estas reacciones es alto, de hasta 30% en peso(Luo et al., 2016; G.-H. Wang et al., 2014), aumenta los costos de fabricación de los catalizadores. La preparación de nanopartículas bimetálicas (que contienen metales nobles y metales de transición) soportadas, manteniendo un tamaño de partícula pequeño, ha resultado ser difícil. Esto se debe al hecho de que la formación de fases intermetálicas generalmente necesita altas temperaturas, lo que conduce fácilmente a la agregación de nanopartículas bimetálicas(Tao, 2012)

Por tal motivo en este proyecto de investigación se propone el estudio de la producción de 2,5-DMF, utilizando catalizadores Pt-Co/TiO₂, con diferentes relaciones molares de Pt-Co (1-5,1-10 y 1-15).

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Sintetizar y caracterizar catalizadores bimetálicos Pt-Co/TiO₂, con diferentes relaciones molares de Pt-Co (1-5,1-10 y 1-15) para la producción del biocombustible 2,5-Dimetilfurano a partir de la molécula plataforma 5-Hidroximetil furfural.

IV. MATERIALES Y METODOS

Síntesis de los catalizadores Co/TiO₂ y Pt/TiO₂

El depósito del primer metal se llevó a cabo mediante el método de Impregnación, partiendo de la sal: nitrato de cobalto hexahidratado (Sigma-Aldrich, $(\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$, 98 %) ó Acido Hexacloroplatinico hexahidratado (Sigma-Aldrich, $(\text{HPtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$, 99.999%) y Urea $[\text{NH}_2\text{CONH}_2]$ como agente complejante, se utilizó una relación molar entre la sal precursora y la urea de 1:2 respectivamente. La cantidad necesaria de cobalto para 5% y 1% en peso para platino, se disolvió en 100 ml de agua con el soporte necesario de TiO_2 y se agitó por 3 horas en un matraz de vidrio de 250 ml. El material se secó a $120\text{ }^\circ\text{C}$ por 12 horas. Posteriormente se redujo en una atmosfera reductora (H_2). El tratamiento térmico se realizó con una rampa de calentamiento de $2\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ y un flujo del gas de $60\text{ mL}/\text{min}$; a una temperatura final de $400\text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 2).

Los materiales se etiquetaron de acuerdo con el tipo de metal utilizado en la síntesis por impregnación, como se muestra en la Tabla 1:

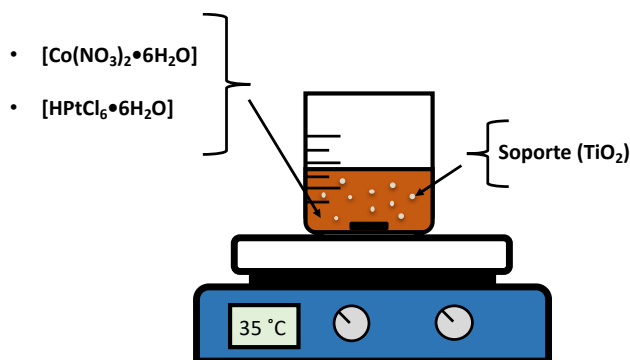


Figura 2. Esquema de síntesis de los catalizadores monometálicos sintetizados por el método de Impregnación.

Tabla 1. Nomenclatura de los catalizadores monometálicos sintetizados por el método de impregnación

Catalizador	Metal	Aditivo	Temperatura	Nomenclatura
	(% en Peso)		de Calcinación ($^\circ\text{C}$)	
Co/ TiO_2	5	CH_3COOH	400	Co/ TiO_2
Pt/ TiO_2	1	CH_3COOH	400	Pt/ TiO_2

Síntesis de los catalizadores Pt-Co/TiO₂

En la Figura 3 se muestra el diagrama del sistema utilizado para síntesis de los catalizadores bimetalicos, utilizando como precursor Acido Hexacloroplatinico hexahidratado (Sigma-Aldrich, (HPtCl₆•6H₂O), 99.999%), se deposito una relación molar de platino con respecto al cobalto de 1:5, 1:10 y 1:15 respectivamente.

La técnica consistió en depositar una cantidad de 2 gramos del catalizador monometálico, enseguida se purgó el reactor con nitrógeno durante 10 min a temperatura ambiente, después el catalizador se redujo con hidrogeno durante una hora a una temperatura de 400 °C, pasada la reducción se dejó enfriar la muestra con hidrogeno hasta alcanzar la temperatura ambiente, se volvió a purgar el reactor con N₂ por 30 min. Se introdujo la sal de platino al área de desgasificación y se le hizo burbujear N₂ cuidadosamente para eliminar las trazas de oxígeno, se vertió la solución de platino al reactor donde se encontraba el catalizador monometálico y se burbujeo N₂ por una hora para que la reacción se llevara a cabo. Después de la reacción, el catalizador bimetalico preparado se secó con H₂ a temperatura ambiente, posteriormente se dejó a una temperatura de 120°C y una rampa de calentamiento de 2°C/min durante 12 h. Y por último se activó el catalizador por reducción de hidrogeno a una temperatura de 400°C por 4 h utilizando la misma rampa de calentamiento.

Los materiales se etiquetaron de acuerdo con la relación molar entre el Co y Pt utilizado en la síntesis por recarga, como se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2. Nomenclatura de los catalizadores bimetalicos por el método de la recarga.

Catalizador	Relación		Temperatura de	
	Molar (Pt: Co)	Aditivo	Calcinación (°C)	Nomenclatura
Pt-Co/TiO ₂	1:5	CH ₃ COOH	400	1Pt5Co/TiO ₂
	1:10	CH ₃ COOH	400	1Pt10Co /TiO ₂
	1:15	CH ₃ COOH	400	1Pt15Co /TiO ₂

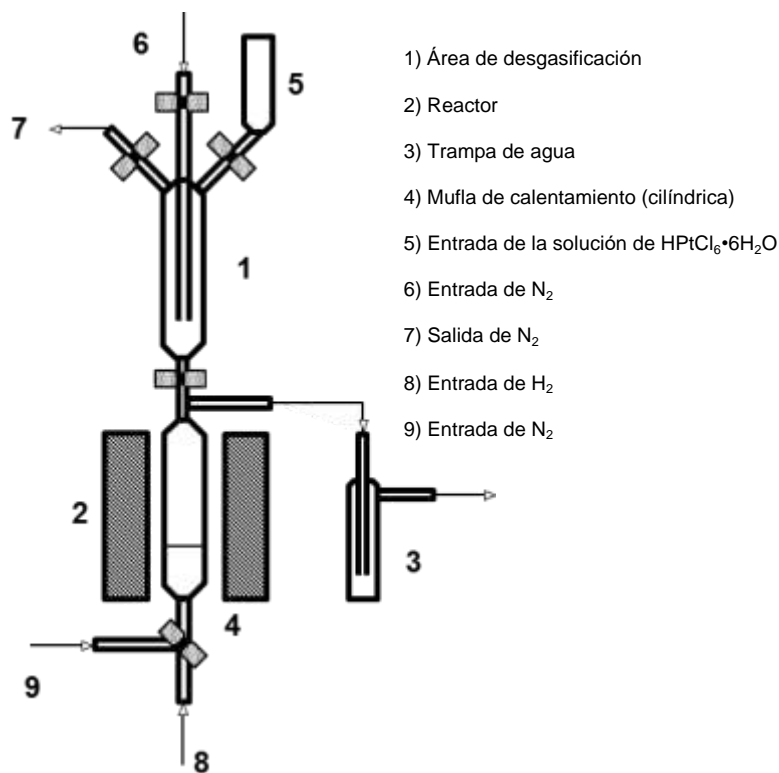


Figura 3. Sistema de síntesis para la preparación de los catalizadores Pt-Co/TiO₂-ZrO₂ por el método de la recarga.

Caracterización de los catalizadores

Fisorción de N₂ (Área Específica, Diámetro de Poro y Volumen de Poro)

La determinación del área específica, diámetro y volumen de poro de los catalizadores se realizó por la técnica de fisorción de N₂ usando el método BET. Se realizó en un equipo de medición de áreas superficiales y sistemas porosimétricos, marca MICROMERITICS TRISTAR 3020 II a 77 K (-196 °C). Se pesó una muestra de 0.1 g y se desgasificó 2 horas a 300°C para la eliminación de impurezas.

Difracción de Rayos X (DRX)

Con esta caracterización se identificó los planos y fases cristalinas, se empleó un difractómetro de rayos X, marca Rigaku Miniflex, usando como fuente de radiación Cu K α , a $\lambda=1.790307 \text{ \AA}$; 30kV y 15 mA. Para el calculo del tamaño de cristal se utilizó la ecuación de Scherrer (Scherrer, 1912) y además, se determino el porcentaje de aleación mediante la ley de Vegard (Denton & Ashcroft, 1991), las ecuaciones se muestran a continuación

$$D = \frac{0.90\lambda}{\beta \cos\theta}$$

Donde D es el tamaño de cristal en nm, λ es la longitud de onda de la fuente de radiación de Cu (1.5406 nm), β es el ancho a la altura media de pico (FWHM) en [radianes] y θ es el ángulo de Bragg en [radianes].

$$x_{Co} = \frac{a_0 - a}{k}$$

Donde x_{Co} es la fracción atómica de Co en la aleación de Pt₃Co, a_0 es el parámetro de la red del catalizador de Pt/TiO₂ como referencia analizado desde el difractograma, es el parámetro de la red del catalizador con la aleación de Pt₃Co y k es una constante, obtenida de los parámetros de la red del Pt no soportado (0.3923 nm) y la aleación Pt₃Co (0,3831 nm)(Salgado et al., 2004)

Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)

Se utilizó para adquirir las imágenes de superficie de materiales sintetizados en este proyecto de investigación, el microscopio electrónico SEM JEOL JSM-6010LA de alto vacío con detector de energía dispersa EDS. Se colocaron muestras de polvo en cinta de carbón conductor en un soporte de aluminio y se escaneó una muestra de voltaje acelerado de 20 KV; se desarrolló un análisis elemental semicuantitativo para oxígeno, titanio y zirconio; las imágenes adquiridas se procesaron con el software InTouchScope.

Producción de 2,5 DMF a partir de 5-HMF

La reacción de hidrogenación para la producción de 2,5-DMF a partir de 5-HMF, se llevó a cabo en una autoclave de acero inoxidable con teflón de 50 ml equipado con sistema de agitación magnética. Se realizó la reacción con 2 mmol (0.245g) de 5-HMF [Sigma-Adrich 99% de pureza] en una solución de THF de 30 ml, se utilizó 0.2 g de catalizador. La reacción se efectuó en condiciones inertes con 30 bar de Ar y una temperatura de 210 °C con una agitación constante de 1000 rpm (Figura 4). Se utilizó como molécula de sacrificio para la donación de Hidrogeno el ácido fórmico [Sigma-Adrich 98% de pureza] con una relación molar 1:10 (5-HMF: ácido fórmico). Las muestras de reacción se tomaron a 24 h de reacción.

La conversión del 5-HMF y rendimiento de 2,5-DMF, se calculó mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Rendimiento de 2,5DMF (mol\%)} = \left(\frac{\text{moles de 2,5DMF reactantes}}{\text{moles de 5HMF iniciales}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Conversión a 5 - HMF (\%)} = \frac{\text{moles de 5 - HMF reactantes}}{\text{moles de 5 - HMF iniciales}} \times 100 \%$$

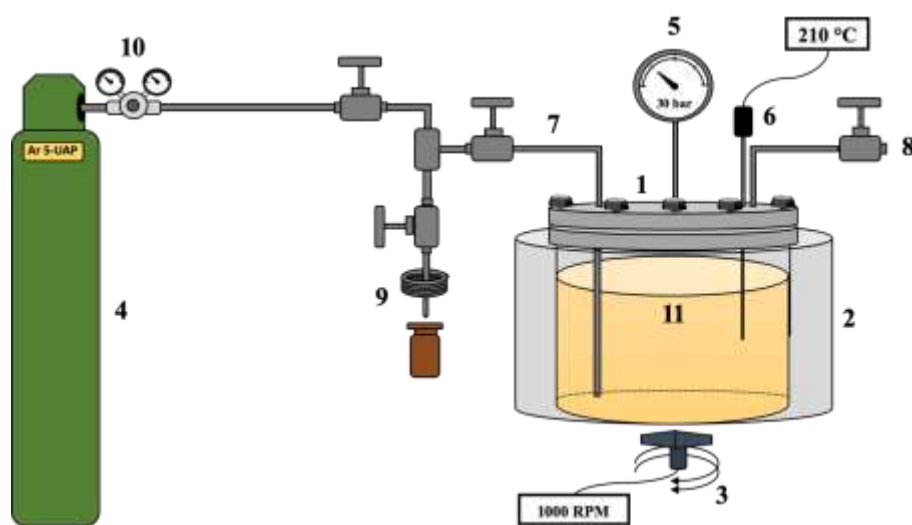


Figura 4. Sistema de reacción para la producción de 2,5-DMF a partir de la 5-HMF; 1) Reactor de acero inoxidable con vaso de teflón de 50 ml, 2) Chaqueta de calentamiento, 3) Sistema de agitación magnética, 4) Recipiente de Argón, 5) Manómetro de presión, 6) Termopar, 7) Entrada de gas y salida para la toma de Muestra, 8) Salida de Gas, 9) Toma de muestra con serpentín de enfriamiento, 10) Regulador de presión, 11) Solución de THF

V. RESULTADOS

Fisorción de N₂

En la figura 5, se muestran las isothermas de los catalizadores monometálicos y bimetálicos Pt-Co sintetizados con diferentes relaciones molares 1:0, 0:1, 1:5, 1:10 y 1:15 respectivamente. Todos los catalizadores presentaron isothermas de adsorción-desorción características al tipo [IVa]. Además, mostraron un lazo de histéresis del tipo H₂, característico a poros tipo cuello de botella. En la tabla se observan los resultados del área superficial específica, donde los catalizadores monometálicos obtuvieron 21 m²g⁻¹, tanto el catalizador de platino como el de cobalto. Por otro lado, los catalizadores bimetálicos Pt-Co mostraron un área entre 18-19 m²g⁻¹. De acuerdo con el resultado anterior podemos

mencionar que el deposito del segundo metal (Pt) sobre el catalizador monometálico se realizó de manera correcta ya que la disminución de área superficial fue de tan solo $2 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ aproximadamente.

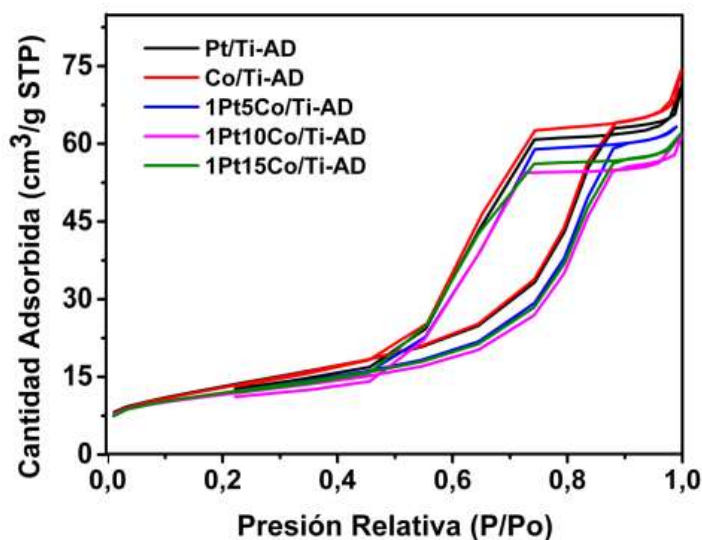


Figura 5. Isotermas de Adsorción-Desorción de los catalizadores monometálicos y bimetalícos Pt-Co.

En la Tabla 3, se muestran los resultados del volumen (V_p) y diámetro promedio de poro de los catalizadores PtCo. Los catalizadores monometálicos exhibieron un V_p y D_p entre 0.09-0.10 y 7.1-7.2 para Pt y Co respectivamente. En cambio, los catalizadores Pt-Co mostraron valores entre 0.07-0.08 y 6.7-6.9 para el V_p y D_p respectivamente, esta disminución se debe porque las partículas metálicas de Pt ocuparon espacio dentro de los poros del TiO_2 reduciendo así el volumen y diámetro de poro.

Tabla 3. Área específica, Volumen promedio de poro (Vp) y Diámetro promedio de Poro (Dp) de catalizadores monometálicos y bimetálicos Pt-Co.

Catalizador	Área Superficial		
	Específica (m ² g ⁻¹)	Vp (cm ³ g ⁻¹)	Dp (nm)
Pt/TiO ₂	39	0.09	7.1
1Pt5Co/TiO ₂	37	0.08	6.9
1Pt10Co/TiO ₂	36	0.07	6.8
1Pt15Co/TiO ₂	37	0.08	6.7
Co/TiO ₂	39	0.10	7.2

Difracción de Rayos X (DRX)

En la Figura 6 se presentan los difractogramas de los catalizadores Pt/TiO₂, Co/TiO₂ sintetizados por el método de impregnación y Pt-Co/TiO₂ (con relación molar 1:5, 1:10 y 1:15). En comparación con el soporte TiO₂, todos los catalizadores (figura 6a) mantuvieron las señales de los picos característicos de la fase anatasa, sin la aparición de otras fases de la Titania. En la figura 6b, se muestra una proyección de los catalizadores mono y bimetálicos entre 39-53° de 2θ para una mejor observación de las señales de Pt y Co. En el caso del catalizador Pt/TiO₂, se logro observar una pequeña señal a 39.75° de 2θ, esta señal relacionada con el plano [111] de la fase cubica del platino metálico (Pt°-JPDCS:04-0802). Por otro lado, en el catalizador Co/TiO₂ se encontró una señal característica al cobalto metálico (Co°) en 44.35° de 2θ para el plano [111] (JPDCS: 15-0806). Por otra parte, los catalizadores bimetálicos no exhibieron ninguna señal característica del Pt y Co metálico. Esto se puede relacionar a la formación de un tamaño de partículas muy pequeñas y una buena dispersión metálica. Sin embargo, en los catalizadores 1Pt10Co/TiO₂ y 1Pt5Co/TiO₂, se encontró un pico en 40.47° de 2θ, característico a la estructura cubica fcc de la aleación Pt3Co, esto provocado por la contracción de la celda de Pt por la sustitución de átomos de platino por átomos de cobaltos dentro de estructura, en consecuencia, la señal de Pt se desplace hacia la derecha.

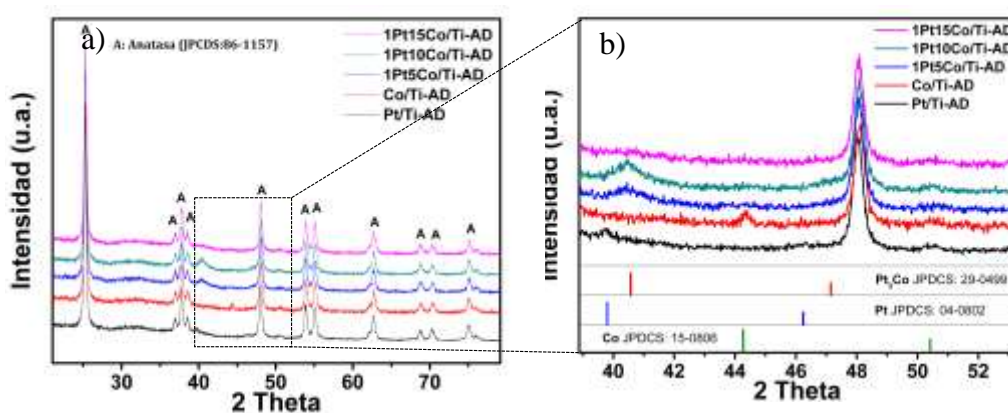


Figura 6. Difractogramas de los catalizadores monometálicos y bimetalicos Pt-Co.

En la Tabla 4 se muestra el tamaño de cristal calculado por la ecuación de Debye-Scherrer, para los catalizadores de Pt, Co y Pt-Co. Donde, los catalizadores monometálicos obtuvieron un tamaño de cristal de 2.8 y 4.4 nm, por otro lado, los catalizadores con la relación molar 1:5 y 1:10 mostraron un tamaño de 2.6 y 1.7 nm respectivamente. La disminución de tamaño de cristal se puede deber a la contracción de la estructura de Pt.

Tabla 4. Tamaño de cristal en los catalizadores y porcentaje de aleación de Co en la aleación PtCo.

Catalizador	Tamaño de cristal (nm)	Grado de aleación
		de Co (%)
Pt/TiO ₂	2.8	-
1Pt5Co/TiO ₂	2.6	40.5
1Pt10Co/TiO ₂	1.7	41.2
1Pt15Co/TiO ₂	-	-
Co/TiO ₂	4.4	-

Para evaluar semicuantitativamente el grado de aleación (Tabla 4), se utilizó la ecuación de Vegard, donde se supone una dependencia lineal del parámetro de red en el contenido de Co para aleaciones Pt-Co soportadas y no soportadas, la fracción atómica Co (XCo) de nanopartículas de Pt-Co soportadas en TiO₂. Para una aleación completa en Pt₃Co, XCo = 0.25(Huanga et al., 2019). El XCo calculado fue 0.1013 y 0.1030 para los catalizadores 1Pt5Co/TiO₂ y 1Pt10Co/TiO₂ respectivamente. En otras palabras, el grado de

aleación de Co en Pt₃Co fue ligeramente mayor en el catalizador 1Pt10Co/TiO₂ con 41.2 % con respecto a 1Pt5Co/TiO₂ (40.5%).

Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)

En la Figura 7 se muestran las micrografías de los catalizadores bimetálicos, donde, todas las muestras presentaron una formación de partículas semiesféricas característico de TiO₂. Asimismo, se logró observar en todas las muestras, la presencia de los metales depositados Co (gris claro) y Pt (Blanco).

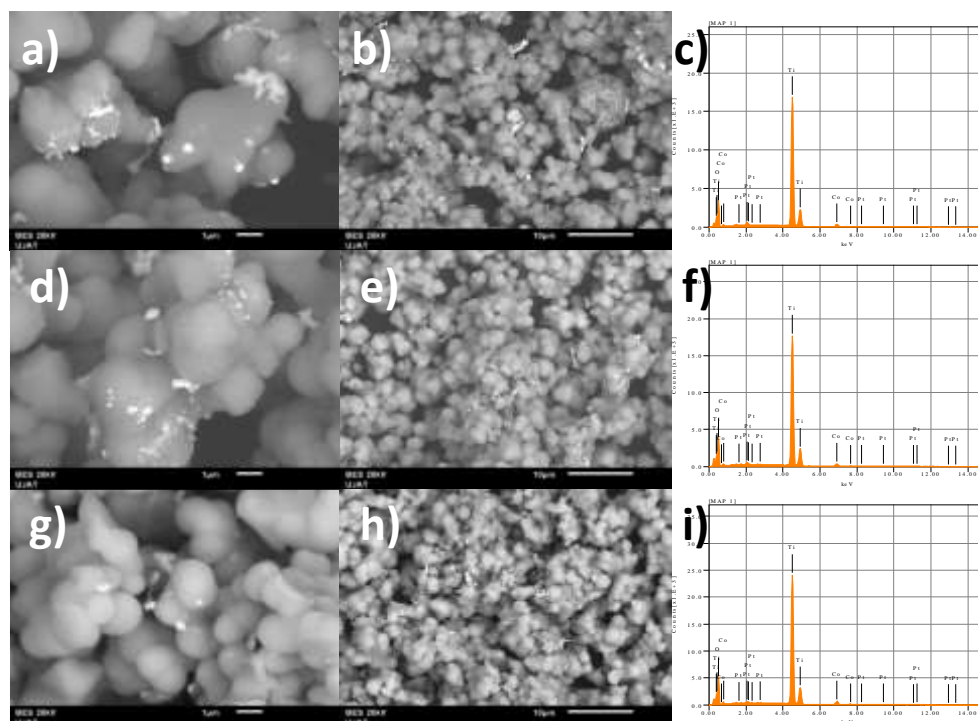


Figura 7. Imágenes MEB y análisis elemental de Zr, Ti, Co y Pt: a), b) y c) 1Pt5Co/TiO₂, d), e) y f) 1Pt10Co/TiO₂ y g), h) y i) 1Pt10Co/TiO₂

En la Figura 8 se muestra la coexistencia de las partículas de Pt y Co en el catalizador de 1Pt5Co/TiO₂, este resultado corrobora la presencia de una aleación de Pt₃Co, mencionado en la sección de difracción de Rayos X.

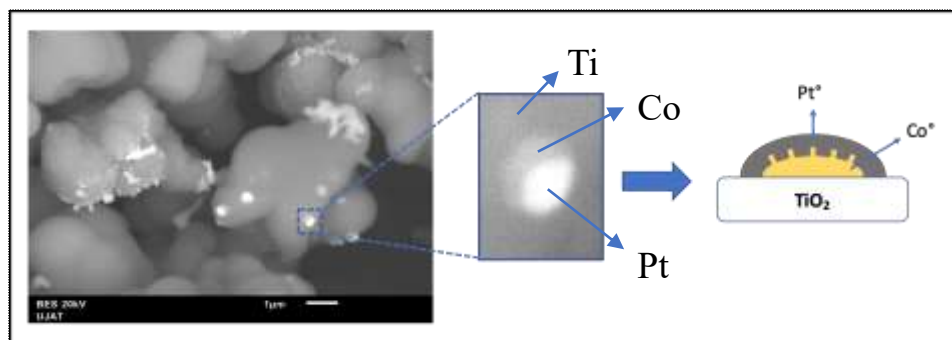


Figura 8. Imagen del catalizador bimetalico y esquema de la posible aleación Pt_3Co en $1Pt5Co/TiO_2$

En la Tabla 5. Se muestra el resultado del análisis elemental EDS de los catalizadores bimetalicos para corroborar la relación molar metálica entre el Platino y Cobalto. Se hallaron las siguientes relaciones: 1:4.92, 1:9.75 y 1:14.08, para los catalizadores $1Pt5Co/TiO_2$, $1Pt10Co/TiO_2$ y $1Pt15Co/TiO_2$, con un error aproximadamente de 1.5, 3.0 y 5.9% con la relación molar teórica respectivamente.

Tabla 5. Análisis elemental EDS de los catalizadores bimetalicos Pt-Co sintetizados por el método de la recarga.

Catalizador	$1Pt5Co/TiO_2$	$1Pt10Co/TiO_2$	$1Pt15Co/TiO_2$
Elemento	mol%	mol%	mol%
O	65.12	67.45	66.35
Ti	33.28	31.15	31.85
Co	1.33	1.27	1.69
Pt	0.27	0.13	0.12
Total	100	100	100
Relación Molar Pt-Co	1:4.92	1:9.75	1:14.08

Producción a 2,5-DMF

En esta sección los catalizadores sintetizados por el método de impregnación (Pt/TiO₂ y Co/TiO₂) y de recarga (Pt-Co/TiO₂) con relaciones molares 1:5, 1:10 y 1:15 respectivamente), se estudiaron en la reacción de hidrogenación del 5-HMF para la producción del biocombustible 2,5-DMF.

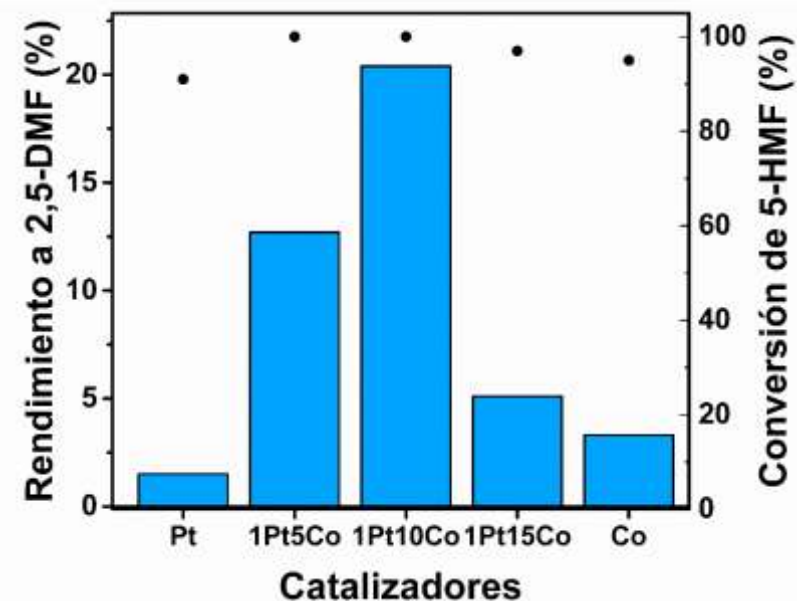


Figura 9. Conversión de 5-HMF (●) y rendimiento a 2,5-DMF (barras), de los catalizadores sintetizados por el método de impregnación y recarga.

En la Figura 9 y en la Tabla 6 se muestran el comportamiento de la conversión de 5-HMF, rendimiento y selectividad a 2,5-DMF. Los catalizadores Pt/TiO₂ y Co/TiO₂ presentaron una conversión de 5-HMF de 91 y 95 % y un rendimiento a 2,5-DMF de 1.5 y 3.3 % respectivamente. Con respecto a los catalizadores bimetalicos se logro observó que los catalizadores que mostraron en la difracción de rayos X la presencia de la aleación Pt₃Co, además de exponer los tamaños de cristal mas pequeños, obtuvieron la mayor conversión a 5-HMF y rendimiento a 2,5-DMF. Donde, el mejor catalizador 1Pt10Co/TiO₂ obtuvo 99% de conversión y el 20.4 % de rendimiento. De acuerdo con S.Saedy et al.(Saedy et al., 2017). mencionan que la adición de átomos de cobalto en la estructura de platino para la formación de Pt₃Co ordenado, mejora la actividad intrínseca de la reacción. Esta mejora en la actividad se debe al cambio del entorno electrónico y estructural del platino. Sin embargo, la adaptación de la estructura electrónica depende en gran medida de la calidad de la aleación

y la sustitución de Co. En base con lo anterior se puede atribuir la mejora en la reacción a la presencia de la estructura de Pt₃Co, además de que el mejor catalizador 1Pt10Co/TiO₂ fue el que mostro mejor calidad de aleación con el 41.2 % de grado de aleación de Co, formando tamaño de cristales de 1.7 nm.

Tabla 6. Conversión de 5-HMF, Rendimiento y selectividad a 2,5-DMF de los catalizadores monometálicos y bimetalicos

Catalizador	Conversión de 5-HMF (%)	Rendimiento a 2,5-DMF (%)	Selectividad a 2,5-DMF (%)	Tamaño de cristal (nm)	Grado de aleación de Co (%)
Pt/TiO₂	91	1.5	1,6	2.8	-
Co/TiO₂	95	3.3	3,5	2.6	40.5
1Pt5Co/TiO₂	99	12.7	12,8	1.7	41.2
1Pt10Co/TiO₂	99	20.4	20,6	-	-
1Pt15Co/TiO₂	97	5.1	5,4	4.4	-

En la Figura 10 se exploró el efecto de la carga de catalizador en la reacción de hidrogenación para el rendimiento a 2,5-DMF a partir de 5-HMF, utilizado el catalizador 1Pt10Co/TiO₂ con mayor rendimiento a 2,5-DMF, se encontró que la carga ideal para la reacción a condiciones de 210, 30 bar de Argón y utilizando ácido fórmico fue de 0.2 gramos de catalizador con un 20.4% de rendimiento, ya que si se aumenta al doble o se reduce a la mitad la cantidad de catalizador en la reacción, se afecta negativamente la reacción, obteniendo la mitad de rendimiento en ambos casos con base a 0.2 g de carga de catalizador.

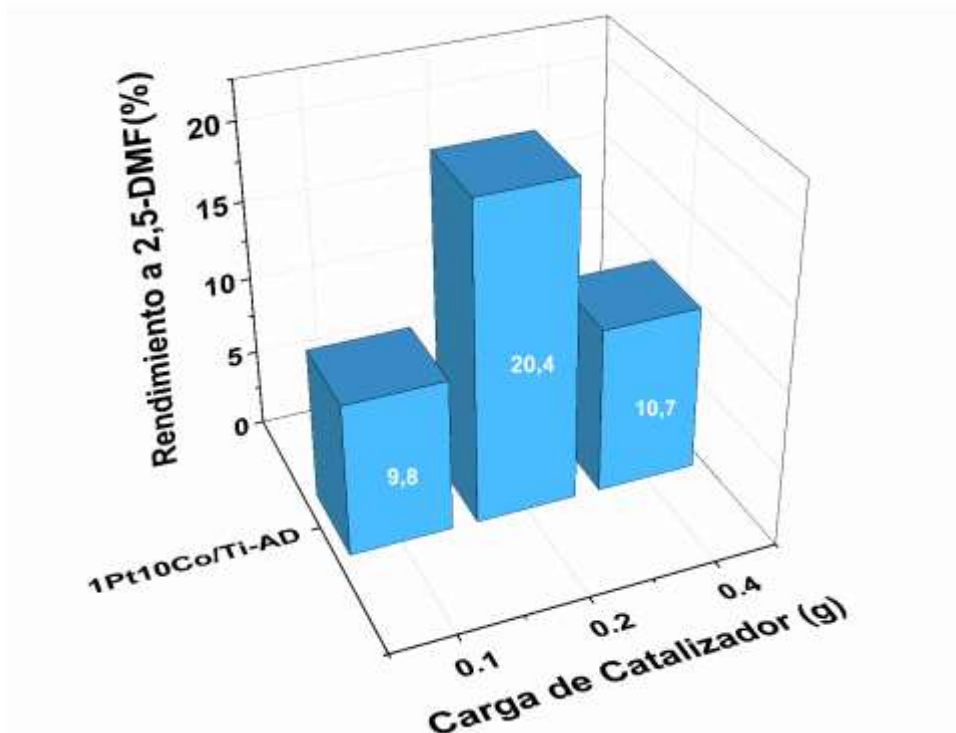


Figura 10. Efecto de la cantidad del catalizador 1Pt10Co/TiO₂ en la reacción de hidrogenación de 2, 5-DMF a partir de 5-HMF.

VI. CONCLUSIONES

- Se logró la síntesis para los catalizadores monometálicos de Pt, bimetálicos de Pt-Co, encontrándose en los catalizadores con relaciones molares 1:5 y 1:10 evidencias de la formación de una aleación Pt₃Co sobre la superficie de TiO₂ sintetizado con ácido acético.
- El catalizador 1Pt10Co/TiO₂, mostró el mayor grado de aleación de Co en la estructura del Pt
- El catalizador 1Pt10Co/TiO₂ obtuvo la mayor selectividad y rendimiento al biocombustible (2,5 DMF) a partir del 5-HMF

VII. PROPUESTAS

Con base en los resultados mostrados en el trabajo de investigación se proponen las siguientes perspectivas:

- Síntesis del catalizador PtCo soportado en TiO₂-ZrO₂, utilizando ácido acético a pH= 3 como aditivo.
- Estudiar el efecto de la aleación Pt₃Co para la producción de 2,5-DMF, soportada en TiO₂-ZrO₂
- Estudiar los catalizadores en la producción de otros biocombustibles a partir de la biomasa como son gama-Valerolactona, entre otros.

VIII. REFERENCIAS

Bond, J. Q., Dumesic, J. A., & Roma, Y. (2013). *Role of Acid Catalysis in the Conversion of Lignocellulosic Biomass to Fuels and Chemicals.* En Kostas S. Triantafyllidis, M.

Stöcker, & A. A. Lappas (Eds.), *The Role of Catalysis for the Sustainable Production of Bio-fuels and Bio-chemicals* (ELSEVIER, pp. 261–288). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-56330-9.00008-5>

Chakraborty, S., Aggarwal, V., Mukherjee, D., & Andras, K. (2012). *Biomass to biofuel: A review on production technology.* *Asia-Pac. J Chem. Eng,* 7, 254–262. <https://doi.org/10.1002/apj>

Denton, A. R., & Ashcroft, N. W. (1991). *Vegard's law.* *Physical Review A,* 43(6), 3161–3164. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.43.3161>


Gullison, R. E., Frumhoff, P. C., Canadell, J. G., Field, C. B., Daniel, C., Hayhoe, K., Avissar, R., Curran, L. M., Friedlingstein, P., & Chris, D. (2007). *Tropical Forests and Climate Policy.* www.sciencemag.org, May, 985–986. <https://doi.org/10.1126/science.1136163>

Huanga, J., Ding, C., Yang, Y., Liu, G., & Cai, W.-B. (2019). *An alternate aqueous phase synthesis of the Pt₃Co/C catalyst towards efficient oxygen reduction reaction.*

Jiao, H., Zhao, X., Lv, C., Wang, Y., Yang, D., Li, Z., & Yao, X. (2016). *Nb₂O₅-γ-Al₂O₃ nanofibers as heterogeneous catalysts for efficient conversion of glucose to 5-hydroxymethylfurfural.* *Nature Publishing Group,* 6(April), 34068. <https://doi.org/10.1038/srep34068>

Luo, J., Lee, J. D., Yun, H., Wang, C., Monai, M., Murray, C. B., Fornasiero, P., & Gorte, R. J. (2016). *Base metal-Pt alloys: A general route to high selectivity and stability in the production of biofuels from HMF.* *Applied Catalysis B: Environmental,* 199, 439–446.

- Qian, Y., Zhu, L., Wang, Y., & Lu, X.** (2015). Recent progress in the development of biofuel 2,5-dimethylfuran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 633–646. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.085>
- Saedy, S., Palagin, D., Safonova, O., van Bokhoven, J. A., Khodadadi, A. A., & Mortazavi, Y.** (2017). Understanding the mechanism of synthesis of Pt 3 Co intermetallic nanoparticles via preferential chemical vapor deposition. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(46), 24396–24406.
- Salgado, J. R. C., Antolini, E., & Gonzalez, E. R.** (2004). Preparation of Pt-Co/C electrocatalysts by reduction with borohydride in acid and alkaline media: The effect on the performance of the catalyst. *Journal of power sources*, 138(1–2), 56–60.
- Scherrer, P.** (1912). Bestimmung der inneren Struktur und der Größe von Kolloidteilchen mittels Röntgenstrahlen. *En Kolloidchemie Ein Lehrbuch* (pp. 387–409). Springer.
- Tao, F. F.** (2012). Synthesis, catalysis, surface chemistry and structure of bimetallic nanocatalysts. *Chemical Society Reviews*, 41(24), 7977–7979.
- Tsang, S. C., Cailuo, N., Oduro, W., Kong, A. T., Clifton, L., Yu, K. K., Thiebaut, B., Cookson, J., & Bishop, P.** (2008). Engineering preformed cobalt-doped platinum nanocatalysts for ultraselective hydrogenation. *Acs Nano*, 2(12), 2547–2553.
- Wang, G.-H., Hilgert, J., Richter, F. H., Wang, F., Bongard, H.-J., Spliethoff, B., Weidenthaler, C., & Schüth, F.** (2014). Platinum–cobalt bimetallic nanoparticles in hollow carbon nanospheres for hydrogenolysis of 5-hydroxymethylfurfural. *Nature materials*, 13(3), 293.
- Wang, J., Xi, J., Xia, Q., Liu, X., & Wang, Y.** (2017). Recent advances in heterogeneous catalytic conversion of glucose to 5-hydroxymethylfurfural via green routes. *Sci China Chem*, 60(7), 870–886. <https://doi.org/10.1007/s11426-016-9035-1>
- Zhang, Y., Wang, J., Li, X., Liu, X., Xia, Y., Hu, B., Lu, G., & Wang, Y.** (2015). Direct conversion of biomass-derived carbohydrates to 5-hydroxymethylfurfural over water-tolerant niobium-based catalysts. *FUEL*, 139, 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.08.047>
- Zhong, S., Daniel, R., Xu, H., Zhang, J., Turner, D., Wyszynski, M. L., & Richards, P.** (2010). Combustion and emissions of 2, 5-dimethylfuran in a direct-injection spark-ignition engine. *Energy & Fuels*, 24(5), 2891–2899.



**El uso de las TIC para el desarrollo
de proyectos sustentables
y sistemas energéticos**

DESARROLLO DE UNA SALSA PICANTE DE GUAYABA MEXICANA (PSIDIUM GUAJAVA L.)

Franco Lucio Ruiz Santiago, Josafat Alberto Hernández Becerra,
Rafael García Jiménez, Quetzally Zamudio Olán.

I. RESUMEN

La guayaba mexicana (*Psidium guajava* L.) es una fruta tropical generalmente utilizado para su consumo en fresco además de utilizarlo en la elaboración de postres, bebidas, conservas, entre otras más. Su consumo puede mejorar el aporte energético y nutricional de la población ya que provee una alta cantidad de carbohidratos, vitaminas, ácidos orgánicos y sobre todo vitamina C en una concentración 5 veces mayor a las naranjas. Para proponer una alternativa de uso este fruto y reducir pérdidas postcosecha por su carácter climatérico, se propuso utilizarlo para elaborar una salsa picante. Se diseñaron cinco prototipos de salsa picante de guayaba mexicana utilizando combinaciones con diversos ingredientes utilizando chile habanero para darle picor. Estos prototipos fueron evaluados sensorialmente utilizando pruebas de aceptación. Se determinó que el prototipo SG 02, con 4% de chile habanero presentó el mejor nivel de agrado con un 64%. Se caracterizó el prototipo seleccionado SG 02 de acuerdo con la normatividad vigente hallándose un producto que cumple las especificaciones fisicoquímicas, sensoriales que sugiere la normatividad, además inocuo y accesible económicamente a la población.

Palabras Clave: Guayaba, salsa picante

II. INTRODUCCIÓN

La guayaba (*Psidium guajava* L) es una fruta tropical de gran aceptación y que se sitúa dentro de las primeras 50 especies frutales más conocidas y consumidas a nivel mundial. Aunque algunos dicen que tuvo su origen en Malasia e Indochina, estudios muestran que se cultiva en América inclusive desde antes de la llegada de los españoles. Existen diversas variedades de este fruto, México es el 5° productor mundial y su producción es básicamente

en los estados de Aguascalientes, Zacatecas y Michoacán, aunque también es considerable en estados del sur del país (SIAP, 2019) (SEDAGRO,2016).

Es un fruto cuya composición muestra una proporción elevada de agua y pocos hidratos de carbono, por lo que se recomienda para aquellas personas que quieren bajar de peso o mantenerlo. La superioridad de este fruto reside en que su contenido de vitamina C es cinco veces mayor que la naranja, esto es de acuerdo a la variedad y esto es importante mencionarlo ya que dicha vitamina es necesaria para el crecimiento y la reparación de los tejidos en todas partes del cuerpo, sanas heridas, repara cartílagos y ayuda a la absorción del hierro. Otros componentes importantes son la vitamina A, B, ácido fólico, licopeno y posee características funcionales anticancerígenas (Domínguez, 2018).

Su consumo es en su mayoría fresco o en conservas como jaleas, mermeladas, ates, jugos, en vinos y bebidas refrescantes. Aunque el mercado principal es comercializarlo como fruta fresca y como pasta, las pérdidas económicas que registran los productores de este fruto son debido principalmente a el carácter climatérico del fruto, su mal manejo postcosecha y daños por magulladuras, rajaduras, granizo, raspaduras, rozaduras, costras, manchas o quemaduras de sol que afectan su calidad. En México se pierde el 57 % de producción total de guayaba (Sangerman et al., 2013).

De acuerdo a sus características, propiedades y a una posible diversificación en su uso, para este proyecto se utilizó la guayaba mexicana para elaborar una salsa picante con la finalidad de saborizar y complementar preparaciones gastronómicas.

Las salsas junto con los aderezos son muy requeridas en la actualidad ya que generalmente están elaborados con ingredientes orgánicos, presentan sabores innovadores y son hechos de manera original, generalmente de manera artesanal, su consumo no solo ha crecido en nuestro país, sino que a nivel mundial existe una tendencia a preparar platos con sabores diferentes, sencillos y sobre todo en corto tiempo y de contenido saludable para el consumidor. Las salsas favoritas de los compradores nacionales son la casera, mexicana, verde y chile chipotle. Tres de cada 10 litros se compran en fin de semana, sobre todo en domingo, siendo las tiendas de autoservicios, bodegas y tiendas de la esquina los principales puntos de venta (Ochoa, 2019).

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Desarrollar una salsa picante a través de guayaba mexicana (*Psidium guajava* L.) con la finalidad de ofrecer un producto cuyo consumo futuro ayude a elevar el nivel nutricional de la población y sobre todo sea de bajo costo, inocuo y cumpla las especificaciones que marca la normatividad para este tipo de productos.

IV. MATERIALES Y METODOS

La metodología empleada para este proyecto fue la siguiente:

Selección del producto a desarrollar:

Esta etapa consistió en seleccionar un producto innovador utilizando la guayaba mexicana como materia prima.

Elaboración de prototipos

En esta etapa se diseñaron diferentes prototipos o formulaciones partiendo de una fórmula base desarrollada artesanalmente como receta familiar.

Evaluación sensorial

Los prototipos fueron evaluados sensorialmente a través de una prueba de aceptación, para seleccionar tres de las formulaciones más agradables a los jueces. Se utilizaron para ello un panel de 15 jueces no entrenados. Las formulaciones seleccionadas en esta primera evaluación fueron sometidas a una segunda prueba, donde se utilizó una escala hedónica de cinco puntos que va desde me gusta mucho (5 puntos), me gusta (4 puntos), ni me gusta ni me disgusta (3 puntos), me disgusta (2 puntos) y me disgusta mucho (1 punto) (Pedrero y Pangborn, 1989). Además de solicitarle al juez su preferencia hacia una formulación en específico (Pedrero y Pangborn, 1989). Se utilizaron para ello 100 jueces no entrenados en la Universidad Tecnológica de Tabasco y la prueba se realizó en el laboratorio de Análisis Sensorial.

Las muestras fueron presentadas a los consumidores en vasos desechables codificados con números aleatorios, se distribuyeron de manera azarosa para disminuir el error sistemático y otros tipos de errores que pueden influir en la respuesta del consumidor. Entre las muestras, cada consumidor debía comer galletas de marca comercial para limpiar su paladar.

Los resultados fueron analizados a través de un análisis de varianza simple utilizando el software estadístico Statgraphics, para determinar si existen diferencias significativas y seleccionar la mejor formulación.

Caracterización del producto:

Esta etapa consistió en evaluar el producto seleccionado en base a lo especificado en la norma NMX-F-377-1986. ALIMENTOS. REGIONALES. SALSA PICANTE ENVASADA.

Respecto a las especificaciones microbiológicas se decidió hacer la determinación de microorganismos mesofilicos, coliformes, y hongos y levaduras, aunque la normatividad solo señala que la salsa no debe contener microorganismos patógenos, toxinas microbianas, que puedan afectar la salud del consumidor o provocar deterioro del producto, según disposiciones que establezca la Secretaría de Salud.

V. RESULTADOS

Selección del producto

Este producto fue diseñado y seleccionado a partir de la idea de la utilización de la guayaba con la finalidad de tener un alimento de consumo común, picante, pero con el sabor característico que puede aportar la guayaba mexicana.

Elaboración de prototipos o desarrollo de la formulación

Una vez obtenida la formula base, se diseñaron 5 prototipos utilizando diferentes concentraciones de los ingredientes. Los porcentajes utilizados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Formulaciones de salsa picante de guayaba

Ingredientes	Formulaciones				
	SG-01	SG-02	SG-03	SG-04	SG-05
	%	%	%	%	%
Guayaba	72.7	85	77	80	82
Chile habanero		4		2	9
Mostaza	7.5			7	
Vino	7.5			5.5	
Miel	12			2	

Ajo		0.9		0.5	1.5
Sal	0.2	0.9		0.5	1.5
Pimienta		0.9			1
Vinagre		8		2	4
Canela			4		
Azúcar			19		1
Goma Xantan		0.1		0.1	0.1
Benzoato de sodio	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

El proceso de elaboración de la salsa picante de guayaba se muestra en la Figura No.1.

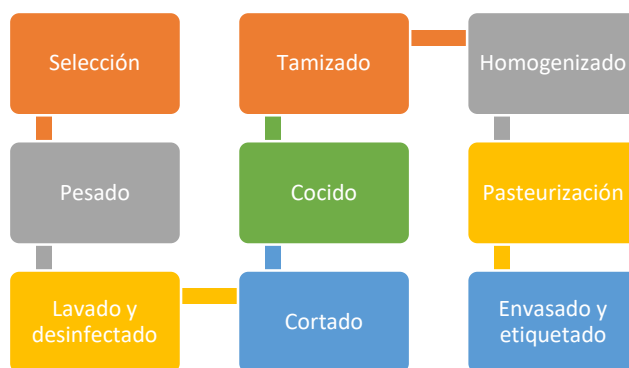


Figura 1. Proceso de elaboración de salsa picante de guayaba.

Evaluación sensorial

Como resultado de la primera evaluación sensorial, los prototipos de la salsa picante de guayaba, que presentaron mayor nivel de aceptación fueron el SG-02, SG-04, SG-05. Después de la segunda evaluación sensorial, los resultados muestran que el nivel de agrado de acuerdo a la escala hedónica fue que la SG 02 presentó una calificación de 4.6 que en la escala hedónica corresponde a “me gusta a me gusta mucho”, mientras que la formulación SG 04 y SG 05 presentaron 3.2 y 3.7 respectivamente que en la escala hedónica corresponde a “ni me gusta ni me disgusta a me gusta”. Todo esto se observa en la Figura 2.

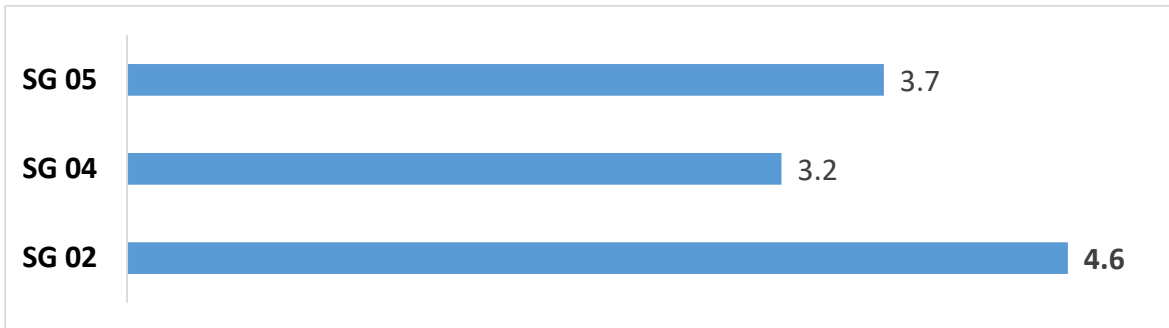


Figura 2. Grado de aceptación de cada formulación en la escala hedónica

Después de cuestionar a los jueces cuál de las formulaciones le parecía mejor, se observa en la figura 3 que la formulación SG 02 con 4% de chile habanero, presentó el mayor porcentaje de aceptación, por lo que se seleccionó esta fórmula como la definitiva. Destacan también que los atributos más agradables de dicha formulación fueron su sabor agradable a guayaba y su nivel de picor, ni tan suave ni tan fuerte, en equilibrio.

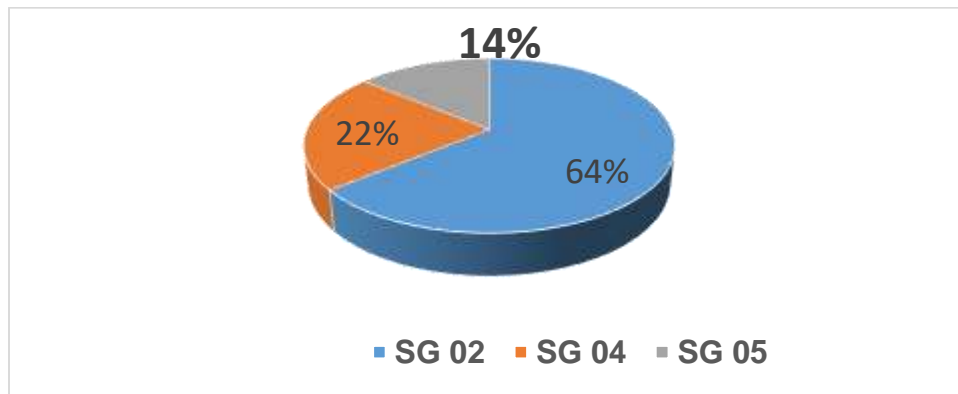


Figura 3. Porcentaje de aceptación global de cada prototipo.

El análisis de varianza realizado muestra que la formulación SG 02 fue la que presentó mayor grado de aceptación, diferenciándose de manera significativa con las demás formulaciones a un nivel de significancia de 1%.

Caracterización del producto

Como se observa en la tabla 2, la salsa picante de guayaba mexicana cumple con las especificaciones fisicoquímicas, sensoriales de la norma NMX-F-377-1986. ALIMENTOS. REGIONALES. SALSA PICANTE ENVASADA.

Tabla 2. Especificaciones de la salsa de guayaba y comparación con la normatividad.

Especificaciones	Salsa de guayaba	Norma F-377-1986	Observaciones
Fisicoquímicas			
pH	3.1	2.8 a 4	Cumple con la norma
Acidez (%como ácido acético)	1.8	1 a 4.5	Cumple con la norma
Solidos solubles (°Brix)	22	4 a 30	Cumple con la norma
Sensoriales			
Color	Amarillo	Característico de la variedad de chile o mezcla de chiles empleados.	Cumple con la norma
Olor	Guayaba	Característico de la variedad de chiles o mezcla de chiles empleados	Cumple con la norma
Sabor	Picante	Picante característico de la variedad de chiles o mezcla de chiles empleados.	Cumple con la norma
Consistencia	Semifluida	Fluida, semifluida o viscosa.	Cumple con la norma

En la tabla 3 se muestran los resultados del análisis microbiológico del producto, donde se observa que se cumple con lo establecido con la normatividad, lo que indica que el producto es inocuo y que su consumo no representa riesgo de una enfermedad transmitida por alimentos. Es importante considerar también el cumplimiento de los buenos hábitos de

manufactura que la NOM- 251-SSA1-2009 establece para que esto se logre. Además, por el tipo de producto y proceso de elaboración se calcula que su vida de anaquel debe ser mayor de 6 meses.

Tabla 3. Especificaciones microbiológicas del producto.

Parámetro	Salsa de guayaba	Observaciones
Mesofilicos aerobios	200 UFC/ml	Si cumple
Coliformes fecales	No desarrollo de coliformes por ml	Si cumple
Hongos	0 UFC/ml	Si cumple
Levaduras	0 UFC/ml	Si cumple

Costo

Tomando en cuenta las materias primas, el costo por pieza de 125 g es de \$6.00 aunque tomando en cuenta otros aspectos como mano de obra, costos de venta, servicios, entre otros, el precio de venta sería de \$15.00. Considerando además que productos similares presentan un precio de venta de \$20, el precio obtenido para esta salsa es más económico y accesible a la población.

VI. CONCLUSIONES

Al concluir con este trabajo, fue posible elaborar una salsa picante utilizando como materia principal guayaba mexicana, con un alto nivel de aceptabilidad. Además de que es un producto de alto valor nutritivo. Sus resultados microbiológicos, muestran que es un producto inocuo y que cumple con la normatividad exige para estos productos. Sus atributos sensoriales señalan que es una propuesta agradable además de que su costo es accesible a la población y que su consumo ayudará a mejorar su nivel nutricional.

VII. REFERENCIAS

Dirección General de Normas NMX-F-377-1986. Alimentos. regionales. salsa picante envasada foods. regional. canned spicy sauce. Normas Mexicanas. Dirección URL: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-377-1986.PDF>.

Domínguez-Guadarrama, Andrés A. Variación nutrimental y funcional de pulpa de Guayaba en respuesta a diferentes temperaturas de almacenamiento. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha [en línea]. 2018, 19(1), [fecha de Consulta 18 de Octubre de 2019]. ISSN:1665-0204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81355612009>.

Pedrero, Daniel L. y Pangborn Marie R. (1989) Evaluación sensorial de alimentos. Métodos analíticos. México: Editorial Alhambra Mexicana. ISBN 968 444 0936

Ochoa, C. 15 de septiembre de 2019. Salsas, el negocio mexicano que conquista todo el mundo. Periódico Milenio. Recuperado de: <https://www.milenio.com/negocios/salsas-el-negocio-mexicano-que-conquista-todo-el-mundo>.

Sangerman, J., S. Larqué, B. Navarro, R. Schwentesius, H. Damián, y S. Cuevas. 2013. Producción de guayaba (Psidium guajava (L.) Burn.) en el Estado de México, México. Rev. Mex. Cien. Agr. 4:1081-1093.

SEDAGRO 2016. Producción agropecuaria por municipio 2016. Disponible en: http://sedagro.edomex.gob.mx/produccion_floricola. [Consulta: 25 abril 2019].

Sistema de Información Alimentaria y pesquera SIAP. 2019. El poder de la guayaba. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-poder-de-la-guayaba>. Recuperado el 18 de noviembre de 2019.

COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN FRACCIÓN OLEOSA DE FRUTOS DE MUNTINGIA CALABURA L.

Angélica Alejandra Ochoa Flores, Rafael García Jiménez,
Josafat Alberto Hernández Becerra.

I. RESUMEN

El consumo de frutos conteniendo diversos componentes antioxidantes benéficos para la salud ha cobrado relevancia en los últimos años. Los frutos de *Muntingia calabura* L. poseen compuestos que hacen atractivo su potencial aprovechamiento. No obstante, algunos componentes importantes para la nutrición y salud aún no han sido determinados en estos frutos. Este es el caso de los ácidos grasos que forman parte de los lípidos en estos frutos. El objetivo del presente estudio consistió en analizar la composición de los diferentes ácidos grasos que conforman la fracción lipídica de los frutos maduros de *M. calabura*, relacionándola con su influencia en la nutrición humana y la salud. Los análisis fueron realizados mediante cromatografía de gases previa transformación de los diferentes ácidos grasos en sus correspondientes metilésteres. Los resultados indicaron que la fracción lipídica en estos frutos está conformada principalmente por ácidos grasos poliinsaturados seguido de los saturados y monoinsaturados. Es de destacar la abundante y nutricionalmente benéfica presencia del ácido linoleico, así como una relativamente baja presencia de ácidos grasos saturados. Todo esto conlleva a establecer que el aporte de ácidos grasos por parte de estos frutos representa beneficios a la salud más allá de algún posible riesgo.

Palabras Clave: Muntingia-calabura, ácidos grasos, capulín.

II. INTRODUCCIÓN

Muntingia calabura L. es un árbol nativo del sur de México, Centroamérica y América del sur. Actualmente la planta se encuentra ampliamente distribuida en casi todas las regiones tropicales del mundo (Lim, 2012). En el estado de Tabasco, así como en otros estados del sureste de México, esta planta se puede encontrar desarrollándose de manera silvestre. Este arbusto produce unas pequeñas bayas de aproximadamente 1.5 cm de diámetro de color verde pálido que cambian a color rojo al madurar. Estos frutos son carnosos, dulces con un sabor almizclado característico y con muchas pequeñas semillas (1 a 2 mm) de forma elíptica y color amarillo grisáceo (Lim, 2012). Los frutos de *M. calabura* son comestibles, pero escasamente consumidos por los pobladores de las zonas en donde pueden encontrar, no existiendo reporte alguno de su cultivo que busque su aprovechamiento.

En los últimos años ha cobrado gran relevancia la promoción en el consumo de diversos frutos ricos en compuestos bioactivos con importante actividad antioxidante. Lo anterior es debido a que éstos compuestos pueden influir benéficamente a la salud, especialmente en la prevención y tratamiento de diferentes padecimientos tales como enfermedades cardiovasculares, distintos tipos de cáncer, diabetes y obesidad entre otras (Boeing et al., 2012). En este sentido, se ha reportado la presencia de diferentes compuestos fenólicos solubles, flavonoides y antocianinas en los frutos de *M. calabura* (Pereira et al., 2018; Lin et al., 2017; Gomathi et al., 2013; Preethi et al., 2012). Así mismo se ha demostrado que extractos de estos frutos poseen una relevante actividad antioxidante, así como propiedades antiinflamatorias y antimicrobianas (Gomathi et al., 2013).

A pesar de sus propiedades funcionales, los frutos de *M. calabura* son escasamente consumidos y comercializados. Una característica fisiológica de este fruto es que en su estado fresco es muy perecedero, por lo que generalmente es consumido en este estado. Sin embargo, podrían ser procesados y transformados en productos comercializables aprovechando así sus propiedades funcionales y nutricionales. Se ha reportado que, por cada 100g de fruto fresco, éste contiene aproximadamente 77.8 g de agua, 0.32g de proteína, 1.56g de lípidos, 14.6 g de carbohidratos, 4.6 g de fibra, y 1.14 g de cenizas (Morton, 1987; Pereira et al., 2016). Considerando lo anterior, es de hacer notar que la fracción lipídica representa una pequeña parte del fruto fresco. No obstante, si estos frutos fueran deshidratados,

buscando su comercialización en esta forma, el contenido porcentual de todos los componentes, incluidos los lípidos, incrementarían significativamente.

Los lípidos en la nutrición humana son de gran importancia ya que éstos no sólo representan una relevante fuente de energía, sino que dependiendo del tipo de ácidos grasos que los conformen pueden influir de manera benéfica o perjudicial en la salud. En este sentido es de resaltar las diferentes recomendaciones en el consumo de lípidos ricos ácidos grasos poliinsaturados, monoinsaturados y saturados en relación con el aumento o disminución en los niveles de colesterol, así como su influencia en la sensibilidad a la insulina y su relación con la diabetes tipo II (FAO, 2012).

En cuanto a la presencia de los diferentes ácidos grasos que conforman la fracción lipídica de los frutos de *M. calabura*, no se encuentran reportes que indiquen su composición particular. Tomando en cuenta lo anterior, resulta relevante el conocer esta composición si en el futuro cercano se desea aprovechar este fruto desarrollando diferentes productos comerciales.

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Analizar la composición de los diferentes ácidos grasos que conforman la fracción lipídica de los frutos de *Muntingia calabura* L., relacionándola con su influencia en la nutrición humana y la salud.

IV. MATERIALES Y METODOS

Material biológico

Frutos de *Muntingia calabura* L. maduros fueron recolectados de arbustos localizados en los alrededores de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México. Los frutos fueron trasladados el mismo día de su recolección al laboratorio de Análisis especiales de la Universidad Tecnológica de Tabasco. El transporte de los frutos fue realizado a temperatura ambiente (26 °C) en canastos de plástico conteniendo aproximadamente 300 g de producto por canasto.

Preparación de la muestra

Muestras de aproximadamente 100 g cada una fueron homogenizadas empleando un homogenizador Digital Ultra-Turrax IKA® T25 (Ika-Were, Staufen, Germany). Las muestras homogenizadas fueron deshidratadas bajo presión reducida (vacío) a una temperatura de 50 °C durante aproximadamente 8 horas. Las muestras deshidratadas fueron pulverizadas empleando un mortero de porcelana. Una parte de los homogenizados fue empleada en la determinación del contenido de humedad en base al método 934.06 del AOAC (AOAC, 2000).

Análisis de ácidos grasos

Lípidos totales de las muestras deshidratadas en polvo fueron extraídos en base a la metodología descrita por Bligh and Dyer (1959). Metil ésteres de ácidos grasos fueron preparados por el método de transmetilación/metilación catalizada por ácido, reportada por Carvalho y Malcata (2005) con algunas modificaciones. Aproximadamente 50 mg de extracto lipídico y 2 mg del estándar interno, gliceril triundecanoato (Sigma-Aldrich T5534), fueron mezclados con 1 ml de éter dietílico y 1 ml de HCl metanólico 1.5N. La mezcla fue cerrada herméticamente previa adición de gas nitrógeno y calentada a 100 °C por 1 hora. Después de su enfriamiento la mezcla fue extraída con 0.5 ml de hexano (conteniendo BHT al 0.01%) y 0.5 ml de agua destilada, agitando y centrifugando a 1500 rpm por 3 minutos. La fase superior conteniendo los metilésteres fue separada y secada con sulfato de sodio anhidro. 1 µL de la solución conteniendo los metilésteres fue inyectada en un cromatógrafo de gases Perkin Elmer AutoSystem XL (Waltham, MA, USA) equipado con un inyector split-splitless y detector de ionización de flama (FID). Una columna capilar Perkin Elmer Elite Series PE-225 (30 m x 0.25 mm d.i. x 0.25 µm de espesor de película) con cubierta 50% Cianopropilfenil-fenil-metilpolisiloxano (Waltham, MA, USA) fue empleada para el análisis. La temperatura del horno fue programada en una rampa de 50 °C a 195 °C (20 °C/min) con posterior incremento de la temperatura a 205 °C (3 °C/min) y posteriormente a 220 °C (7 °C/min), manteniendo la temperatura así por 30 minutos. Helio grado ultra alta pureza fue empleado como gas acarreador a un flujo de 14 ml/min. La temperatura del puerto de inyección fue ajustada a 205 °C y la del FID a 250 °C. La identificación de cada uno de los metil ésteres de los diferentes ácidos grasos encontrados en las muestras fue realizada por comparación del tiempo de retención de cada uno de ellos con

los obtenidos con una mezcla comercial de estándares (Supelco 37 ®, Sigma-Aldrich, México, México). Cada uno de los metil éster de los ácidos grasos identificados fueron cuantificados por el método de estándar interno.

V. RESULTADOS

Los frutos de *M. calabura* en estado maduro empleados en el presente estudio mostraron un contenido de humedad de 81.47 ± 0.11 %. Lo que indica un contenido de sólidos secos del 18.53 %. En cuanto al contenido de la fracción lipídica extraída esta fue del 1.37 ± 0.15 % en base húmeda (B.H.), correspondiente al 7.42 ± 0.87 % en base seca (B.S.) El análisis por cromatografía de gases (Figura 1) de los metil ésteres provenientes de los diferentes ácidos grasos presentes la fracción lipídica de los frutos maduros de *M. calabura* indicó que el ácido graso más abundante es el ácido linoleico (C 18:2 n-6), seguido por los ácidos grasos palmítico (C 16:0), oleico (C 18:1 n-9), esteárico (C 18:0), araquídico (C 20:0), linolénico (C 18:3 n-3), palmitoleico (C 16:1 n-11), eicosaenoico (C 20:1) y margárico (C 17:0). La abundancia relativa de cada uno de estos ácidos grasos se presenta en la tabla 1. Al considerar los principales grupos que conforman los ácidos grasos en función de la presencia de insaturaciones en su cadena hidrocarbonada, se observa que la mayor presencia de ácidos grasos corresponde a los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), seguido de los saturados (SFA) y finalmente por los monoinsaturados (MUFA) (Tabla 1).

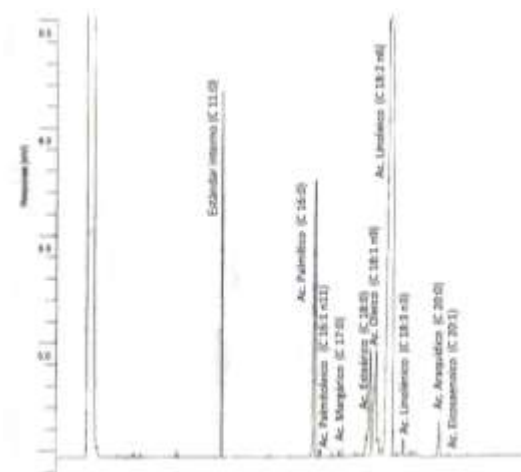


Figura. 1. Principales ácidos grasos identificados por Cromatografía de Gases en la fracción lipídica de frutos de *Muntingia calabura L.* en estado maduro.

Tabla 1. Composición de ácidos grasos (mg/g lípidos) en la fracción lipídica de frutos de *Muntingia calabura* L. en estado maduro.

	Contenido (mg/g lípidos)	Abundancia relativa (%)
C 16:0	82.3±5.9	11.14±0.11
C 16:1 n-11	1.3±0.3	0.17±0.04
C 17:0	0.6±0.2	0.08±0.03
C 18:0	50.5±1.4	6.87±0.71
C 18:1 n-9	64.7±9.9	8.72±0.70
C 18:2 n-6	519.7±41.4	70.33±0.12
C 18:3 n-3	8.1±0.8	1.09±0.02
C 20:0	11.0±1.3	1.49±0.06
C 20:1	0.8±0.3	0.11±0.03
SFA	144.4±6.5	19.58±0.74
MUFA	83.0±11.9	11.19±0.76
PUFA	527.8±42.2	71.43±0.12

De los ácidos grasos poliinsaturados presentes en los frutos de *M. calabura*, es de destacar la presencia del ácido linoleico (18:2 n-6) como el principal, seguido del ácido linolénico (18:3 n-3) (Tabla 1). En relación a los ácidos grasos monoinsaturados, se observó que el más abundante de este grupo es el ácido oleico (18:1 n-9) (Tabla 1).

En referencia a los ácidos grasos saturados, se observó que los más abundantes de este grupo fueron el ácido palmitoleico (16:0), esteárico (18:0) y araquídico (20:0) (Tabla 1).

VI. DISCUSIÓN

El contenido de humedad encontrado en los frutos de *M. calabura* en su estado maduro ($81.47 \pm 0.11\%$) es similar a la indicado por Morton (1987) (77.8%), Rahman et al. (2010) (80.0%), Pereira et al. (2016) (77.36%) y Muslimin et al. (2019) (77.26%) para frutos de *M. calabura* maduros. En cuanto al contenido de la fracción lipídica extraída (1.37 ± 0.15 % B.H.) este es similar al 1.56 % B.H. reportado por Morton et al. (1987) y menor que el reportado por Pereira et al. (2016), que fue de 2.34 % B.H. Las diferencias observadas entre los resultados encontrados en el presente estudio y los trabajos reportados en otras investigaciones pueden deberse a la variación en las condiciones climáticas y agronómicas bajo las cuales se desarrollaron dichos frutos.

Es de destacar la presencia de los ácidos grasos poliinsaturados en los frutos de *M. calabura*, principalmente la del ácido linoleico (18:2 n-6), así como del ácido linolénico (18:3 n-3). Lo anterior es nutricionalmente relevante si se toma en cuenta que ambos ácidos grasos son considerados como indispensables para el ser humano y deben ser obtenidos a través de la dieta. En este mismo sentido es de destacar el efecto de la ingesta de este tipo de ácidos grasos sobre la disminución de la concentración de triglicéridos en sangre, así como la disminución de la resistencia a insulina y la esteatosis hepática (Rodríguez-Cruz et al., 2005).

Es de resaltar la importante presencia de ácidos grasos linoleico (18:2, n-6), el cual representa $70.33 \pm 0.12\%$ de los ácidos grasos totales presentes en la fracción lipídica de este fruto. La importante presencia de este ácido graso ya había sido reportado por Ragasa et al. (2005), quienes derivado de un estudio centrado en identificar mediante NMR los principales constituyentes de los frutos de *M. calabura* encontraron que el ácido graso mayoritariamente enlazado al glicerol en los triglicéridos era el ácido linoleico (18:2 n-6), seguido por el palmítico (16:0).

Una presencia elevada de ácido linoleico en las fracciones lipídicas de diversos frutos no es muy común, encontrando solo algunos casos, tal como el de la uva-crispa o uva espinosa (*Ribes spp.*), la cual es un arbusto que crece en el continente Europeo y norte de África. En este fruto, el contenido de ácido linoleico en su pulpa alcanza el 66.7% (del total de ácidos grasos presentes), (Kamel and Kakula, 2007). En este mismo sentido, también ha sido reportado elevada presencia de ácido linoleico con respecto al total de ácidos grasos presentes en la fracción lipídica extraída de las semillas de algunos frutos tales como la colequintida (*Colocynthis citrullus*) (68.2%), uchuva o aguaymanto (*Physalis peruviana*) (76.1%), uva (*Vitis vinifera*) (72.2%), guayaba (*Psidium guajava L.*) (76.4%) y maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) (77.2%) (Kamel and Kakula, 2007).

Si bien la elevada presencia del ácido linoleico (18:2 n-6) y de los demás ácidos grasos insaturados en la fracción lipídica de *M. calabura* podría ser beneficioso, es de hacer notar que dicha fracción oleosa representa solo una pequeña parte del fruto fresco (1.37 al 3.0 %). No obstante, si estos frutos fueran deshidratados para su comercialización, la fracción oleosa (por cada 100 g de fruto seco) aumentaría alcanzando niveles de entre 7 y 9%. De esta forma su consumo representaría una fuente importante de este tipo de ácidos grasos poliinsaturados.

En relación con los ácidos grasos monoinsaturados, es de resaltar la presencia del ácido oleico (18:1 n-9) en la fracción lipídica del fruto. Esto también es nutricionalmente importante si se considera que la destacada presencia de este ácido graso en la dieta es un factor clave en la salud cardiovascular. En este sentido, la FAO ha planteado que hay evidencia convincente que indica que sustituir la energía producida por los carbohidratos por la de MUFA aumenta los niveles de colesterol HDL y mejora la sensibilidad a la insulina. Así mismo, hay evidencia convincente que muestra que la sustitución en el consumo de los ácidos grasos saturados por MUFA también reduce los niveles de colesterol LDL (FAO, 2012).

Es comúnmente conocido que una ingesta elevada de ácidos grasos saturados se relaciona con un problema cardiovascular debido al aumento de los niveles de colesterol LDL. No obstante, se ha planteado que, dentro de los ácidos grasos saturados, cada uno de ellos provoca efectos diferentes. Así, los ácidos grasos: láurico (12:0), mirístico (14:0) y palmítico (16:0) aumentan significativamente los niveles de colesterol LDL, mientras que el esteárico (18:0) no tiene ningún efecto sobre los niveles de colesterol LDL (Carrillo-Fernández et al., 2011; FAO, 2008). En este contexto, puede apreciarse en el presente estudio, que los principales ácidos grasos saturados presentes en la fracción lipídica de los frutos de *M. calabura* son el palmítico (16:0) y el esteárico (18:0). Tomando en cuenta lo antes citado, es de resaltar que el ácido palmítico solo representa una pequeña parte (11%) del total de los ácidos grasos presentes en dichos frutos.

En base a todo lo antes indicado, puede establecerse que la mayoría de los ácidos grasos presentes en la fracción lipídica de los frutos de *M. calabura*, representan beneficios a la salud de los consumidores más allá de algún efecto adverso.

VII. CONCLUSIONES

La composición de ácidos grasos en la fracción lipídica de los frutos de *M. calabura* está conformada principalmente por ácidos grasos poliinsaturados seguido de los saturados y monoinsaturados, destacando la abundante y nutricionalmente benéfica presencia del ácido linoleico, así como una relativamente baja presencia de los ácidos grasos saturados. Todo esto conlleva a establecer que el aporte de ácidos grasos por parte de estos frutos representa beneficios a la salud más allá de algún posible riesgo.

VIII. PROPUESTAS

Desarrollar productos con factibilidad de ser comercializados empleando los frutos de *M. calabura* como materia prima y buscando aprovechar sus propiedades funcionales. Evaluar el efecto del procesamiento sobre los posibles cambios en la composición de los ácidos grasos presentes originalmente en los frutos de *M. calabura*.

IX. REFERENCIAS

AOAC (2000). *AOAC Official Method 934.06. Moisture in dried fruits. codex-adapted-aoac method.* In Horwitz, W., editor, *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, volume 2, chapter 37, page 4. AOAC International, 17th edition.*

Bligh, E. G. and Dyer, W. J. (1959). *A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, 37:911–917.*

Boeing, H., Bechthold, A., Bub, A., Ellinger, S., Haller, D., Kroke, A., Leschik-Bonnet, E., Muller, M. J., Oberritter, H., Schulze, M., Stehle, P., and Watzl, B. (2012). *Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. European Journal of Nutrition, 51:637–663.*

Carvalho, A. P. and Malcata, F. X. (2005). *Preparation of fatty acid methyl esters for gas-chromatographic analysis of marine lipids: Insight studies. J. Agric. Food Chem., 53(13):5049–5059.*

FAO (2012). *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. consulta de expertos. In de Nutrición, F. I., editor, Estudio FAO Alimentación y Nutrición 91, Pages 9–79. FAO.*

Gomathi, R., Anusuya, N., and Manian, S. (2013). *A dietary antioxidant supplementation of jamaica cherries (*Muntingia calabura* L.) attenuates inflammatory related disorders. Food Science Biotechnology, 22(3):787–794.*

Kamel, B. S. and Kakuda, Y. (2008). *Fatty acids in fruits and fruit products. In Chow, C. K., editor, Fatty acids in foods and their health implications, chapter 11, pages 263–301. Taylor and Francis Group, 3 edition.*

Lim, T. K. (2012). *Muntingia calabura. In Edible medicinal and non-medicinal plants, volume 3, chapter Fruits, pages 486–492. Springer Science.*

Lin, J. T., Chang, Y. Y., Chen, Y. C., Shen, B. Y., and Yang, D. J. (2017). *Molecular mechanism of the effects of the ethanolic extract of *Muntingia calabura* Linn. fruit on*

lipopolysaccharid-induced pro-inflammatory mediators in macrophages. Food and Function, 8:1245–1253.

Morton, J. (1987). *Jamaica cherry*. In Morton, J., editor, *Fruits of warm climates*, pages 65–69.

Muslimin, L., Rini, Hasyim, I., Yusuf, N. F., Mubarak, F., and Yulianty, R. (2019). *Nutrient content, mineral content and antioxidant activity of Muntingia calabura Linn. Pakistan Journal of Nutrition, 18(8):726–732.*

Pereira, G. A., Arruda, H. S., Morais, D. R., Eberlin, M. N., and Pastore, G. M. (2018). *Carbohydrates, volatile and phenolic compounds composition, and antioxidant activity of calabura (Muntingia calabura L.) fruit. Food Research International, 108:264–273.*

Pereira, G. A., Tome, P. H. F., Arruda, H. S., Fragiorge, E. J., and Ribeiro, P. R. (2016). *Caracterizao fisico-quimica e atividade antioxidante do fruto calbura (Muntingia clabura L.). Brazilian Journal of Foof Research, 7(2):67–79.*

Preethi, K., Premasudha, P., and Keerthana, K. (2012). *Anti-inflammatory activity of Muntingia calabura fruits. Pharmacongnosy Journal, 4(30):51–56.*

Ragasa, C. Y., Tan, M. D. S., Chiong, I. D., and Shen, C. C. (2015). *Chemical constituents of Muntingia calabura L. Der Pharma Chemica, 7(5):136–141.*

Rahman, M., Ali-Fakir, S., and Rahman, M. (2010). *Fruit growth of china cherry (Muntingia calabura). Botany Reseach International, 3(2):56–60.*

Rodriguez-Cruz, M., Tovar, A. R., Del-Prado, M., and Torres, N. (2005). *Mecanismos moleculares de acción de los ácidos grasos poliinsaturados y sus beneficios en la salud. Revista de Investigación Clínica, 57(3):457–472.*

ANIMACIÓN 2D SOBRE EL ORIGEN DEL UNIVERSO PARA EL OBSERVATORIO DEL PLANETA CASA DE LA TIERRA.

Martha Ofelia Jiménez Velázquez, Ana Aurora Guerrero González,
Ricardo Landero Vázquez.

I. RESUMEN

El Observatorio Casa de la Tierra tiene como propósito concientizar a la población sobre la contaminación y sus efectos, al igual que los cambios climáticos que se producen en nuestro planeta. El presente trabajo muestra como la computadora es una herramienta importante para los equipos de trabajos dedicados a la realización de animaciones digitales. El objetivo principal es desarrollar una animación en 2D que recree la creación del universo y que pueda ser de interés para el público en general, esto utilizando para su desarrollo Adobe Illustrator, Adobe Animate, así como Audacity. Se implementó la metodología para el desarrollo de proyectos multimediales, donde se pudo dar un seguimiento certero de cada una de las etapas que debían cumplirse para llegar a obtener una animación de calidad, verificando que cada una de estas se cumplieran de la mejor forma posible.

Palabras Clave: Animación Digital, Proyectos multimediales, Modelado.

II. INTRODUCCIÓN

Un dibujo animado es una categoría dentro de las obras de animación que se refiere a aquellas secuencias visuales realizadas en dos dimensiones. Se consiguen dibujando secuencialmente cada fotograma que componen a las obras, generando una secuencia y representación de imágenes en movimiento. Es la técnica de animación más antigua y conocida como 2D, tradicional o clásica.

El observatorio Casa de la Tierra cuenta con diversas secciones que muestran información sobre la contaminación y sus efectos, al igual que los cambios climáticos que se producen en nuestro planeta. Una de estas secciones trata sobre el origen del universo el cual

está representado en una línea del tiempo impresa y colocada en un muro, un facilitador explica cada uno de los puntos en el momento del recorrido. La línea del tiempo es estática y no cuenta con material multimedia que le permita al visitante interactuar con la información proporcionada.

Debido a lo anterior, se propuso crear una animación en 2D “El origen del universo”, siendo propia la idea original de este recinto, con la finalidad de mejorar la forma de interpretar la información en la línea del tiempo y captar la mayor atención posible de los visitantes, complementando la temática tecnológica del observatorio. Al final de la presentación el visitante tendrá la opción de capturar un código QR integrado en la línea del tiempo el cual tiene como objetivo descargar la información completa del tema para que pueda ser consultada libremente en cualquier lugar.

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Diseñar e implementar una animación 2D que explique el origen del universo de forma entretenida a los visitantes del observatorio del planeta casa de la tierra en Villahermosa, Tabasco.

Objetivos específicos

- Recopilar información a través de libros y sitios electrónicos.
- Analizar y organizar la información recopilada.
- Redactar un guion multimedia que permita la organización del contenido de la animación, así como elementos y recursos a utilizar.
- Crear bocetos de los personajes, objetos y escenarios a implementar en la animación.
- Vectorizar cada uno de los bocetos en el software de diseño Illustrator.
- Integrar en el software de animación Animate CC cada uno de los vectores.
- Desarrollar la animación 2d de cada una de las escenas utilizando las herramientas y efectos de movimiento del software.
- Realizar las pruebas y correcciones pertinentes a la aplicación que permitan detectar y corregir errores.
- Implementar la animación en los dispositivos correspondientes en el observatorio.

- Redactar el informe final del proyecto.

IV. MATERIALES Y METODOS

(Saeed, 2004) La Metodología para el desarrollo de proyectos multimedia desarrollada por Darío Saeed es la que se utilizó en la realización del proyecto, la cual consta de 6 pasos:

- **Desarrollo de la Idea:** en esta etapa se define en términos generales el proyecto a diseñar, participan todos los integrantes del grupo y el cliente y tiene como objetivo definir el proyecto multimedial que se va a desarrollar, para ello, hay que tener en cuenta diversos aspectos como: objetivo, sinopsis, estilo, target y perfil de usuario, estudio de la competencia y plataforma.
- **Diseño:** En esta etapa se realiza el Storyboard del proyecto, que son las distintas escenas que contendrá la aplicación, así como los medios que serán utilizados para transmitir el mensaje: guion literario, mapa de navegación y guion técnico interactivo.
- **Prototipo:** Es la primera prueba del proyecto en el cual se puede observar cómo será el resultado final y el cliente tiene la responsabilidad de aprobarlo. Se debe garantizar al cliente que el desarrollo está dentro de lo planeado y, a su vez, poder ver y probar una parte de la aplicación. Aquí también se realiza la investigación de nuevas tecnologías, que puedan ser parte del demo que se desarrolla, el cual debe ser representativo de lo pactado con el cliente.
- **Producción:** Una vez teniendo el diseño definitivo, se prosigue con el desarrollo de la aplicación, teniendo como base el prototipo se producen todas las imágenes, animaciones y videos del producto multimedial para posteriormente integrarse y darle interactividad. Se definen los Criterios de producción y se producen los diversos elementos multimediales de acuerdo con el Guion Técnico Interactivo.
- **Testeo:** Se realizan las pruebas de funcionamiento y calidad tanto por el cliente, como por el equipo de trabajo para que el proyecto no tenga ningún inconveniente en el futuro. Cuando todas las partes aseguran que el producto está listo y funcionando, la beta testers se encargan. Se realizan diversas versiones de la aplicación, a fin de ir corrigiendo los errores que se van encontrando.

- **Distribución:** Una vez terminado el proyecto se almacena en un servidor, sitio web o en un CD para que pueda ser reproducido o en un puesto interactivo de consulta.

Las herramientas utilizadas para la realización de las animaciones son las siguientes:

- **Adobe Illustrator:** (Vilchez, 2012) Es un editor de gráficos vectoriales que trabaja sobre un tablero de dibujo, conocido como «mesa de trabajo» y está destinado a la creación artística de dibujo y pintura para ilustración.



Figura 1. Logo de Adobe Illustrator.

Las impresionantes ilustraciones que se crean con este programa le han dado una fama de talla mundial a esta aplicación de manejo vectorial entre artistas gráficos digitales de todo el planeta.

- **Adobe Photoshop:** (Evening, 2014) Es un programa de manipulación de imágenes, en su plataforma ofrece diversas herramientas muy específicas para poder editar cada elemento de una imagen digital.



Figura 2. Logo de Adobe Photoshop.

Este software se utiliza principalmente para realizar retoques fotográficos, pero también es muy usado para la realización de diseños web, y para la creación de cualquier tipo de diseño gráfico que puede incluir una tarjeta de presentación o un panfleto.

- **Adobe Animate:** (Chun, 2016) Fue creado para servir como el entorno de edición principal para la plataforma de Adobe Flash, el software está basado en vectores para crear contenido animado e interactivo.



Figura 3. Logo de Adobe Animate.

Se puede establecer como uno de los mejores productos de adobe ya que organiza las imágenes y sonidos en capas y fotogramas para crear animaciones 2D utilizadas en páginas web y sitios web con contenido multimedia. Estas animaciones pueden ser reproducidas por

un reproductor Flash, embebido (o no) en el navegador. El reproductor también puede realizar otras tareas con contenido multimedia, como crear animaciones, editar imágenes, sonido, etc., jugar o programar juegos, etc.

- **Audacity:** (Audacity.org, s.f.) Audacity es una aplicación informática multiplataforma libre, que se puede usar para grabación y edición de audio, distribuido bajo la licencia GPL. Es el editor de audio más difundido en los sistemas GNU/Linux.



Figura 4. Logo de Audacity.

V. RESULTADOS

El primer paso para llevar a cabo la aplicación fue redactar el guion con el cual se dio a conocer cada uno de los elementos que conforman la historia.

Una vez terminado el guion se tomaron en cuenta el número de elementos, para posteriormente iniciar con los bocetos. En las figuras 5 y 6 se muestran algunos de los bocetos realizados para determinar los posibles personajes y escenas.



Figura 1.- Bocetos del personaje de Aurora.

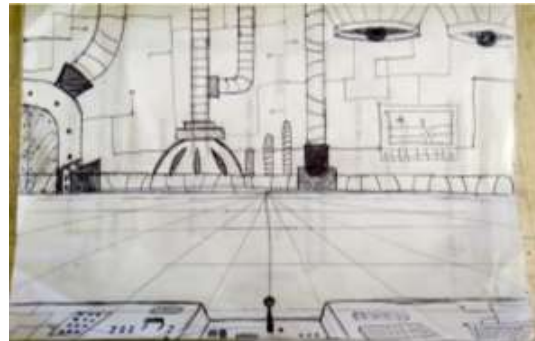


Figura 2.- Boceto de una de las escenas.

En esta etapa de la aplicación se graban las voces de los personajes correspondientes y se editan en Audacity. Los bocetos anteriormente realizados son vectorizados (digitalizados) en Adobe Illustrator para aplicarles el diseño correspondiente y ser integrados en el software de animación. En las figuras 7, 8, 9, 10 y 11 se muestran fragmentos del proceso de vectorización, distintas herramientas del programa tales como pluma, línea, formas libres, entre otras, fueron utilizadas para dar diseño a los personajes y escenas.

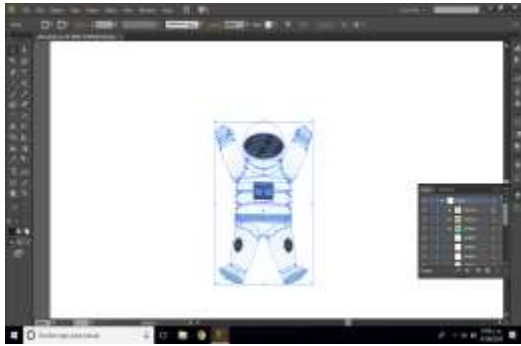


Figura 3.- Vectorización del personaje de Eros.



Figura 4.-Vectorización de elementos.



Figura 5. Vectorización de una de las escenas de Eros.



Figura 6. Vectorización del personaje de Aurora.

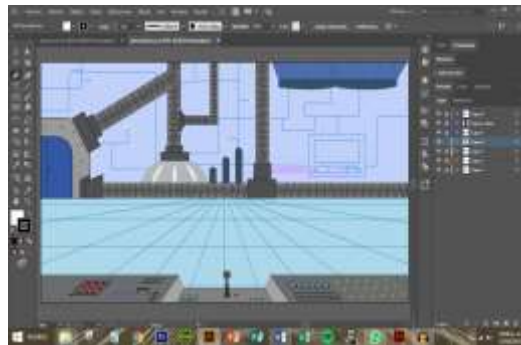


Figura 7. Vectorización de una de las escenas de Aurora.

Luego de haber realizado las vectorizaciones necesarias, estas son importadas desde Adobe Animate. Este programa fue utilizado para crear la animación correspondiente al guion antes descrito. En las figuras 12, 13, 14 y 15 muestran algunos fragmentos del diseño de la aplicación en el software.

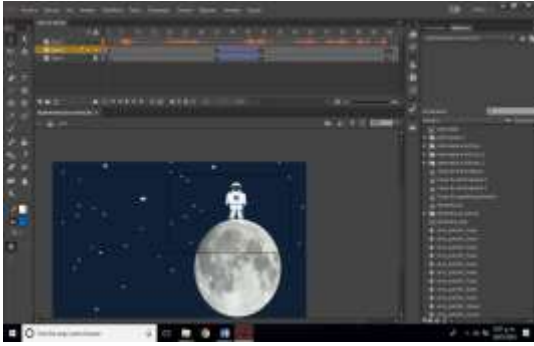


Figura 8. Animación del personaje Eros.

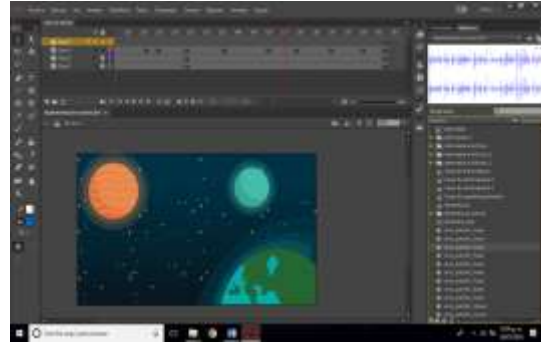


Figura 9. Animación de una de las escenas.

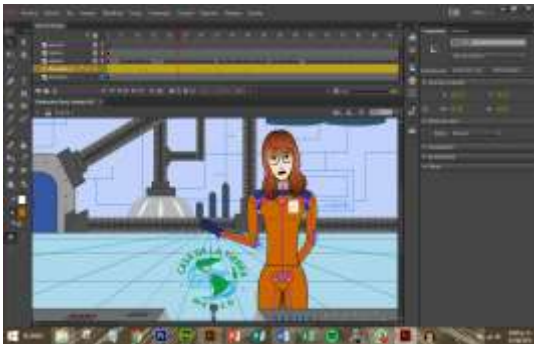


Figura 10. Animación del personaje de Aurora.



Figura 11. Animación de una de las escenas de Eros.

Adobe Animate ofrece la opción de exportar la animación final en formato de video, permitiendo su reproducción en el ordenador. La figura 16 muestra la ventana de configuración de exportación del software.

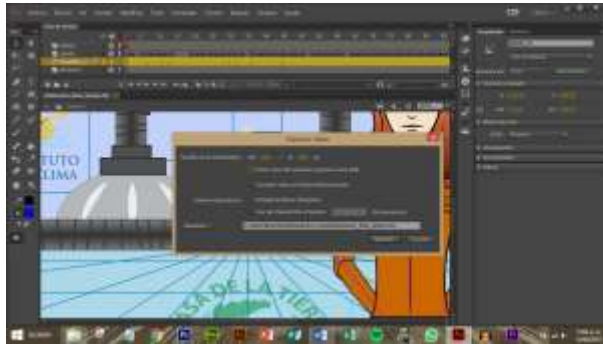


Figura 12. Exportación de video de Adobe Animate.

Debido a que Adobe Animate disminuye la calidad del audio al momento de ser exportado, se recurrió a un software auxiliar para integrar las voces dentro de la animación sin perder calidad.

En las figuras 17 y 18 se muestran las pantallas principales de Adobe Premier, un software de edición de video en el cual se implementan las voces de los personajes y los efectos especiales.

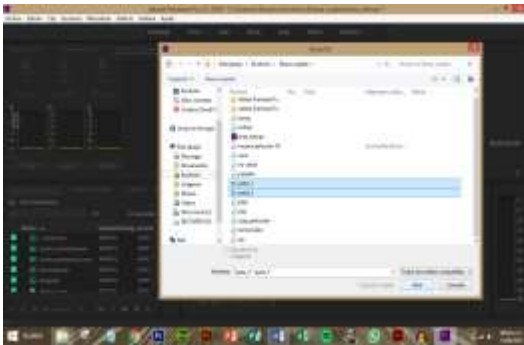


Figura 13. Pantalla de importación de Adobe Premier.

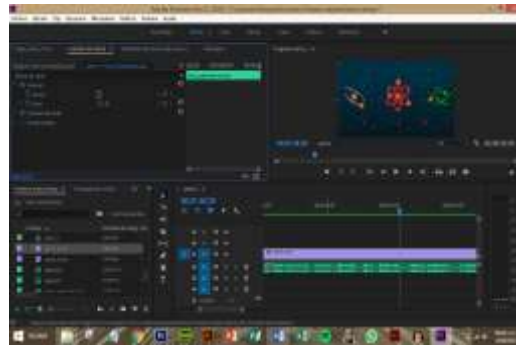


Figura 14. Pantalla de edición de Adobe Premier.

Una vez terminada la edición completa de la secuencia, se exporta el proyecto en formato H.264 con calidad de 1080p, el cual nos permite convertir el video en mp4 que es compatible con cualquier dispositivo. En las figuras 19 y 20 se muestran las pantallas de exportación y conversión.



Figura 15. Pantalla de ajustes de exportación de Adobe Premier.

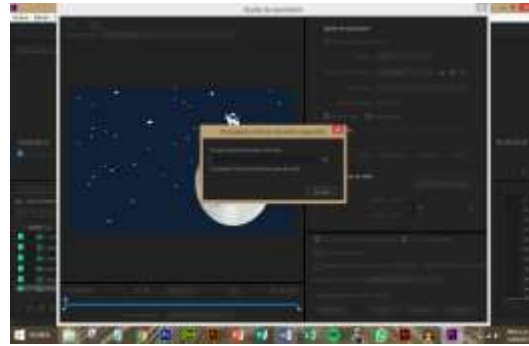


Figura 16. Pantalla de exportación y conversión de Adobe Premier.

Al finalizar la exportación, el archivo puede ser reproducido en cualquier dispositivo, las figuras 21, 22 y 23 muestran algunas de las pantallas de la animación finalizada.



Figura 17. Escena de la animación en el Reproductor de Windows Media.



Figura 18. Escena de la animación en el Reproductor de Windows Media.



Figura 19. Escena de la animación en el Reproductor de Windows Media.

VI. DISCUSIÓN

En este trabajo se aplicaron las etapas de la metodología de desarrollo de proyectos multimedia, las cuales fueron aplicadas de la siguiente manera:

1. **Idea:** En esta etapa se realizaron algunas reuniones con la persona encargada del proyecto para poder identificar las diferentes escenas que se realizarían y encaminar a la solución de la problemática.
2. **Diseño:** Como resultado de las entrevistas se pudo extraer información relevante que fue utilizada en la construcción de las escenas y animaciones, con ello se generó el guion y los bocetos que apoyaron el diseño y dieron pie a los diálogos de los personajes.
3. **Prototipo:** En base al diseño se realizó el primer prototipo que fue mostrado al encargado del proyecto para su visto bueno y en caso de requerir algunas modificaciones estas puedan realizarse sin perjudicar el trabajo final.
4. **Producción:** Teniendo el diseño terminado se comienza con la generación de las escenas y la animación, para ello se realizaron las imágenes, se graba los audios y por último se integró la animación.
5. **Testeo:** Una vez que se tuvo el producto terminado se realizaron las pruebas correspondientes en base a su funcionamiento y calidad, estas fueron realizadas por personal del observatorio casa de la tierra y aquí salieron nuevas modificaciones que se adecuaron al producto terminado.
6. **Distribución:** Con las pruebas y modificaciones realizadas se llevó a cabo la presentación del producto, mismo que se entregó en CD y en formato Flash.

Como se puede observar el objetivo planteado se cumplió satisfactoriamente, en base a las necesidades que se presentaron, realizando cada una de las etapas de la metodología de desarrollo.

VII. CONCLUSIONES

Sin duda alguna el diseño e implementación de la animación de la línea del tiempo del origen del universo, beneficia de manera significativa al observatorio casa de la Tierra, específicamente en el recorrido que ofrece, informando de forma entretenida a los visitantes,

obteniendo transmitir información clara y precisa que por medio de las láminas impresa era difícil de asimilar.

La aplicación desarrollada cumple con los requerimientos ya que puede ser reproducida en distintos dispositivos y proyectada de manera fácil y rápida en pantallas de 50”, así mismo por el tiempo de reproducción con el que se cuenta, el visitante estará siempre en contexto con el recorrido sin perder detalle de la información expuesta por los facilitadores.

VIII. PROPUESTAS

Con esta aplicación se pretende dar a conocer de manera entretenida la línea de tiempo del origen del universo y así el público que visite el Observatorio pueda entender más fácilmente el tema.

Una de las propuestas que se tiene es que en el futuro pudiera generarse las animaciones en 3D utilizando dispositivos de realidad virtual.

IX. REFERENCIAS

Audacity.org. (s.f.). Audacity. Obtenido de <https://www.audacityteam.org/>

Chun, R. (2016). Adobe Animate CC Classroom in a Book. California, Estados Unidos: Adobe.

Evening, M. (2014). Photoshop CC. Madrid, España: Anaya multimedia.

López, R. (2006). Edición de audio con Adobe Audition. Distrito Federal, México: Ra-Ma.

Saeed, D. (2004). Metodología para el desarrollo de proyectos multimedia. Buenos Aires, Argentina: Publicaciones DC.

Vilchez, J. (2012). Illustrator CS6. Antequera, España: IC Editorial.

APLICACIÓN MÓVIL GENÉRICA PARA PEDIDO DE PIZZA Y REGISTRO DE CLIENTES

Cristian Valencia Vinagre, Gladys del Carmen Calao Sánchez,
María Reyna Guillermo Guillermo.

I. RESUMEN

El objetivo del proyecto es implementar una aplicación móvil genérica para cualquier establecimiento que desee levantar pedidos de pizza para venta a turistas. Realizada bajo la metodología planteada para el desarrollo de software llamado Prototipos. Este Modelo de prototipos, en Ingeniería de software, debe ser construido en poco tiempo, usando los programas adecuados y no se debe utilizar muchos recursos. El diseño rápido se centra en una representación de aquellos aspectos del software que serán visibles para el cliente o el usuario final. Conduce a la construcción de un prototipo, el cual es evaluado por el cliente para una retroalimentación; gracias a ésta se refinan los requisitos del producto. La interacción ocurre cuando el ejemplar se ajusta para satisfacer las necesidades del contratante y vea resultados a corto plazo. Se logró cumplir con el objetivo de obtener una aplicación funcional en pedido de pizza y registro de clientes, además de cubrir las expectativas básicas del usuario. Así mismo, se propone el prototipo para que se implemente en torno al proyecto nacional del tren maya, el cual se puede ajustar a las necesidades y solicitudes de los turistas de paso, próximos a llegar a las estaciones del tren.

Palabras Clave: Prototipo, desarrollo, aplicación, pedido, móvil.

II. INTRODUCCIÓN

La pizza es un pan plano horneado, habitualmente de forma redonda, elaborado con harina de trigo, sal, agua y levadura, cubierto con salsa de tomate y queso. Existe gran cantidad de variedades, según el pan, la manera de cocinarlo y el agregado de diversos ingredientes: peperoni, salami, tomate, champiñones, cebolla, jamón, aceitunas, morrones, etc. Su origen es dudoso, pero ha sido tradicionalmente atribuido a la gastronomía de Italia,

razón por la cual la Unión Europea le reconoció en 2010 la denominación de origen de Especialidad tradicional garantizada (ETG). En 2017 la UNESCO reconoció el arte de los pizzaioli (pizzeros) napolitanos como Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad. En México ha alcanzado popularidad, acompañado con ingredientes propios como: chile, aguacate, chorizo, pastor, camarones, cochinita, frijoles, huitlacoche y hasta escamoles (Acuña,2017).

Con aplicaciones móviles, la primera empresa que, en 1997, implantó un sistema que permitía realizar compras de sus productos a través del teléfono celular fue Coca Cola. Un año más tarde, se fundó PayPal, lo que supuso un nuevo impulso al comercio electrónico gracias a las facilidades y seguridad en el pago que ofrecía. Por otro lado, en el año 2006, Google lanzaría su propia forma de pago online mediante Google Checkout (Abarza, 2019). Por lo tanto, la venta de alimentos a través de las aplicaciones móviles está impulsando de manera importante a las PyMEs de este sector.

Con el tiempo, muchos viajeros han experimentado momentos esenciales en el tema de las comidas, en el transporte en el cual han viajado; unas veces incluyen alimentos, otras no; o el que les brindan no les apetece o no les gusta; O simplemente se les antoja algo diferente o probar un sabor local. En un futuro puede implementarse en los locales a lo largo de la ruta del tren maya, una app con la cual los turistas de paso puedan solicitar su pizza, con anticipación a su llegada a la siguiente estación. El usuario, tendrá comida lista para recibirla en el breve tiempo que permanezca el transporte ahí parado. A su vez, poder degustar de los sabores tradicionales de la zona, haciéndolo parte de su experiencia en el tour. El objetivo principal de esta propuesta es desarrollar una aplicación móvil genérica que sirva como prototipo para el pedido de pizza y registro de clientes.

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Diseñar y desarrollar una aplicación móvil para pedidos, registro de clientes y entregas, para establecimientos en el corredor turístico y gastronómico.

Objetivos específicos

- Obtener información de los procesos que maneja el restaurante
- Analizar la información obtenida

- Diseñar la Base de Datos
- Diseñar el maquetado del sitio, mediante pantallas e imágenes, así como las páginas y el tipo de información que contendrá cada una de ellas.
- Desarrollar la aplicación móvil con Android Studio
- Subir la aplicación en la nube
- Instalar la aplicación móvil en el dispositivo
- Realizar pruebas de la aplicación
- Liberar el proyecto.

IV. MATERIALES Y METODOS

El modelo utilizado para este desarrollo de software es Prototipo. El cual permite que todo el sistema, o algunas de sus partes, se construyan rápidamente para comprender con facilidad y aclarar ciertos aspectos en los que se aseguren que el desarrollador, el usuario y el cliente estén de acuerdo en lo que se necesita, así como también la solución que se propone para dicha necesidad y de esta forma minimizar el riesgo y la incertidumbre en el progreso. Este modelo se encarga de los diseños para que sean analizados, y poder prescindir de ellos a medida que se adhieran nuevas especificaciones; es perfecto para medir el alcance del producto (Zumba, 2018).

Etapas del modelo de prototipos:

- Investigación y análisis de requisitos
- Modelado, diseño rápido
- Construcción del Prototipo
- Desarrollo, evaluación del prototipo por el cliente
- Refinamiento del prototipo
- Producto de Ingeniería

V. RESULTADOS

Descripción del Sistema Actual

Las siguientes pantallas de muestra se toman simulando un negocio llamado Kiss Pizza que ya cuenta con una aplicación web con conexión a una base de datos para el manejo de información, el cual sirve de apoyo al momento de realizar pedidos, control de clientes e inventario de productos.

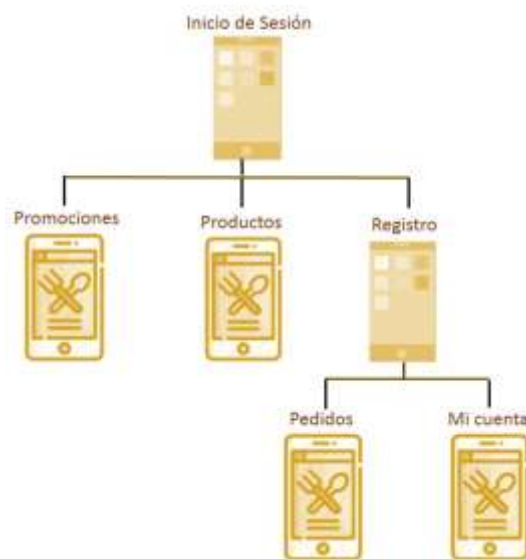
La aplicación móvil contiene las siguientes funciones:

- Inicio de sesión
- Promociones
- Productos
- Registro
- Pedidos
- Mi cuenta

Mapa de navegación de la aplicación móvil

A continuación, se muestra la forma en que se presentan los módulos que contiene la aplicación y de qué forma el usuario podrá localizarlas.

Figura 1. Mapa de navegación.

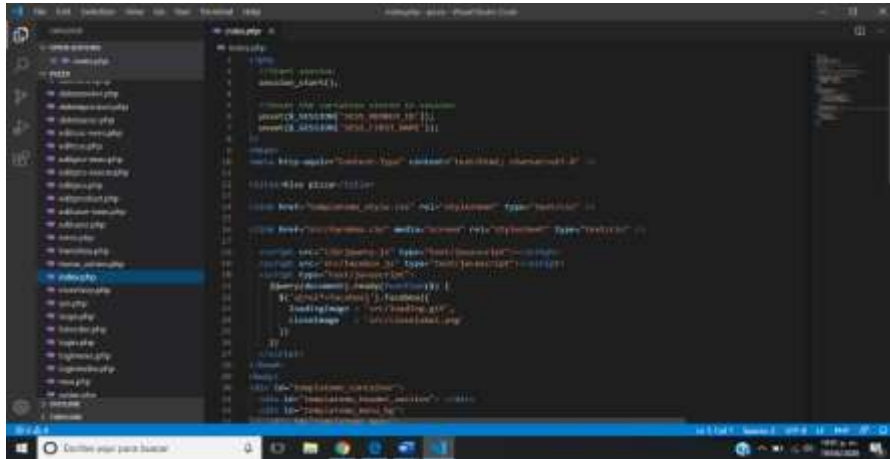


Fuente: Elaboración propia.

Desarrollo de la aplicación móvil

En la siguiente figura se muestra una ventana con la codificación de un módulo de la aplicación móvil, de acuerdo a los estándares y requerimientos para el desarrollo, con Visual StudioCode.

Figura 1. IDE Visual StudioCode.



Fuente: Elaboración propia.

Modelo Vista Controlador (MVC) en una aplicación móvil

A continuación, se muestra en la figura 3 la ventana principal de la aplicación móvil.

Figura 2. Ventana principal de aplicación móvil



Fuente: Elaboración propia.

Aplicación del Modelo Vista Controlador - Descripción del desarrollo de la aplicación móvil.

En esta sección se muestra el logueo para ingresar a la aplicación.

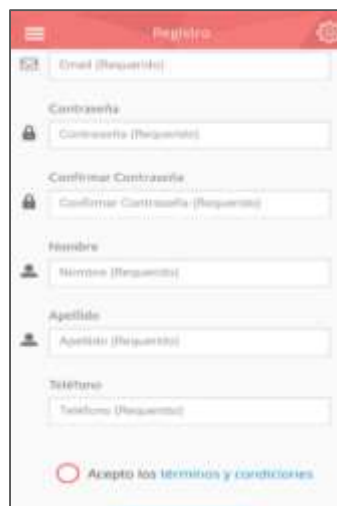
Fig. 5. Login Aplicación



Fuente: Elaboración propia.

Registro de clientes: En esta sección es para dar los datos de los clientes para ingresar y poder hacer los pedidos en línea.

Figura 6. Registro de cliente



Fuente: Elaboración propia.

Pantalla de productos: Muestra los productos que se consumirán por pedido en la aplicación.

Figura 7. Productos



Fuente: Elaboración propia.

Pantalla de lugar: Aquí se muestra la localización de la pizzería.

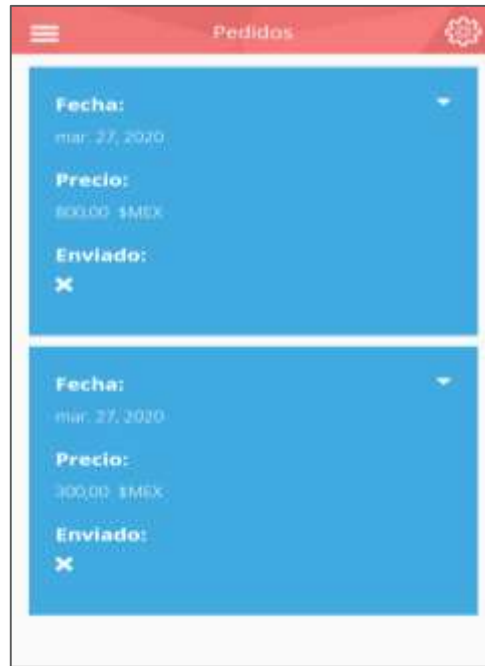
Figura 8. Localización



Fuente: Elaboración propia.

Pedidos realizados: Esta pantalla se muestra ya cuando se hace algún pedido en la aplicación.

Figura 9. Pedidos realizados



Fuente: Elaboración propia.

Verificar los datos: Se verifican los datos del cliente para enviar su pedido en línea.

Figura 10. Verificar datos.



Fuente: Elaboración propia.

Revisión de los pedidos: Pantalla donde verifica todos los productos a pedir en el envío y confirmarlo.

Figura 11. Confirmación del pedido



Fuente: Elaboración propia.

VI. CONCLUSIONES

El Tren Maya recorrerá una distancia de 1,500 km aproximadamente y pasará por los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Dado lo anterior, es importante mencionar que el desarrollo de una aplicación móvil contiene los requisitos básicos además de los estándares de calidad para ser un producto potencial. Se encuentra funcionando a modo de prueba en el establecimiento de simulación. No podemos descartar, que pueda ser implementado en torno al Proyecto Nacional del Tren Maya; ya que, podría ser el preámbulo para generar una serie de productos digitales móviles, que se generen en pro de esta importantísima ruta turística; por ejemplo, la venta de boletos, artesanías, servicios de taxi, guías, entre otros. Donde miles de visitantes circularán cada año, reactivando la economía en todo el sureste mexicano.

VII. PROPUESTAS

Derivado de la generación de esta aplicación móvil, se puede personalizar para que el pedido de alimentos de la gastronomía típica de la región como tortillas rellenas de queso en diferentes presentaciones o rellenos, así como enfocar el pedido a productos artesanales como el chocolate o recuerdos de lugar visitado.

De igual forma, facilitar al acceso de la aplicación a la Play store para que los turistas la puedan bajar en su celular con simplemente tener un código QR, en una carta que se encuentre a la vista de todos en el interior del tren, de todos los productos y alimentos disponibles en cada estación.

VIII. REFERENCIAS

Acuña, Cecilia (26 de junio de 2017). «La historia de la pizza argentina: ¿de dónde salió la media masa?». *La Nación*. Buenos Aires.

Abarza, Francisco. Sales Operations Manager. Evolución del comercio electrónico: fases y futuro [En línea] (Octubre 24, 2019) «<https://www.beetrack.com/es/blog/evolucion-del-comercio-electronico>» *Beetrack*. Transformación Digital.

Zumba Gamboa Johana, 2018. *Metodologías y Modelos utilizados en el Desarrollo de Software* Editorial INNOVA. *Research Journal*, ISSN-e 2477-9024, Vol. 3, N°. 10, págs. 20-33.

EDUCACIÓN EN LÍNEA Y COVID-19, NUEVO RETO DOCENTE UTTAB 2020

Gabriel Ramón Hernández, Marcos Andrés Jiménez Moreno,
Noemí Monserrato Goñi Vera.

I. RESUMEN

Elaborar un programa de actividades automatizadas utilizando la programación, tomando en cuenta la problemática que enfrentan la mayoría de los alumnos de las instituciones educativas públicas en este nuevo ciclo escolar, y en esta nueva modalidad de vida.

La estrategia consistió en la descomposición del problema original en tres secciones; ausencia de una plataforma académica, falla y falta de internet, así como la libertad de movimiento.

Se generaron programas de actividades de nivel creciente para los estudiantes, se aprovecharon los megas de internet y se emplearon nuevas estrategias educativas de manera eficiente por parte de los profesores. La estrategia logró la automatización de las actividades académicas de los alumnos y su evaluación continua.

Este trabajo analiza la problemática presentada en la Universidad Tecnológica de Tabasco (UTTAB), específicamente en la División de Química, del programa educativo TSU en Química área Perforación y Servicios a Pozos. La estrategia expuesta, generó una mayor participación de los alumnos en la realización de sus actividades académicas.

Palabras Clave: Covid-19, Excel, Visual Basic, Macros, WhatsApp

II. INTRODUCCIÓN

Existen varias instituciones de Educación Superior cuyo sistema educativo es cuatrimestral, lo cual, ante la pandemia generada por el Covid19, obligó a que estas instituciones pasaran de un sistema presencial a un sistema educativo 100% en línea, para el presente análisis se consideró la situación que se suscitó en la UTTAB.

Este sistema está compuesto por tres cuatrimestres en el año: enero-abril, mayo-agosto y septiembre-diciembre; el Covid19 llega a México el día 27 de febrero del 2020, al menos en el Estado de Tabasco se hace oficial la suspensión de labores del 20 de marzo al 17 de abril, para lo cual la mayoría de las divisiones académicas se estima que se tendría un aproximado del 68.75% de cumplimiento de los planes de estudios respectivamente.

Para el día 20 de marzo la suspensión de labores se extiende oficialmente hasta el 30 de abril, es decir, que el primer cuatrimestre fue terminado en línea; el 23 de marzo se anuncia el programa “Quédate en casa” y “Susana Distancia”. Sin embargo, el día 17 de abril nuevamente la suspensión se extiende hasta el 30 de mayo, iniciando el calendario escolar del segundo cuatrimestre con actividades académicas el 6 de mayo, significando que las actividades en línea continuarían al menos todo mes de mayo. Sin embargo, el 13 de mayo se hace oficial el semáforo de suspensión de todas las actividades sociales, económicas y educativas.

Durante las actividades en línea del cuatrimestre mayo- agosto, los docentes utilizaron las diversas plataformas de videoconferencias tales como: “Zoom, Skype, Google Drive, Microsoft Teams, YouTube, WhatsApp, Google Classroom, plataforma interna de UTTAB, Moodle, etc, la plantilla docente se vio en la necesidad de hacer nuevas actividades como, por ejemplo: desarrollar los temas en diapositivas, nuevas fechas para la entrega de tareas, analizar resultados de proyectos, etc.

Problemas presentados por la comunidad educativa:

- Incumplimiento e impuntualidad en la entrega de las diversas actividades,
- Inasistencia de algunos jóvenes a sus clases en línea,
- Fallas en la recepción de la señal de internet
- Escasos recursos económicos para la adquisición de datos de internet.
- Aumento en la deserción los alumnos, ocasionado por diversas circunstancias derivadas de la pandemia.
- Algunos docentes sugieren una mejor calidad en las evidencias escolares.

Ante tales puntos y cerca de iniciar el tercer cuatrimestre, se identifica la necesidad de desarrollar un programa con actividades automatizadas de la asignatura Hidráulica de fluidos de perforación, para el cual se logró la vinculación de: Visual Basic, macros, Excel, WhatsApp y Gmail, este programa está integrado por al menos 12 actividades en las que se

contemplan: identificación de elementos que integran el circuito de circulación del fluido durante la perforación, parte teórica y conceptual (sopas de letras, crucigramas) así como, problemas de diferentes grados de dificultad.

Dicho programa se podrá enviar a los alumnos por email, y mediante un ID y contraseña éste podrá tener acceso a cada una de las actividades, de igual manera tendrá la oportunidad de autoevaluarse, y su resultado será enviado mediante un mensaje de WhatsApp y por vía email al docente, indicando fecha, hora, nombre completo y puntuación obtenida por cada uno de los participantes, a la vez, los alumnos sólo consumirán un mínimo de sus datos.

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Elaborar un programa de actividades automatizadas utilizando la programación, tomando en cuenta la problemática que enfrentan la mayoría de los alumnos de las instituciones educativas públicas en este nuevo ciclo escolar, y en esta nueva modalidad de vida.

IV. ANTECEDENTES

El aprendizaje profesional del profesor será un componente fundamental de esta mejora educativa, sin embargo, el aprendizaje profesional tiene un impacto sólo si se centra en los cambios específicos en la enseñanza (de Pablos Pons J., 2010)

La primera conexión de internet permanente en nuestro país, se estableció en junio de 1987 y fue en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, posteriormente UNAM, para 1988 donde se instalaron los primeros dos nodos de Internet y sus respectivos name server para el dominio punto-mx, el programa e México carece de objetivos estratégicos para el desarrollo de largo alcance del Internet en el país, de manera que su operación depende del sector de Comunicaciones y Transportes y no de un organismo con intereses educativos o académicos, (Barrón, 2004).

(Peñalosa E., 2007) se han reportado diversas soluciones que han permitido la impartición de una enorme cantidad de cursos mediante internet. Sin embargo, su calidad no ha sido homogénea, su diseño no parece fundamentarse en teorías sólidas del aprendizaje o

la instrucción; a juzgar por el pragmatismo de los métodos empleados, las metodologías que han utilizado no son rigurosas y los resultados obtenidos han sido diversos.

Así mismo (Jona, 2000) afirma que la mayoría de nuestros sistemas educativos no son efectivos debido a que se basan en un modelo fallido de cómo aprende la gente. Este modelo plantea que “educación es igual a transmisión”, y es la base del enfoque de conferencias practicado extensamente en el contexto de la mayoría de la educación universitaria presencial, y también se empieza a aplicar en las traducciones web de este tipo de cursos. Aun cuando las exposiciones o las conferencias pueden tener un papel en el aprendizaje en ciertas condiciones, utilizarlas como método central de enseñanza podrían promover un aprendizaje pasivo, dado que este tipo de cursos se enfocan en métodos inefectivos para la integración del conocimiento declarativo y el procedimental, y los contenidos que se eligen dependen de lo que fácilmente se puede medir y aplicar en pruebas.

Se destacan dos tipos de soluciones de aprendizaje en línea: a) un modelo que podemos clasificar como transmisión de conocimiento, que se caracteriza por replicar los diseños instruccionales tradicionales del salón de clases y trasladarlos a un ambiente web (Kinney, 2001), que conduce a resultados de aprendizaje superficiales o conocimiento inerte (Schwartz, Brophy, & Lin, 1999); y b) de generación de conocimiento, que se basa en un cuerpo teórico y metodológico de conocimientos acerca del aprendizaje, y que considera a este proceso como una actividad cognitiva constructiva autorregulada, como lo plantea (Castañeda, 2004).

(Kinney, 2001) critica los cursos tradicionales convertidos al formato web y plantea que muchos de ellos no incluyen mucho más que notas de las conferencias o material publicado en páginas web mediante “cortar y pegar”. Los estudiantes que buscan alternativas de aprendizaje en línea a menudo se tienen que conformar con un sustituto pobre de las clases tradicionales.

(Jonassen, 1999) desarrolla una propuesta de ambientes de aprendizaje constructivistas, donde existen recursos, actividades, herramientas, objetos y opciones para la interacción libre.

Dentro de un ambiente de aprendizaje, una función central es la interactividad, que puede definirse como una serie de “eventos recíprocos que requieren al menos dos objetos y dos acciones, las interacciones ocurren cuando estos objetos se influyen mutuamente”,

(Wagner, 1994). La educación en línea puede considerarse una forma especial de la educación a distancia en la que se utilizan tecnologías de la información y la comunicación (TIC) precisamente para facilitar el diálogo didáctico o la interacción. En este ámbito, la interactividad asume un rol especialmente importante, dada una serie de funciones de las TIC que hacen posible la presentación de los eventos recíprocos de los que habla (Wagner, 1994) en la definición de interactividad.

V. METODOLOGÍA

La metodología elegida para alcanzar el objetivo antes expuesto tiene enfoque cualitativo, sustentada en la revisión bibliográfica (manuales especializados de compañías: PEMEX, MI SWACO), trabajos científicos precedentes (artículos, tesis,) que permiten identificar el conocimiento teórico – práctico básico que se requiere para que un técnico petrolero posea las competencias necesarias para desarrollar las actividades diarias en campo u oficina.

La justificación de dicha elección descansa en que la revisión sistemática de la literatura resulta ser una metodología eficaz para recoger información sobre una cuestión ya estudiada, valorar el estado de la cuestión, examinar los resultados obtenidos y poder establecer nuevas posibilidades de investigación (Bottentuit, 2016). No pretendemos medir variables que afectan al objeto de estudio, sino conocer cuáles han sido los usos educativos dados a la aplicación; dar un enfoque exploratorio y descriptivo (Albert, 2009).

Las actividades seleccionadas corresponden a temas de la materia de hidráulica de fluidos de perforación del cuarto cuatrimestre del programa educativo TSU en Química área: Perforación y Servicios a Pozos.

Dichas actividades serán programadas considerando la distribución del cronograma de la materia, permitiendo así que los alumnos respondan la actividad en las fechas asignadas, mismas que formarán parte de su evidencia parcial.

VI. RESULTADOS

Las figuras 1 – 4 muestran parte del programa Herramienta Didáctica con Visual Basic, Macros, Excel, WhatsApp, Gmail, la cual está integrada por 12 actividades que corresponden a cuatro por parcial, tratando que éstas permitan evaluar el conocimiento teórico y práctico del estudiante.

Brindándole al alumno una mayor comprensión en los temas tratados ya que puede realizar las actividades académicas sin el consumo excesivo de datos y accediendo al programa las veces que él crea necesarias hasta lograr alcanzar la comprensión requerida.



Figura 1. Portada del Programa.

Portada | Instrucciones | Act-1 | Act-2 | Act-3 | Act-4 | Act-5 | Act-6 | Act-7 | Act-8 | Act-9 | Act-10 | Act-11 | Act-12

Estimados alumnos:
 El presente programa es una herramienta desarrollada por profesores de la Universidad Tecnológica de Tabasco, División de Química, Área: Fluidos de Perforación, para la materia de Hidráulica de Fluidos de Perforación del cuarto cuatrimestre, es importante mencionar que es el resultado de una serie de iniciativas para facilitar tu comunicación y entrega de actividades en tiempo y forma, como por ejemplo:

- a) Realizar gastos innecesarios en escaneos de tareas
- b) Entrega de actividades en tiempo y forma
- c) Gasto en adquisición de datos de internet o recargas telefónicas

Aquí encontrarás las siguientes actividades:

- a) Fundamentos teóricos de hidráulica
- b) Identificación de elementos que integran el diagrama de circulación en equipos terrestres de perforación
- c) Ejercicios numéricos
- d) Cuestionarios

Todas las actividades están programadas para que al finalizar cada una de ellas, presiones el botón de "RESULTADOS", se envíe un mensaje de texto como el siguiente:
 21/septiembre 2020, 10am
 Antonio López Pérez, ha realizado la actividad 1, con un 85%

En caso de no aprobar la actividad, tendrás dos intentos más para poder lograrlo, el mensaje emitido será:
 21/septiembre 202, 10am
 Antonio López Pérez, ha realizado la actividad 1, con un 65%, le quedan dos oportunidades

Es muy importante recordarte que la alificación mínima aprobatoria es de 80%.

Dudas o comentarios, favor de dirigirte con tu profesor.

Figura 2. Instrucciones para el alumno.

Portada | Instrucciones | Act-1 | Act-2 | Act-3 | Act-4 | Act-5 | Act-6 | Act-7 | Act-8 | Act-9 | Act-10 | Act-11 | Act-12

De la siguiente lista de elementos, asigne el número que usted considere corresponda a cada uno de los cuadros que aparecen en el diagrama de circulación del fluido de perforación:

- 1 Bomba de lodo
- 2 Línea de descarga
- 3 Tubo vertical
- 4 Manopuera del Kelly
- 5 Unión giratoria
- 6 Kelly
- 7 Tableros de perforación
- 8 Herramienta pesada
- 9 Lastro barrenas
- 10 Barrena
- 11 Línea de flujo
- 12 Control de sólidos
- 13 Presas

El diagrama muestra un pozo con una columna geológica a la derecha que incluye estratos como PARRAJE SOLA, YESOSA, C. SUPERIOR, ARCANTO, CUCUCENO, SUCONO, PALUCENO, K. S.F., K.S.A.M., K.M.D., A.S.T., y J.A.R.C. La columna de perforación central muestra componentes como la bomba de lodo, el tubo vertical, el Kelly, los tableros de perforación, la herramienta pesada, el lastro barrenas, la barrena, la línea de flujo, el control de sólidos y las presas.

Figura 3. Actividad 1: Identificación de elementos que integran el diagrama de circulación del fluido de perforación.

Portada Instrucciones Act-1 Act-2 Act-3 Act-4 Act-5 Act-6 Act-7 Act-8 Act-9 Act-10 Act-11 Act-12		
<p>Pregunta 1</p> <p>Describe que trata de la deformación y el flujo de la materia</p> <input type="checkbox"/> Hidráulica de fluidos de perforación	<p>Pregunta 8</p> <p>Los sólidos perforados pueden ser controlados de 3 maneras</p> <input type="checkbox"/> Control mecánico, asentamiento, dilatación o desdoblamiento	<p>Pregunta 15</p> <p>Propiedad de algunos fluidos que forman una estructura de gel cuando están estáticos, regresando luego al estado de fluido cuando se aplica un esfuerzo de corte.</p> <input type="checkbox"/> Gelatinosidad
<p>Pregunta 2</p> <p>Métodos hidráulicos aplicados en la perforación de pozos petroleros</p> <input type="checkbox"/> Método Impacto Hidráulico y Método Potencia Hidráulica	<p>Pregunta 9</p> <p>Efecto de las fuerzas electroquímicas asociadas en un fluido en condiciones de flujo</p> <input type="checkbox"/> Punto codo	<p>Pregunta 16</p> <p>Unidades del empuje exerci</p> <input type="checkbox"/> $\text{seg}^2/\text{cm}^2/\text{E}$
<p>Pregunta 3</p> <p>La estabilidad de las formaciones permeables se logra con:</p> <input type="checkbox"/> $Cao \cdot Ph < PI$	<p>Pregunta 10</p> <p>Es una descripción de la relación entre el esfuerzo de corte y la velocidad de corte.</p> <input type="checkbox"/> Modelo coloidal	<p>Pregunta 17</p> <p>Integra la propiedad reológica del lodo</p> <input type="checkbox"/> $V \text{ efc}$, $V \text{ apa}$, $V \text{ plást}$, P_c , $E \text{ gel}$, $VBEC$
<p>Pregunta 4</p> <p>Se describe como la resistencia al flujo de una sustancia</p> <input type="checkbox"/> Permeabilidad	<p>Pregunta 11</p> <p>El flujo de perforación es Newtoniano, no newtoniano y porque?</p> <input type="checkbox"/> No newtoniano, porque su viscosidad permanece constante	<p>Pregunta 18</p> <p>Integra las lecturas del viscosímetro</p> <input type="checkbox"/> L400, L405, L300, L200, L100, L50, L30, L10, L5, L3
<p>Pregunta 5</p> <p>La expresión matemática en: esfuerzo de corte/velocidad de corte</p> <input type="checkbox"/> Esfuerzo de gel	<p>Pregunta 12</p> <p>El factor de filtración depende de:</p> <input type="checkbox"/> Densidad del fluido de perforación y del acero de las Talabarteras	<p>Pregunta 19</p> <p>Variable de mayor interés para el perforador, cuando está perforando?</p> <input type="checkbox"/> Densidad
<p>Pregunta 6</p> <p>Es la resistencia al flujo que es causada por la fricción mecánica</p> <input type="checkbox"/> Transporte de sólidos	<p>Pregunta 13</p> <p>Elemento circular que ayuda a solucionar problemas de inestabilidad del agujero durante la perforación del pozo</p> <input type="checkbox"/> Estabilizadores axiales e laterales	<p>Pregunta 20</p> <p>Variable de mayor interés para el Químico-lodero, cuando está perforando?</p> <input type="checkbox"/> Tixotropía
<p>Pregunta 7</p> <p>Es la respuesta en el fondo del agujero y transporte de recortes hasta la superficie</p> <input type="checkbox"/> Densidad y la viscosidad	<p>Pregunta 14</p> <p>Es afectado por la concentración de sólidos, tamaño y forma de los sólidos, viscosidad de la fase fluida</p> <input type="checkbox"/> Densidad	<input type="checkbox"/> Viscosidad
<input type="checkbox"/> Mecánica de fluidos de perforación	<input type="checkbox"/> 2° esfuerzo de gel	<input type="checkbox"/> Densidad

Figura 4. Actividad 2: Cuestionario de fundamentos de Hidráulica de fluidos de perforación.

VII. CONCLUSIONES

- El programa permite evaluar aprendizaje teórico – práctico.
- El alumno obtiene la calificación correspondiente a cada actividad de manera inmediata.
- Si la calificación es no aprobatoria, brinda al alumno dos oportunidades mas para su aprobación, al final de cada intento se le envía un mensaje de texto vía WhatsApp o Gmail, al docente donde se le proporciona la siguiente información: Fecha, nombre del alumno, número de actividad y calificación.
- Si la calificación es aprobatoria, el alumno ya no podrá realizar un segundo intento.
- El programa solo le consumirá datos al alumno en el momento en que éste presione el botón de “Resultados”.

VIII. PROPUESTAS

Se pretende consensar la posibilidad de que el alumno al final del cuatrimestre envíe las evidencias donde realizó paso a paso cada una de las actividades como apoyo para una posible acción remedial en el caso de no aprobar la asignatura.

IX. REFERENCIAS

- Castañeda, S. (2004). Evaluando y fomentando el desarrollo cognitivo y el aprendizaje complejo. Psicología desde El Caribe, 109-113.*
- Albert, M. (2009). La investigación educativa. Claves teóricas. Madrid: McGraw Hill.*
- Barrón, S. H. (2004). Seis problemas de los sistemas universitarios de educación en línea. Departamento de Proyectos Especiales del Sistema Universidad Abierta. UNAM.*
- Bottentuit, J. y. (2016). Posibilidades para uso de WhatsApp en la educación: Análisis de casos y estrategias pedagógicas. Primer Simposio Nacional de Tecnologías Digitales en Educación, Sao Luis Brasil.*
- de Pablos Pons J., C. B. (Mayo de 2010). Factores facilitadores de la innovación con TIC en los centros escolares. Un análisis comparativo entre diferentes políticas educativas autonómicas. Revista de Educación, 23-51.*

Jona, K. (2000). *Rethinking the design of online course. Annual Conference of the Australian Society for Computers in Learning in Tertiary Education.*

Jonassen, D. (1999). *El diseño de entornos constructivistas de aprendizaje. Educational Technology: Research and Development.*

Kinney, N. (2001). *A guide to design in testing in online psychology courses. Psychology Learning and Teaching, 1(1), 16-20.*

Peñalosa E., C. S. (2007). *Meta-Tutor: construcción, descripción y aplicación de un ambiente de aprendizaje para internet. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa, 6(1), 97-127.*

Schwartz, D. L., Brophy, S., & Lin, X. y. (1999). *Software for managing complex learning: examples from an educational psychology course. Educational Technology Research and Development, 39-60.*

Wagner, E. (1994). *In support of a functional definition of interaction. The American Journal of Distance Education, 8, 6-299.*

MODELADO GRÁFICO PARA EL DISEÑO DE POZOS PETROLEROS VERTICALES

Marcos Andrés Jiménez Moreno, Marlen Marín Solís,
Aureo Rivera Córdova.

I. RESUMEN

Durante muchos años, la industria petrolera, tanto a nivel mundial como nacional, ha presentado de manera continua un periodo de carencia de técnicos e ingenieros capaces de enfrentar los retos que se han suscitado en los diversos campos petroleros por la complejidad creciente tanto de los actuales como de los nuevos yacimientos. Por lo anterior, resulta necesario e imprescindible vislumbrar cuáles son los temas importantes y las competencias que se deben desarrollar en los estudiantes de la licenciatura en Ingeniería Petrolera a fin de que, cuando egresen de las instituciones de educación superior, cuenten con los conocimientos y las habilidades necesarios para incorporarse a la industria petrolera.

En general, todas las instituciones de educación superior tienen la necesidad de brindar una educación de calidad con base en un sistema de competencias en el que se requiere la formación de un estudiante de manera integral.

Actualmente, las diversas actividades y operaciones que se realizan en las diferentes etapas de la industria petrolera se apoyan para su análisis y toma de decisiones en el uso de diversas herramientas de cómputo (software) especializado, las cuales son generalmente muy costosas y todas ellas han sido desarrolladas para los diferentes servicios que ofrecen las compañías en la industria petrolera.

Palabras Clave: *Ventana Operativa, Cementación, Hidráulica, Software*

II. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años, la industria petrolera, tanto a nivel mundial como nacional, se ha presentado de manera continua por un periodo de carencia de técnicos e ingenieros capaces de enfrentar los retos que se han suscitado en los diversos campos petroleros por la complejidad creciente tanto de los actuales como de los nuevos yacimientos (**Villegas Javier, 2014**). Por lo anterior, resulta necesario e imprescindible vislumbrar cuáles son los temas importantes y las competencias que se deben desarrollar en los estudiantes de la licenciatura en Ingeniería Petrolera a fin de que, cuando egresen de las instituciones de educación superior, cuenten con los conocimientos y las habilidades necesarios para incorporarse a la industria petrolera.

De manera adicional, las asociaciones profesionales de ingenieros petroleros y las diferentes empresas petroleras han hecho esfuerzos en determinar las competencias críticas que están asociadas a los retos técnicos y a las capacidades de análisis que los ingenieros petroleros deben poseer para entender el porqué es importante el diseño de pozos, conocer el volumen del yacimiento, identificar y cuantificar los diferentes perfiles geológicos a atravesar, diseñar y determinar el volumen de lechada, el tipo y comportamiento de los yacimientos, el flujo de fluidos a través del sistema integral de producción, entre otros aspectos; y de esa forma poder proponer alternativas de explotación que maximicen la producción de hidrocarburos minimizando el daño a la formación geológica.

El estado de Tabasco se considera como uno de los Estados con mayor aportación económica a nivel nacional y lo anterior se debe a la gran cantidad de hidrocarburos que se extrae de su subsuelo, ya sea en forma de gas o aceite, seguido por Veracruz y Campeche, razón por la cual, durante muchos años, ha existido una gran diversidad de empresas prestadoras de servicios relacionadas con la exploración, perforación y distribución de crudo como, por ejemplo, las que se enlistan en la Tabla 1.

Actualmente, las diversas actividades y operaciones que se realizan en las diferentes etapas de la industria petrolera, se apoyan para su análisis y toma de decisiones en el uso de diversas herramientas de cómputo (*software*) especializado, las cuales son generalmente muy costosas y todas ellas han sido desarrolladas para los diferentes servicios que ofrecen las compañías en la industria petrolera (**UTTAB 2010**).

Tabla 1. Empresas dedicadas a la exploración, perforación y distribución de hidrocarburos en la región

Empresas Nacionales	Empresas Trasnacionales
1) Integradora de Perforaciones y Servicios (IPS)	1. Schlumberger
2) Integradora de Perforaciones de Campeche (IPC)	2. Halliburton
3) Herramientas Varco	3. Petrofac
4) Perfolat de México S. A. de C. V	4. Frank International
5) Qmax México S. A. de C. V (QMAX)	5. Cameron de México
6) Grupo Protexa	6. Wolfwork
7) Compañía Mexicana de Exploraciones S.A. de C.V. (COMESA)	7. Tacker solutions
8) PEMEX Exploración y Producción	
9) Tuboscope – National Oilwell Varco	
10) 11. Nov Brand "Control de sólidos"	
11) Guardian	
12) Gytsa-Control de sólidos	
13) GSM-Bronco Drilling	
14) Mogel-fluidos	
15) M-I Swaco A Company Schlumberger	
16) Tenaris Tamsa	
17) La Huasteca	

En el caso particular de las etapas de exploración, perforación y producción, las herramientas de cómputo son muy costosas y no están disponibles para fines académicos ya que las empresas trasnacionales generalmente solo capacitan a su personal previamente seleccionado de manera interna, actividad que les permite ser los únicos que pueden realizar y analizar los estudios técnicos y de ingeniería para el control y manejo de los recursos.

Con referencia a estudios técnicos previos de geopresiones, existen diversos estudios y recopilaciones técnicas, entre las que destacan **(PEP, 2005), Finkbeiner et al. (2001), Dutta (2002), Gyllenhammar (2003), Traugott (2005), Okiongbo (2011) y Zhang (2013)**. En estas fuentes se encuentran disponibles diversos métodos, modelos y correlaciones empíricas para el cálculo de la presión en medio poroso.

Las instituciones de educación superior tienen la necesidad de brindar una educación de calidad con base en un sistema de competencias en el que se requiere la formación de un estudiante de manera integral, además de proveer capacitaciones a los trabajadores de

diferentes compañías y áreas que se lo solicitan como, por ejemplo: PEP (Pemex Exploración y Perforación).

Para un ingeniero petrolero es importante comprender el comportamiento de un pozo petrolero en sus diversas etapas de exploración, perforación y producción; por tal razón, su diseño refleja el grado de conocimiento, experiencia, manejo de datos e información de campo provenientes de áreas de diversas disciplinas cuyo trabajo en equipo permite la planeación y ejecución del proyecto.

Según la *American Society for Training & Development* (ASTD), el 85% del valor de una organización es atribuible a sus activos intangibles de los que forma parte el capital humano **(Citado en Villegas Javier, 2014)**. Esto implica una fuerte competencia por talento entre las petroleras para el futuro. Un análisis de oferta y demanda de talento petrolero indica que la escasez es un fenómeno global; Esta escasez se concentra en América del Norte (Estados Unidos y Canadá) y Medio Oriente y Rusia **(Schlumberger Business Consulting, Surviving the skills shortage, 2006)**. En conclusión, esos países registrarán un déficit de 930 profesionales técnicos petroleros cada año durante la próxima década, debido a que las universidades no están formando jóvenes profesionistas especializados en el sector al ritmo necesario como para satisfacer la demanda mundial ni con el nivel de dominio que se requiere. En caso de no resolverse lo anterior, la próxima década traerá consigo una enorme necesidad de talento para mantener los niveles de productividad requeridos en materia energética.

De manera adicional y no menos importante, en los últimos años, se ha tenido de manera continua un gran avance en el desarrollo de software de ingeniería petrolera y aunado a ello un avance tecnológico en herramientas y procedimientos; sin embargo, en el presente trabajo se plantean algunos aspectos que podrían mejorar la eficiencia y el beneficio de dicha modelización gráfica, ya que abarca etapas importantes e imprescindibles en área de diseño de pozos. Generalmente el software debería brindar la capacidad de adaptar el diseño a las necesidades del usuario y no al revés como en la mayoría de los casos sucede, en este caso particular el software estará diseñado para que los usuarios puedan manejar e integrar formación real de campos, que previamente ya han sido explotados y que se utilizan como pozos seleccionados para servir de correlación.

La mayoría de los paquetes de cómputo de estas empresas tienen algunas características en común, utilizan consideraciones en las ecuaciones originales para posibilitar y facilitar la solución de un problema, pero lamentablemente el usuario no siempre las conoce y, peor aún, no está facultado para modificar dichos procedimientos. Es muy común que estas consideraciones requieran ciertos ajustes o datos difíciles de obtener o aquellos que son medidos con mayor grado de incertidumbre. En caso de que llegase a necesitar alguna adecuación o extensión del funcionamiento del programa, los usuarios tendrían que comunicarlo al fabricante y esperar una respuesta favorable del fabricante para realizar la modificación, esperar que la modificación funcione y, por supuesto, realizar un pago por dicha modificación.

Otro punto importante y relevante es la disponibilidad y compatibilidad del software de ingeniería petrolera; es muy común que surja algún problema de compatibilidad con cada nueva versión de los sistemas operativos, por lo que resulta difícil que globalmente se maneje la misma versión (o la más reciente) de un software.

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Desarrollar un software integral de modelado gráfico para el diseño de pozos petroleros verticales, que permita a los usuarios validar sus conocimientos teóricos y prácticos con el objetivo de obtener la experiencia en el manejo de software aplicado en el sector de hidrocarburos.

IV. MATERIALES Y METODOS

La Figura 1 muestra a través de un diagrama de flujo, el programa que ha sido desarrollado para generar el modelado grafico del diseño de pozos petroleros verticales en campos terrestres, esto permite facilitar el trabajo de elaboración.

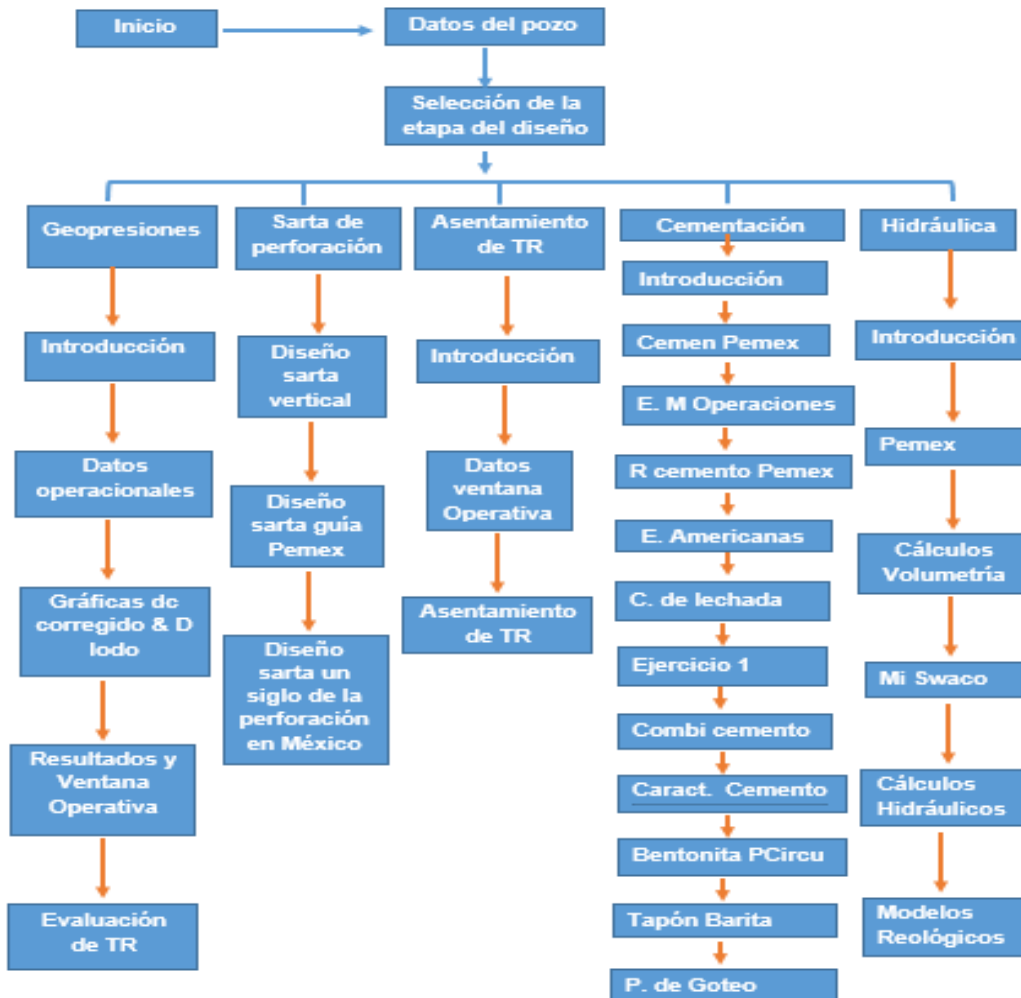


Figura 1. Diagrama de flujo para el desarrollo del software

V. RESULTADOS

Interfaz gráfica

Entre los diversos objetivos particulares del presente trabajo, se estableció desarrollar una interfaz gráfica para los diferentes usuarios que deseen incursionar en el diseño de pozos

petroleros terrestres. En el presente apartado se describe de manera breve las secciones y pasos de la interfaz para el cumplimiento del objetivo en general.

La interfaz fue diseñada bajo la aplicación de Visual Basic For Applications en Excel, razón por la cual se creó un libro de Excel habilitado para macros, conocido como Portada.xlsm; así mismo, la interfaz consta de 6 formularios de Visual Basic (UserForm), los cuales alojan los menús principales de cada evento o sección, como se muestra en la Figura 2.

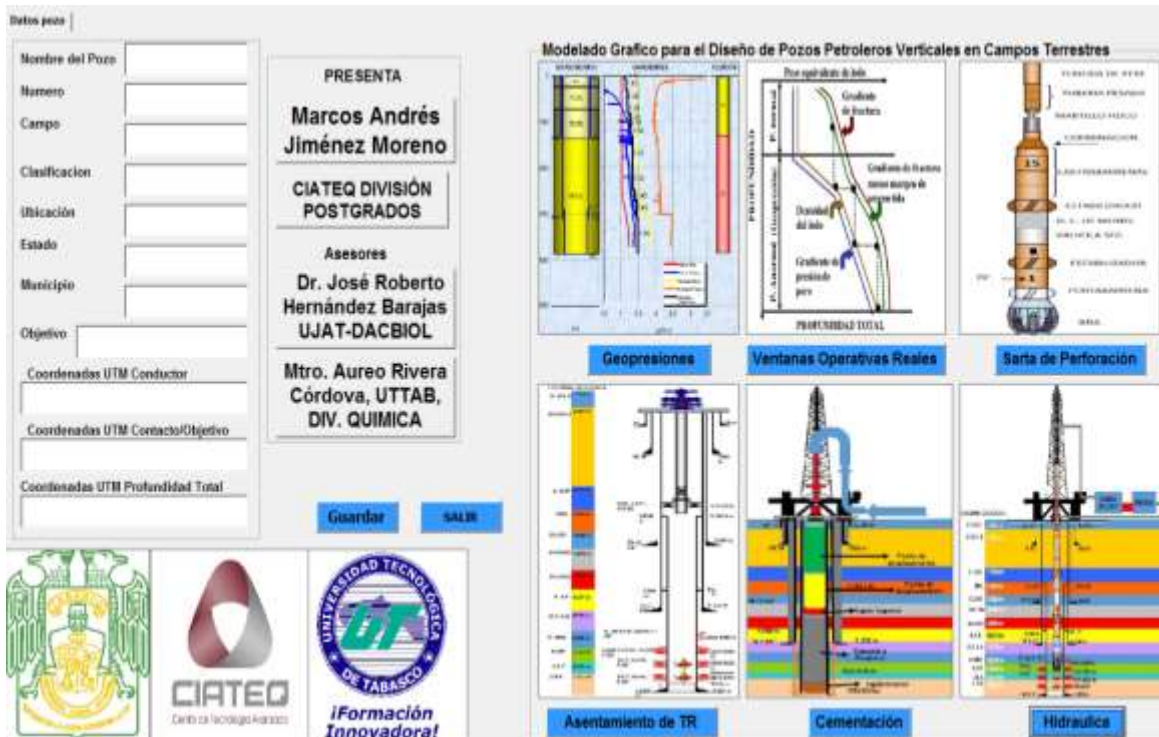


Figura 2. Formulario Portada: Modelado Gráfico para el desarrollo de Pozos Petroleros Verticales en Campos Terrestres.

En el formulario principal se solicita información concerniente al pozo como, por ejemplo: Nombre de pozo, Número, Campo, Clasificación, Ubicación, Estado, Municipio, Objetivo, Coordenadas UTM del conductor, objetivo y profundidad total, de manera adicional se presentan las acciones que se pueden desarrollar en el diseño del pozo.

a) **GEOPRESIONES**

Esta primera sección está integrada por cinco páginas:

- Sección geopresiones
- Datos/Operaciones V Operativa
- Gráfica “dc” Corregida & lodo

- Gráfica y datos de la Ventana Operativa
- Evaluación de TR

b) VENTANA OPERATIVA REALES

- Está compuesta por nueve páginas, en la primera se brinda una introducción de la importancia de la ventana operativa y de los posibles problemas que se pueden presentar el no contar con los datos necesarios para su obtención y se desarrollan dos metodologías para el aseguramiento de la calidad de resultados.

c) DISEÑO DE SARTA DE PERFORACIÓN

En esta sección se desarrolla el diseño de sarta de perforación mediante las siguientes tres metodologías.

- Diseño nivel técnico
- b) Guía de diseño de sarta de perforación
- Diseño de sarta de perforación

d) CEMENTACIÓN

- La sección cementación está formada por dos páginas, la primera corresponde a la introducción, en ella se describe brevemente su importancia y su definición, posteriormente se desarrollan dos metodologías de una empresa nacional e internacional, practicando así el manejo de fórmulas, unidades e interpretación.

e) HIDRÁULICA DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN

- La hidráulica de fluidos de perforación corresponde a la limpieza del pozo en el fondo y en el espacio anular; es decir, determina la eficiencia del transporte de los recortes hacia la superficie.
- Integrada por el análisis volumétrico, estado mecánico, análisis de presión en todo el diagrama de circulación y la aplicación de modelos reológicos como Bingham y Ley Exponencial.

VI. CONCLUSIONES

- Las aplicaciones anteriormente descritas, integran una herramienta que para muchos pueda parecer sencilla en su interfaz dado el programa en que se desarrolló, sin embargo, esta requirió de una gran cantidad de código de programación para su realización, cabe recalcar que Microsoft Excel es el programa que más se utiliza en el área petrolera.
- Una de las fortalezas principales en su desarrollo es la combinación de metodologías de compañías nacionales y extranjeras con muchos años de experiencia en las diversas intervenciones del área de hidrocarburos.
- Se confía en ser el primer trabajo este tipo en la región, principalmente de una institución de educación superior, pues por parte de las diversas compañías ellos generalmente contratan los servicios de compañías o centros de desarrolladores de softwares para la realización de estos acuerdos a sus actividades y áreas de oportunidades.
- Así mismo, la presente herramienta permitirá reducir el tiempo y costo de inversión de la industria petrolera en capacitación de personal y jóvenes ingenieros.

VII. PROPUESTAS

- a) Desarrollar e insertar en las secciones de cementación e hidráulica, gráficos en operaciones de: viajes, circulación, desplazamiento y controlando.
- b) Analizar la posibilidad que con Visual Basic se pueda ejemplificar la circulación del fluido de perforación, colocación de baches de cemento, circulación de fluido de control o reacondicionado.

VIII. REFERENCIAS

IPN, 2010, Guía de diseño para el asentamiento y diseño de tuberías de revestimiento.

PEP, Gerencia Operativa, 2005, Guía para la predicción de Geopresiones, Vol.1.

Schlumberger Business Consulting Marzo, 2006, Surviving the skills shortage. Results of a global survey quantifying the supply & demand of petrotechnical expertise.

Schlumberger Software. Oil & Gas Software Training. Recurso electrónico: <https://www.software.slb.com/products/petrel/petrel-drilling?tab=Training>, Consultado el 10 de septiembre de 2018.

Software Drillbench, estado mecánico de tuberías de revestimiento, Hidráulica (volumetría), gráficos de presión y temperatura. Recurso electrónico: <https://www.software.slb.com/products/drillbench>, consultado el 24 de septiembre de 2018.

Software Eclipse. “Comportamiento dinámico de reservorios” Recurso electrónico <https://www.software.slb.com/products/eclipse.>, Consultado el 01 de octubre de 2018.

Software de Caracterización de reservorios. Recurso electrónico <https://www.petromehras.com/petroleum-software-directory/Project-management-software/geoframe-data-connector>. Consultado el 15 de octubre de 2018.

Software de analysis nodal, Recurso Electrónica: <https://www.software.slb.com/products/pipesim/pipesim-2017>. Consultado el 29 de octubre de 2018

Villegas Javier María Isabel, Análisis y propuesta del plan de estudios de la carrera de ingeniería petrolera, UNAM, 2014.

Zhang et al, Ion movement and laboratory technique to control wellbore stability. AADE Drilling Fluids Technical Conference, 2006.

ELABORACIÓN DE ECOBLOCKS CON CENIZAS DE BIOMASA RESIDUAL LOCAL

Anahí Arreaga Cancino, Oswaldo Arturo García Ledesma, Zarithma Yamilet Montejo García.

I. RESUMEN

La aplicación y el uso de residuos biomásicos en concreto reduce el consumo de cemento en un rango actual del 8-10% (Kanning R. C., Portella K. F., Bragança M. O. G. P., Bonato M. M. y Dos Santos J. C. M., 2014) Como resultado de la producción agroindustrial la implementación de los residuos que no tienen ningún valor agregado a la cadena comercial no solo coadyuvaría con reducir el impacto ambiental, si no reducirían los costos de producción agrícola (Reyes, S., Barbosa, P., 2009).

Las plantas procesadoras de aceite de palma africana del estado producen como desecho el cuesco de palma durante su proceso, las cuales pueden ser utilizadas como material de construcción, dándole un valor agregado al ser usado como puzolana.

En el presente trabajo se obtuvieron cenizas a partir de cuesco de palma previamente secadas y se determinó el porcentaje de cenizas, se realizó la identificación de la presencia de silicato de la muestra de ceniza por medio de difracción de rayos X, la composición porcentual de los óxidos presentes por medio de un espectrómetro de fluorescencia de rayos x, se plantearon tres variaciones de la mezcla de cemento/arena/ceniza las cuales varían del 10%,25% y 50%, se realizarán los blocks con ceniza una vez obtenidos los ecoblocks se realizarán las pruebas de compresión de acuerdo a la norma ASTM C 311 – 05 y la prueba de absorción de agua. Se espera que los ecoblocks resultantes puedan soportar una presión de al menos 20 Mpa para que puedan ser considerados en el diseño estructural del edificio vivo del Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra (ITSS).

Palabras Clave: Cuesco de palma, Residuos, Ecoblocks.

II. INTRODUCCIÓN

En el estado de tabasco se produjeron 24,409,136 ton de palma de aceite en el 2019 (SIAP, 2019), de acuerdo con Mingorance, F., Minelli, F., Le Du, H., 2004) de la palma solamente se extrae el 25% de aceite y del palmiste el 5% (Mingorance, et al. 2004), por lo que, se generaron 17,086,395.2 ton de residuo orgánico, los cuales pueden ser utilizados como puzolanas, algunos análisis fisicoquímicos previos han demostrado la posibilidad de transformar el cuesco en material carbonizado, la calcinación o carbonización es llevada a cabo a distintas temperaturas entre los 800 °C y 1,400°C, con el fin de obtener una ceniza del cuesco y fibra de alto contenido de sílice, que debe ser pulverizada para permitir una mejor hidratación y enlace con los compuestos del cemento (Reyes et al., 2009).

La industria del cemento genera aproximadamente una tonelada de CO₂ por cada tonelada de clinker dependiendo de la eficiencia de la planta, por lo que, la adición de sustitutos como las cenizas de residuos agroindustriales podría reducir el costo medioambiental y mejorar la gestión de los residuos, así como, evitar su disposición en botaderos (Fuentes, N., Fragozo, O.I., Vizcaino, L., 2015).

A nivel internacional se han realizado estudios del uso de cenizas entre las que podemos destacar las que se mencionan en la tabla 1:

Tabla 1. Estudio del uso de Cenizas

Adiciones Residuales	Lugar	Referencias
Cascarilla de arroz	Guatemala, España, Argentina, Perú, Colombia, México	Bouzoubaâ et al 2001; Chur Pérez. G.,2010; Bizzotto et al. 2008; González et al., 2011; Gómez Gonzales, A., 2009; Águila, I. y Sosa, M.,2008
Cenizas de cáscara de arroz	España, Perú, Argentina, Cuba, Colombia, México	Cabo Laguna, M.,2011; Ospina et al., 2008; Batic et al.,2010; Vásquez, R. y Bach Vigil, P.,2000; Magdalena C.2015 Bernal, C. y Ramírez Carmona, M.,2008; Santaella Valencia, L. y Salamanca Correa, R.,2004;
Cenizas de centrales térmicas	Colombia, España, Argentina, Colombia	Molina, T. y Gálvez Ruiz,2008; Burgos, D., Angulo, D. y Mejía de Gutiérrez, R., 2011; Hernández et al. 2009; Zamorano, M.,2013
Arena	Perú	Zamorano, M.,2013.
Ceniza de rastrojo de maíz	Argentina, Cuba, Colombia	Escalera et al., 2012.
Ceniza volante y piedra pómez	Colombia	González et al., 2011
Cenizas hoja de maíz y bagazo de caña	Venezuela, India	Águila, I. y Sosa, M.,2008; Ganesan et al.2007
Ceniza de coco y pino	Inglaterra	Burgos, D., Angulo, D. y Mejía de Gutiérrez, R.,2011.
Cenizas de Cascara de Plátano	Brasil	Kanning et al, 2014
Cenizas d cuesco de palma africana	México, Cuba	Reyes et al 2009; Aguilar et al.,2016; González et al 2018

Fuente. Elaboración Propia

De acuerdo con las pruebas de Aguilar se demostró el uso de cenizas provenientes del cuesco de palma en la mezcla con cemento da como resultado mezclas con mayor trabajabilidad y menor demanda de agua, además que con la adición de cenizas se retarda el fraguado, por lo que, se recomienda un fraguado con una duración de 56 o 90 días para aumentar la resistencia de material (Aguilar,2016).

III. OBJETIVOS Y METAS

Objetivo general

Elaboración de blocks a partir de cenizas de biomasa residual como material cementante suplementario.

Objetivos específicos

- Determinación de la composición química de las cenizas provenientes de la incineración de la biomasa residual para determinar si presenta propiedades puzolánicas por medio difracción de rayos X y fluorescencia de rayos X.
- -Elaboración de blocks con cenizas de biomasa residual a diferentes concentraciones.
- -Determinación de la resistencia a la compresión de los blocks elaborados con las cenizas de la biomasa residual comparándolos con los blocks convencionales por medio de la ASTM C 311 –05.

IV. MATERIALES Y METODOS

Obtención de cenizas

Para obtener las cenizas la materia residual será secada al aire libre por 3 días, después se pondrá en el horno de convección a peso constante por 2 horas a una temperatura de 105°C, se utilizó un horno de convección marca YAMATO® modelo DX400, con el fin de eliminar la humedad excedente.

La biomasa residual seca se trituró y tamizó a 75 µm, para después obtener las cenizas en una mufla a una temperatura de 800°C por 1 hora.

Las cenizas obtenidas serán tamizadas nuevamente para evitar aglomeraciones (Rajamma, R., Ball R. J., Tarelhoc, L., Allen G. C., Labrinchad J. A. y Ferreira, V. M. 2009) Para la determinación del contenido de cenizas se utilizó una mufla Scorpion Scientific®, la metodología utilizada fue la de Forero (2015).

Caracterización

Determinación de la estructura cristalina por difracción de rayos X

La determinación de la estructura cristalina por difracción de rayos X, se realizará mediante un análisis mineralógico a la fracción seleccionada de la ceniza por medio de difracción de rayos X.

Determinación por espectrofotometría de la composición por fluorescencia de rayos X.

La determinación de la composición porcentual de los óxidos presentes en la muestra de ceniza de palma africana como:

- SO_2
- Al_2O_3
- Fe_2O_3
- CaO
- MgO
- SO_3

Se realizó por medio de un espectrómetro de fluorescencia de rayos X, donde los fotones fluorescentes característicos de cada elemento en cuestión y su intensidad determinarán la concentración del mismo.

Elaboración de ecoblocks

Se escogió como mezcla patrón, la mezcla de mortero en proporción 1:4 (1 parte de cemento x 4 partes de arena y a partir de este diseño, se plantearon tres variaciones de esta que incluyen la ceniza del cuesco de la palma africana como material suplementario (Buzón, J.,2009). Las muestras obtenidas serán sometidas a un proceso de curado en agua por 28 días a 20°C, para después pasar por un proceso de secado a 105°C en un horno de convección hasta obtener un peso constante (Carrasco B., Cruz N., Terrados J., Corpas F.A., Pérez L. 2014).

Compresión de acuerdo a la norma ASTM C 311 –05

Para los morteros de control, se utilizaron las cantidades con forme a la norma ASTM C311-05, para seis (6) cubos de ensayo, se utilizarán 500 g de cemento y 1375 g de arena y 242 ml de agua, aproximadamente. Se fabricaron triplicados con diferentes cantidades de ceniza 10%, 25% y 50%. Todos los cubos se ensayarán dentro de las siguientes tolerancias de tiempo: a los 3 días \pm 1 hora; a los 7 días \pm 3 horas; y a los 28 días \pm 12 horas (ASTM C311-05).

Determinación de Absorción de Agua

Después del proceso de curado se pesarán los blocks, para asegurar que estaban saturados de agua, después del proceso de secado se pesará para determinar la capacidad de

absorción de agua de un block mediante la siguiente ecuación (Verduch,1975): capacidad de absorción de agua=(Psat-Pseco) /Peso x100 ec 3)

Donde

Psat= peso del block satura de agua.

Pseco= Peso del block seco.

V. RESULTADOS

Las cáscaras de cuesco de palma fueron incineradas utilizando el método que se presenta a continuación en la Figura 1, utilizado una mufla Scorpion Scientific® obteniéndose los resultados presentados en la Tabla 2:

Figura 1. Obtención de Cenizas de Cuesco de Palma.



Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 2. Índice del contenido de cenizas.

Muestra	Contenido de cenizas en base seca Promedio (%)	Humedad (%)	Contenido de Cenizas en base Húmeda Promedio (%)
Cuesco de Palma	7.24	0.76	7.19



Figura 2. Esquema de la determinación de cenizas del cuesco de palma.

Actualmente se obtuvieron 2 kg de cenizas de 50 kg de cuesco de palma ya tamizadas con el número 18.

Diseño de Mezclas

Se seleccionaron tres concentraciones para la composición de los morteros de prueba, 10%, 25% y 50% a continuación en la Figura 3, se presentan los diseños de las mezclas que se utilizarán en la fabricación por triplicado, el mortero de control y los de prueba serán realizados conforme a la norma ASTM C-109.

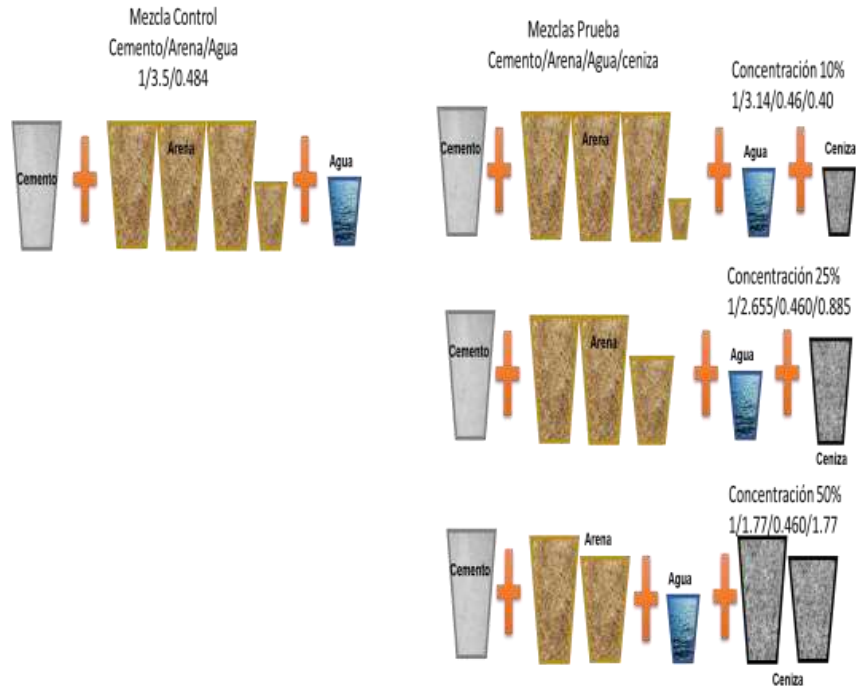


Figura 3. Diseño de mezclas

VI. DISCUSIÓN

Actualmente no se ha llevado a cabo las pruebas de identificación y concentración de óxidos, así como, la elaboración de los ecoblocks. Sin embargo, se espera que los diseños de mezclas elegidos generarán aportes importantes ya que incorporan el aprovechamiento de los residuos agroindustriales y mejoran la relación costo/beneficio, sin dejar a un lado la resistencia del material y respetar las concentraciones establecidas en la norma ASTM C 109.

La relación costo/beneficio, sin dejar a un lado la resistencia del material y respetar las concentraciones establecidas en la norma ASTM C 109.

De acuerdo con lo obtenido con la revisión bibliográfica se determinó que los ecoblocks con 28 días de curado presentan las mejores características en cuanto resistencia a la compresión mecánica (Oyedepo et al., 2015; Reyes et al., 2009; Buzón, J., 2009). El contenido de carbono fijo es mayor para las cascarras de coco y cuesco por lo que se presenta como la mejor opción de todas las materias primas analizadas para la transformación a pellets que puedan ser usados en gasificación o bien para utilizarlas como combustible, sin embargo, aún falta el análisis del contenido de nitrógeno para determinar el potencial de ambas materias primas.

VII. CONCLUSIONES

La mezcla de cemento Pórtland y ceniza de palma africana, ha demostrado bibliográficamente que no afecta las propiedades de hidratación y endurecimiento del cemento (Reyes et al.,2009), sin embargo, si logra afectar la resistencia de este en dependencia de la concentración de ceniza y tiempo de curado de los blocks por lo que se espera, que en este estudio se obtengan block con una resistencia a compresión superior a los 20 Mpa, de lo contrario serán considerados bloques no estructurales.

VIII. PROPUESTAS

Se recomienda valorar el efecto en la resistencia a la compresión en los ecoblocks con las mismas concentraciones, pero con edades de 56-90 días de fraguado para de esta manera dar una mayor oportunidad a la formación de compuestos cementantes hidratados adicionales generados por la acción de las cenizas en el cemento.

IX. REFERENCIAS

- Alfonso, A. (2018). Materiales de construcción con residuos industriales de vertederos ecológicamente invasivos, Arquitectura y Urbanismo, vol. XXXIX, núm. 1. Recuperado: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3768/376858935002/html/index.html#B32>*
- Fuentes, N., Fragozo, O.I., Vizcaino, L. (2015). Residuos agroindustriales como adiciones en la elaboración de bloques de concreto no estructural. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Vol:25(2), pp. 99 - 116, DOI: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1434>*
- Buzón, J. (2009). Uso del cuesco de la palma africana en la fabricación de adoquines y bloques de mampostería, Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice, pp:1-7.*
- Reyes, S. y Barbosa, P. (2009). Aprovechamiento de los residuos de la palma africana - Utilization of waste from oil palm, Universidad Cooperativa de Colombia, pp:1-9.*
- Magdaleno, C. (2015). Residuos agroindustriales e industriales para la conformación de compuestos empleados como materiales de construcción, Centro De investigación Y Desarrollo Tecnológico En Electroquímica, S.C, pp:1- 122.*

- Bouzoubaâ, M. Z.** (2001). *Mechanical properties and durability of concrete made with high-volume fly ash blended cements using a coarse fly ash Original Research. Cement and Concrete Research, Vol:31(10), pp:1393-1402.*
- Chur, G.** (2010). *Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como adición orgánica en bloques ecológicos de mampostería. Universidad de San Carlos.*
- Bizzotto, M., Natalini, M. y Gómez, G.** (1998). *Minihormigones con cascarilla de arroz natural y tratado como adición granular. Primer Congreso Internacional de Tecnología del Hormigón. Universidad Nacional del Nordeste.*
- González, C., Montaña, Á y Castro, D.** (2011). *Obtención y caracterización de geopolímeros; sintetizados a partir de ceniza volante y piedra pómez; utilizados para el desarrollo y mejoramiento del concreto. Universidad Industrial de Santander.*
- Gómez, A.** (2009). *Caracterización y utilización de puzolanas como aditivos minerales activos en cementos. Aplicación en viviendas de bajo coste. Universidad Politécnica de Valencia.*
- Águila, I. y Sosa, M.** (2008). *Evaluación físico-química de cenizas de cascarilla de arroz; bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero; como materiales puzolánicos. Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V. Vol:23 N° 4, Universidad Central, pp:55-66.*
- Cabo, M.** (2011). *Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción. Universidad Pública de Navarra.*
- Ospina, M., Monzó, J., Payá, J., Borrachero, M., Mejía, R. y Delvasto, S.** (2008). *Utilización del residuo obtenido en el proceso de combustión de la cascarilla de arroz para la preparación de materiales de construcción de bajo coste con base cementicia. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Universidad Politécnica de Valencia.*
- Batic, O., Giaccio, G., Zerbino, R. Isaia, G.** (2010). *Las cenizas de cáscara de arroz y la reacción álcali sílice. VI congreso internacional sobre patologías y recuperación de estructuras.*
- Aprile, A., Beecher, A., Bertoni, M., Bretti, J. y Eglis, I.** (1999). *Reutilización de cenizas de centrales térmicas. www.ingenieroambiental.com.ar. Argentina.*
- Sierra Aguilar, J.** (2009). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia. Universidad de Sucre.*

- Salazar, A.** (2005). *Experiencia de reciclaje en la producción de materiales de construcción. Quinto congreso nacional disposición final de residuos sólidos. Universidad del Cauca.*
- Álvarez, M., Río, O.** (1991). *Elementos prefabricados de hormigón con cenizas centrales térmicas. Materiales de construcción. Vol.:41. No. 224.*
- Lamb, C., Ramírez, M.** (2008). *Elaboración industrial de bloques de concreto empleando ceniza volante. Revista Investigaciones Aplicadas. Vol:4, Universidad Pontificia Bolivariana. pp: 8.*
- Santaella, L., Salamanca, R.** (2004). *Comportamiento del concreto con bajos porcentajes de ceniza volante (Termopaipa IV) y agua constante. Ciencia e Ingeniería Neogranadina ISSN (versión impresa): 0124-8170. No. 14. Universidad Militar Nueva Granada, pp: 1-7.*
- Molina, T., Gálvez Ruiz.** (2008). *La influencia de las cenizas centrales térmicas como sustituto parcial del cemento Portland en la durabilidad del hormigón: propiedades físicas; difusión del ión cloruro y del dióxido de carbono". Anales de Mecánica de la Fractura 25.Vol. 2. Universidad Politécnica de Madrid.*
- Burgos, D., Angulo, D., Mejía, R.** (2011). *Durabilidad de morteros adicionados con cenizas centrales térmicas de alto contenido de carbón. Rev. LatinAm. Metal. Mat. Universidad del Valle. Cali, pp:61-70.*
- Carrasco B., Cruz N., Terrados J., Corpas F.A., Pérez L.** (2014). *An evaluation of bottom ash from plant biomass as a replacement for cement in building blocks, Fuel, Vol:118, pp:272–280.*
- Oyedepo, O.J., Olanitori, LM., Akande, SP.** (2015). *Performance of coconut shell ash and palm kernel shell ash as partial replacement for cement in concrete, J. Build. Mater. Struct, Vol: 2, pp:18-24.*
- Kanning R. C., Portella K. F., Bragança M. O. G. P., Bonato M. M. y Dos Santos J. C. M.** (2014). *Banana leaves ashes as pozzolan for concrete and mortar of Portland cement, Constr. Build.Mater., Vol:54, pp: 460–465.*
- Mingorance, F., Minelli, F. y Le Du, H.** (2004). *Cultivo de la Palma Africana en el Choco, Human Rights Everywhere, pp:21-30.*
- Rajamma, R., Ball R. J., Tarelhoc, L., Allen G. C., Labrinchad J. A. y Ferreira, V. M.** (2009). *Characterisation and use of biomass fly ash in cement-based materials. J Hazard Mater, Vol:172, pp:1049–60.*

DESARROLLO DE PROYECTOS SUSTENTABLES Y ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SURESTE
MEXICANO.

Esta obra se terminó de editar el 20 de octubre de 2021, en la Universidad Tecnológica de Tabasco, ubicada en Carretera, Villahermosa-Teapa, Km. 14.6, Parrilla II, Tab. C.P. 86288, Villahermosa, Centro, Tabasco. El cuidado estuvo a cargo de los autores, coordinadores, revisores y editores del Departamento Editorial de la UTTAB.



¡Excelencia académica,
innovación con sentido social!

