

ISSN: 2343 - 6360 / Depósito legal: ppi 201402ZU4464

No. 17 Julio - Diciembre 2019

Revista Tecnocientífica URU



Universidad **R**afael **U**rdaneta

Revista Tecnocientífica URU

ISSN: 2343 - 6360 / Depósito legal: ppi 201402ZU4464

2019© Fondo Editorial Biblioteca Universidad Rafael Urdaneta
Facultad de Ingeniería
Maracaibo, Venezuela

Diseño y Maquetación: Lcda. Hosglas Sanchez

SE ACEPTAN CANJES

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta revista en cualquier forma, sin la autorización de los editores.



FONDO EDITORIAL BIBLIOTECA

Universidad **R**afael **U**rdaneta

Revista Tecnocientífica URU

ISSN: 2343 - 6360 / Depósito legal: ppi 201402ZU4464

Comité Editorial

Profesor Jubert Pérez
Profesor Sergio de Pool
Profesos Edixon Gutiérrez
Profesora Jhanna Brievea

Profesora Arelis Arrieta
Profesora Russet Riquelme
Profesor Alfredo Villalobos
Profesora Jenny Márquez

Profesor Cezar García
Editor – Jefe (E)

Br. Unarlis Martínez
Asistente Editorial

Comité de Asesores

MSc. Oscar Urdaneta (Venezuela)
Dr. Shyam Kalla (India)
Dr. Cezar García (Venezuela)
Dr. José Sarabia (Venezuela)
Dr. José Rincón (Venezuela)
MSc. Zulay Mármol (Venezuela)
Dra. Cateryna Aiello (Venezuela)
Dra. Elba Michelena (Panamá)
Dr. Rafael Aracil (España)
MSc. Salvador Conde (Venezuela)
Dr. Ever Morales (Ecuador)
Dra. Nola Fernández (Venezuela)
Dr. Helí Lugo (Venezuela)
Dr. Ras Patnaik (Estados Unidos)
Dr. Gerardo Aldana (Venezuela)
Dra. Susana Salinas (Estados Unidos)
MSc. Lenin Herrera (Venezuela)
Dra. Laugeny Díaz (Venezuela)

Dra. Anali Machado (Canadá)
MSc. Ramón Cadenas (Venezuela)
Dr. Maulio Rodríguez (Venezuela)
Dr. Katsuyuki Nishimoto (Japón)
Mgs. Waldo urribarri (Chile)
Dra. Yaxcelys Caldera (Venezuela)
Dra. Oladis de Rincón (Venezuela)
Dr. Nelson Márquez (Venezuela)
Dr. Ramón Cova (Canadá)
Dr. Mourad E.H. Ismail (Estados Unidos)
Dra. Marinela Colina (Venezuela)
Dr. Freddy Isambert (Venezuela)
Dr. Miguel Sánchez (Venezuela)
Dr. Jorge Barrientos (Venezuela)
Dr. Ernesto Cornieles (Venezuela)
MSc. Augusto Galo (Venezuela)
MSc. Nerio Villalobos (Venezuela)

Revista Tecnocientífica URU es un instrumento de divulgación científica adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela. Es una revista arbitrada con periodicidad semestral, contentiva de artículos científicos originales no publicados en las áreas de Ingeniería y Arquitectura y otras disciplinas directamente relacionadas con éstas, de autoría individual o colectiva, que cumplan con las normas de publicación.

La correspondencia debe ser enviada a: Editor Jefe, ***Revista Tecnocientífica URU***.

Dirección: Universidad Rafael Urdaneta, Av. 2 c/Calle 86, entrada Sur del Parque Vereda del Lago, Maracaibo, Venezuela.

Teléf. (58) (261) - 2000887, Fax (58)(261) 2000868. Correo electrónico: revistatecnocientificauru@gmail.com

La Revista Tecnocientífica URU está indizada en el Índice y Biblioteca Electrónica de Revistas Venezolanas de Ciencia y Tecnología REVENCYT (Código RVR-070)

Universidad Rafael Urdaneta

Dr. Jesús Esparza Bracho, Rector
Ing. Maulio Rodríguez, Vicerrector Académico
Ing. Salvador Conde, Secretario

Ing. Oscar Urdaneta
Decano de la Facultad de Ingeniería

Ing. Rómulo Rincón
Decano (E) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

Ing. Jubert Pérez Zabala
Director de la Escuela de Ingeniería en Computación

Ing. Nancy Urdaneta
Directora de la Escuela de Ingeniería Civil

Ing. Arnaldo Largo
Director de la Escuela de Ingeniería Eléctrica

Ing. Cezar García
Director de la Escuela de Ingeniería Química

Ing. Ana Irene Rivas
Directora de la Escuela de Ingeniería Industrial

Ing. Gilberto Araujo
Director de la Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones

Arq. María Medina
Director de la Escuela de Arquitectura

Contenido

Presentación	9
Una mirada a la imagen e identidad de la Ciudad de Maracaibo. A look to the identity and image of Maracaibo city. <i>María Isabel Medina.</i>	11
Transesterificación del aceite de palma utilizando arcillas impregnadas con NaOH y KOH como catalizadores Transesterification of palm oil using impregnated clays with NaOH and KOH as catalysts <i>Claudia Blanco, Fiorella Toledano y Ángel Morillo.</i>	19
Formulación de una bebida artesanal fermentada a partir de los cristales de aloe vera con sabor a toronjil (melissa officinalis) Formulation of a fermented craft drink made from aloe vera's crystals with melissa flavor (Melissa Officinalis) <i>Daniela Cataldi, Arturo Fernandez y Arelis, Arrieta</i>	33
Efecto de la L-arginina sobre el proceso de fermentación alcohólica de la miel de abeja Effect of L-arginine on the alcoholic fermentation process of honey bee <i>Gianpaolo Iovino, Ana Muñoz y Maria E. Da Costal.</i>	43
Una aplicación del rango numérico esencial a la teoría de operadores An application of the essential numerical range to operator theory <i>Edixo Rosales.</i>	53
Tiempos de ruptura y regeneración en una torre de adsorción empacada con SiO ₂ y Al ₂ O ₃ durante la remoción de C ₄ H ₈ O y H ₂ O de una corriente de C ₆ H ₁₂ Breakthrough and regeneration time in an adsorption tower tacked with SiO₂ and Al₂O₃ during C₄H₈O y H₂O removing from a C₆H₁₂ flowrate <i>Julio Moreno, Oscar Urdaneta, Humberto Hernandez, Édison Alcanteral y Edgar Cuicas.</i>	59
Índice acumulado	71
Normas para la presentación de artículos	87
Guides for submitting articles	91
Apendice	A-95

Presentación

La realidad científica de nuestro mundo

La aparición del Coronavirus en el mundo dejó al descubierto las fortalezas y debilidades de los grandes y pequeños países, de los más desarrollados y los menos desarrollados, en las diferentes áreas de la vida ordinaria de sus ciudadanos.

La inmovilización del mundo, paralizó todas las economías por las medidas extremas de bioseguridad, afectando las relaciones laborales de las llamadas economías de mercados; por ejemplo la primera economía del mundo, anunció la pérdida de 80 millones de puestos de empleos y la reducción del auxilio a desempleados desde 600 a 200 dólares por mes.

Los grandes países no cuentan con políticas públicas para atender las necesidades primarias de la mayoría de la población. Las políticas socio – económicas no garantizan el derecho al trabajo, la estabilidad laboral, el derecho a la salud. Los grandes países no disponen de políticas públicas para aquellos ciudadanos que no pueden sufragar los servicios de salud.

Sin lugar a dudas, los grandes países son poseedores de avances tecnológicos en las diferentes áreas; Espaciales, exploración de planetas y satélites; Armamentistas entre otros Bombas Nucleares, Escudos Anti-Misilísticos; Comunicaciones, Telecomunicaciones, pueden ver y escuchar a cualquier ciudadano en el mundo. No hay ejército en el mundo que pueda desafiar a los ejércitos OTAN.

Frente a la llegada del Corona-Virus en el mundo; hoy la Organización Mundial de la Salud, reporta más de 30 millones de contagiados y más de un (1) millón de muertos; todos los ojos del planeta, buscaron al primer país del mundo por su inmensa capacidad científica; de las primeras 10 Escuelas de medicina del mundo, 8 aparecen localizadas en USA; en los últimos 100 años, la Real Academia de Suecia ha anunciado a 96 ganadores del Nobel de Medicina de USA. Existían razones para pensar en una rápida respuesta al Corona-Virus, identificar su estructura bioquímica y señalar la vacuna o antídoto respectivo. Otros países, que no son poseedores del reconocimiento científico de las Instituciones de Suecia y otros Organismos Internacionales, han asomado respuestas científicas de vacunas y/o antídotos.

Prof. Cezar García
Editor – Jefe (E)

Una mirada a la imagen e identidad de la Ciudad de Maracaibo

María Isabel Medina

Escuela de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela.

Correo Electrónico: mcmariaisabbel@gmail.com

Recibido: 15-01-2019

Aceptado: 23-04-2019

Resumen

El escenario se desarrolla, básicamente, en un mundo caracterizado por la influencia que puede llegar a ejercer la planificación en las ciudades cuando no se le da cabida al ciudadano, se le imponen esquemas, tradiciones, costumbres, estándares de vida, perdiendo las características propias del usuario y convirtiéndose en cualquier tipo de ciudad, no siendo punto de referencia para sus habitantes, quienes no ven satisfechas sus necesidades, la disertación desarrolla las herramientas para vencer esa tendencia, como lograr la consolidación de la ciudad tomando como punto de inicio sus propios habitantes, logrando así resultados que generarían una forma de vida óptima y beneficios económicos por el mejor aprovechamiento de los recursos y potencialidades que esos mismos habitantes dominan.

Palabras Claves: Imagen, identidad, ciudad estructurada, urbanismo, planificación, ordenamiento, habitantes, costumbres, ritmo, percepción, ontología territorial, fenomenología.

A look to the identity and image of Maracaibo city

Abstract

The scenario is development, basically, in the world characterized by the influence that can have planning in cities when there is no place for citizens, imposing figures, traditions customs standards of life, losing the characteristics of the user and transforming into any type of city, not being a reference point for its inhabitants, who are not satisfied with their needs. The dissertation develops the tools to overcome this trend such as achieve the consolidation of the city, taking as a start point their inhabitants, achieving results that would generate a best and optima lifestyle and also economy benefits for the best use of resources and potential that the same people dominate.

Key words: Image, identity, structure city, urban planning, planification, ordering, inhabitants, costumes, rhythms, perception, territorial ontology, phenomenology.

Introducción

La historia ha mostrado que desde su emplazamiento y fundación, Maracaibo, como caserío-poblado-ciudad transversó distintas fases como realidades ajenas a sus pobladores naturales. El Indígena originario de estas tierras, casta de guerreros dominantes concentrado en los pueblos de tierra y de agua, estratégicamente ubicado para garantizar su papel multiplural: de luchador, protector de su gente, de agricultor que cosecha el alimento que consumen, y de comerciante que negocia y participa en el intercambio entre los pueblos. Petit et al. [1].

Todo ello resulta en un poblado permitido para unos y vetados para otros, donde con el transcurrir del tiempo y la cotidianidad de las acciones se producen esos intercambios y se construye una ciudad en capas, donde los estratos conviven y se cruzan pero no se relacionan.

La lectura de la Maracaibo actual debe plantearse desde la visión histórica, la cual debe entenderse como un proceso continuo signado por hechos de expansión y transformación. El primero determinado por el crecimiento de la ciudad con un tejido impuesto, ordenado, definido según patrones extraños a los asentamientos originarios propios del territorio, ocupaciones obligadas a envolver los componentes

naturales existentes como cañadas, cursos de agua y el lago; barreras creadas por el hombre como case-ríos, fabricas, vías y otros que, en cada etapa, conformaran esa estructura de ciudad.

Por otra parte, las transformaciones le otorgan a la ciudad un carácter dinámico, cambios internos dados según las necesidades del ciudadano; destacando el hecho que plantea Sempere [2], que “una de las cualidades de la ciudad reside en sus capacidades para modificarse sin destruirse”

El desarrollo de la ciudad fue un proceso similar a cualquier ciudad hispanoamericana, desde la etapa fundacional hasta su separación definitiva de la metrópoli española, basado principalmente en la creación de la ciudad. Según Petit et al. [1], las formas urbanas resultantes son parte de un proceso de implantación continuo basado en la evolución periódica en la cual el periodo previo es la fundamentación del posterior, que ha condicionado su desarrollo y que literalmente lo ha conformado. Su análisis implica considerar el territorio precedente en el cual las presencias físicas existentes ordenan y contienen el crecimiento de esa ciudad. En ella el habitante crea lazos que se estrechan a medida que cohabita en una zona definida, interpreta el espacio como continuidad de sí mismo, y se apropia de él; las relaciones que se establecen denotan los significados de esa realidad latente basamento de su vida cotidiana y se convierte en su identidad urbana, cargada de elementos sociales producto de su interacción con otros habitantes y el espacio mismo.

Al ser un país altamente influenciado por otras culturas, su sociedad, por tanto, se encuentra altamente desequilibrada. La personalidad colectiva de Venezuela consiste en una mezcla, que si bien, funciona como un conjunto; puesto que a pesar de que las culturas de los pueblos son diferentes, no por ello son comunicables o incompatibles. Sin embargo, presenta cierta fragmentación o segregación que distorsiona el urbanismo mismo de las ciudades, teniendo efecto en su imaginario colectivo y en la imagen de las ciudades, por lo cual se requiere la constitución de una identidad nacional y regional que se encargue de sincerar y mejorar las dinámicas que se dan en el territorio.

¿Cómo debe incorporarse al proceso de creación y construcción de ciudad estructurada esa imagen urbana? ¿Cómo garantizar que los planes determinados por los diferentes niveles de gobierno se traduzcan en desarrollos coherentes con los componentes que los habitantes reconocen? ¿Cómo diseñar ciudades que realmente habiten y reconozcan sus habitantes como sus espacios para satisfacer todas sus necesidades?

Fundamentos Teóricos

1. El papel de la Identidad como elemento tangible

Un elemento importante para el éxito de la planificación urbana es el sentido de propiedad que esos habitantes desarrollen por el espacio que habiten, sumado ello a las políticas acertadas de los gobiernos locales; esa identidad social también puede derivarse del sentimiento de pertenencia o afiliación a un entorno concreto significativo, resultando entonces una categoría social más. Aragonés et al. [3].

La identidad, como búsqueda, como interrogante, se vuelve uno de los componentes de un conjunto de problemas generales a los que se enfrenta una sociedad; su ausencia resulta en lo que ha sido catalogado como una crisis. La naturaleza del conflicto de su carencia depende, a menudo, de situaciones o eventos que implicaron un cambio de circunstancias que afectan una particular identificación generalizada por miembros de una sociedad, y a su vez, la de individuos en un periodo histórico dado. Es decir, algunos periodos en la historia se vuelven vacíos como consecuencia de la desintegración de ideologías existentes, cambio de percepciones compartidas y comunicaciones aceptadas por una colectividad.

Toda identidad es social, y resulta de la interacción que el individuo establece cotidianamente con un lugar o los componentes de un entorno, convirtiéndose en los elementos caracterizadoras del espacio que ocupa. Según Gabriel [4, Pág. 43], la identidad “hace alusión a elementos culturales, geográficos y sociales que posibilitan que una región se diferencie de otra. La identidad es memoria colectiva y debe ser labor compartida por toda una sociedad, atendiendo y reflexionando sobre su historia diaria”

El habitante se crea una imagen de la ciudad según la suma de creencias, ideas e impresiones, percepciones y valores, que obtiene de ella, esa ciudad no será realmente lo que es sino lo que se ve. La gestión de la localidad, conjuntamente con la identidad, es importante porque a través de estas es posible explicar desde todas sus dimensiones, las representaciones que los diversos habitantes, turistas e inversionistas, hacen de un lugar; su significado no se limita a las propiedades físicas del sitio, sino que evoca dimensiones emocionales en las personas que viven y experimenta cotidianamente el hecho urbano y social de la ciudad, Asencio [5].

Para Fonseca [6] esa identidad desarrollada se territorializa cuando se crea sentido del lugar, cuando los habitantes toman conciencia de saberse y sentirse de una localidad conocida, por lo cual perciben, identifican y asumen su pertenencia en un contexto espacial. En este sentido el espacio físico es de relevancia, ya que el individuo no solo reconoce ese lugar, sino que especifica como propias las características que dicho lugar posea así como la morfología espacial que la compone, todo ello debe conformar ese espacio identificable donde esos individuos coexistirán y se relacionarán ubicando los servicios requeridos y las zonas propias donde el quehacer diario se insertara como parte de esos mismos componentes urbanos. ¿Será desde la planificación que se logrará la concertación de los componentes de ciudad que aglutinen la identidad multiplural y los modos de vida con las características espaciales en respuestas a los habitantes y sus particularidades?

2. Imagen de la ciudad.

Desde la identidad es posible caracterizar la ciudad, una vez que se entiende como un proceso que se encuentra mutando de forma permanente, pero que posibilita el entendimiento del pasado y el presente, al igual que su construcción, para garantizar una mejor calidad de vida futura. Sin embargo, para lograr de forma efectiva caracterizar la ciudad partiendo de este elemento, es importante comenzar por el conocimiento de la historia del lugar y evitar la pérdida de memoria de este, que como se ha explicado, conforma los vínculos generales de una sociedad: y cuya carencia generan vacíos e inconsistencias, los cuales son los que afectan el imaginario colectivo y desaparecen y ocultan importantes capas de información de gran valor.

En las ciudades se desarrolla una identidad según su región o territorio, a imagen y semejanza de la nación. Puede incluso afirmarse que los símbolos secundarios que se perciben en una escala menor, más concreta, en la que se desarrolla un sentido de pertinencia por integración social, actividad profesional, calidad de medio ambiente, el grado de compromiso, entre otros factores. Al hablar de identidad en Maracaibo, la misma se desprende de la indígena y de la cultura originaria de la española, la criolla, principalmente, así como la holandesa, italiana, alemana y estadounidense entre otras: sufriendo muchos cambios a lo largo de su historia, mutando en su dinámica y rol en múltiples ocasiones.

Los ciudadanos se asientan en espacios habitables según su estatus social y la accesibilidad del territorio, definido según la planificación organizada adecuada por los asentamientos y desarrollos espontáneos, cotidianizados en el quehacer de esa población que convierte el espacio urbano en su hábitat natural.



Figura 1a y b. Vista Aérea de Maracaibo

Fuente. noticiaaldia.com (2017)

La planificación ha sido una herramienta fundamental para lograr objetivos claros en el avance organizado, la sustentabilidad y la estructuración óptima de un centro urbano. Cuenta con un Plan de Desarrollo Urbano el cual debió enmarcarse en la caracterización del territorio, sin embargo en la actualidad es una gran ciudad densificada en el norte y concentrando las actividades económicas, culturales y recreacionales hacia la zona costera, el centro y la actual zona periférica.

En la actualidad Maracaibo es una ciudad que ha borrado los testimonios de su origen, generando vacíos e incongruencias en la memoria de sus habitantes y que ha tenido como producto una identidad difusa y carencia de sentido de pertenencia por parte de su comunidad, lo cual se hace notorio en diversos aspectos, entre esos un urbanismo sumamente afectado que no brinda las mismas oportunidades de espacios sociales, recreacionales o relacionados a la movilidad, a su habitante (Figuras 2a y 2b). En todo ese territorio se evidencia un centro urbano con características impuestas por una planificación que no termina de definir la ciudad que el Marabino necesita y quiere. ¿Cuáles serán esos elementos que deberán influir y permanecer en el proceso de planificación para concretar en una ciudad adecuada a la identidad de los usuarios que en ella habitan?



Figura 2. a. Centro de la Ciudad y b. Sector La Curva

Fuente. Noticia al Dia (2019)

3. Identidad en la Planificación Urbana

El diseño y la construcción del espacio urbano sean vistos desde la perspectiva de la producción particular de la obra arquitectónica como desde la intervención de la planeación institucional, tienen un efecto determinante en la construcción de la identidad colectiva. Primeramente, cabe mencionar que la ciudad y los espacios urbanos juegan un papel relevante en la conformación de la identidad de los individuos por el hecho de que estos espacios no son simplemente el asiento de las actividades humanas en el territorio, sino los espacios en los que los individuos viven se relacionan e interactúan con el resto de la colectividad o el grupo al que pertenecen, y con el que se identifican.

La realidad social es una condición preexistente a la construcción del espacio urbano y como tal es un factor determinante en la naturaleza simbólica que éste adquiere. Los individuos poseen características propias que los identifican y, a la vez, los distinguen de los demás, esto constituye el fundamento de la identidad, entendida ésta en su sentido etimológico como “identitas” es decir, “lo que es lo mismo” o “ser uno mismo”. Rizo [7].

No obstante la diversidad de enfoques disciplinares que envuelven la identidad, hay, en ellos, puntos de convergencia en cuanto a sus principales rasgos característicos, en particular en el reconocimiento de que es un proceso dinámico y flexible, Alva y Aldrete [8], en continuo cambio, y en el hecho de que implica tanto al individuo como a la sociedad, y por lo tanto, a la construcción de un “ser” colectivo y, de un “nosotros” enmarcados en el sentido de pertenencia tangible hacia una territorialidad que evidencia la apropiación que de él hace el individuo, frente a todos aquellos que se constituyen como los “otros”. Téllez-Girón [9]; ello deviene en las relaciones que se establecen en el espacio como resultado de la cohabitación de los individuos y todas las fuerzas vivas.

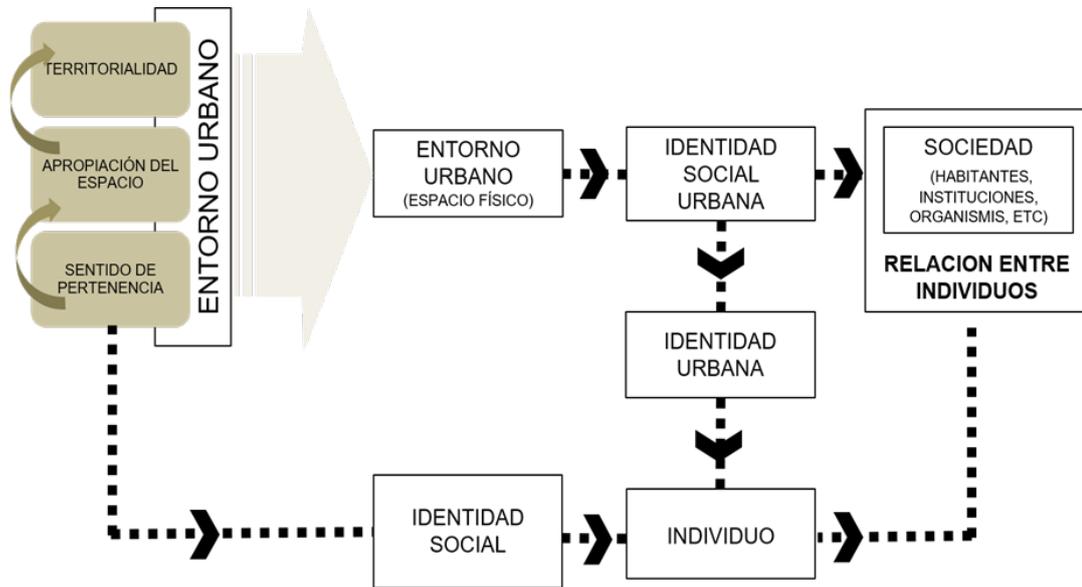


Figura 3. La Identidad Urbana

Fuente: Medina (2018)

Una de las razones fundamentales para considerar la importancia de la identidad territorial desde el punto de vista físico, radica en la relevancia de las ciudades para la sociedad contemporánea, teniendo en cuenta que en los ámbitos urbanos se asienta la mayor parte de la población mundial y que es en las zonas urbanas donde se presentan los más diversos procesos de interrelaciones económicas, sociales y políticas.

La definición de la Identidad como concepto a partir del urbanismo, requiere de la interrelación de las diferentes definiciones de las ciencias humanas, ya que en la ciudad confluyen diferentes variables, que incluyen la dimensión espacial, geográfica, antropológica, sociológica y psicológica. En este sentido la identidad urbana es una construcción colectiva a lo largo del tiempo y con repercusiones en el espacio; construcción que parte de las relaciones sociales sobre un territorio específico con características geográficas determinadas, dando lugar a diferentes evidencias espaciales que dan cuenta de una constante relación y dependencia entre el medio físico y las expresiones culturales, sociales y económicas, propias de un grupo humano. La ciudad como construcción temporal, representa la dimensión física de concreción de la cultura y la sociedad, conservando en sus diferentes espacios e intersticios, las huellas históricas de las relaciones humanas en su espacio, Alva y Aldrete [8].

Entender la identidad como una categoría de análisis para el urbanismo, es esencial en la medida en que entrelaza la comprensión de su composición histórica y sus oportunidades futuras. La ciudad se entiende a partir de diferentes componentes y sistemas, todos en continua relación e inherente correspondencia; en este orden de ideas, hablar de identidad desde el urbanismo, requiere identificar los diferentes componentes a partir de los cuales se construyen las huellas en el territorio y se explican las relaciones entre la sociedad y su entorno.

Vista de esta manera la identidad urbana, permite realizar una lectura territorial que combina al espacio y al tiempo como factores dentro del proceso de construcción colectiva de los referentes simbólicos de una sociedad en torno a sus situaciones contextuales particulares. De igual forma, establece una relación entre las características actuales del territorio y su estructura de componentes naturales,

artificiales y simbólicos, con los diferentes hechos históricos y factores ambientales que han conformado dichas particularidades y se definen como atributos identificables.

Conclusiones

El crecimiento de la ciudad de Maracaibo siempre estuvo orientado a la ocupación de un territorio para la consecución de espacios urbanos que suplieran sus necesidades básicas de cobijo y seguridad en un punto estratégicamente emplazado por cuestiones comerciales; como toda ciudad latina, fue testigo de realidades conflictivas de dominio y segregación, convirtiéndose en una ciudad por capas que coexisten y se relacionan manteniendo su lugar primigenio. El resultado una fascinante mixtura racial enmascarada en los rubores de una sociedad de apariencia, que se mantiene incólume a la luz pública con historias sesgadas a lo privado.

Esa historia que sitúa a la ciudad pujante como foco comercial desde Venezuela al Caribe y la posiciona como una de las principales en el mundo del 1800, es testigo de la carga heredada a esa población producto de las mezclas sociales sin depuraciones absolutas de costumbres, tradiciones y valores traspasados de una generación a otra, y nos trae al hoy, en una ciudad que se ha extendido a los lugares inimaginables en épocas de la colonia, que ha evolucionado de alguna forma y de otra se paraliza en el tiempo, llena de conflictos y fracturas donde el individuo no reconoce su propio territorio.

El crecimiento se hace siempre dándole la espalda al Lago, esa basta masa que solo fue identificado en la Maracaibo Puerto, convirtiéndose en otro de los elementos sacrificados por el maravilloso y anhelado progreso. Otrora todo se daba teniendo como foco el Lago: el comercio, el esparcimiento, las comunicaciones, los recuerdos y reencuentros se transportaban a través del el, significando el conector con el mundo real.

Hasta ese momento la raza más sacrificada los indígenas, excluidos de su propio espacio, y relegados al más bajo nivel, las otras comunidades aventuraban un comienzo en una nueva tierra cargada de promesas e ilusiones de un promisorio devenir. Así fueron creándose asentamientos unos más otros menos representativos, y estableciendo comercios y servicios en cada nuevo espacio ocupado. Así, con el tiempo, fueron muchos, adicional a las corrientes que se suscitaban en el mundo y arropaban las principales actividades, comienza la dualidad de la ciudad que quiere ser y la que verdaderamente es, con el hombre que puede, que visualiza los avances y con el otro, que sale de su casa y va al abasto y la plaza a ver pasar la tarde.

La ciudad crecía y se hizo imperativo estructurar su desarrollo, se importaron Planes Urbanos de otras latitudes, totalmente ajenos a la realidad marabina, se incorporaron vías, se ubicaron servicios y equipamientos, se fueron concibiendo imágenes de una Maracaibo inexistente, a la cual aún no se le ha podido controlar. Hoy, frente a una ciudad policéntrica, fragmentada, difusa en sus bordes, estructurada en su centro, rígida en unas áreas desbordadas en otras, negando su respuesta al borde costero, con una Planificación inoperante, que nació ya retrasada e impregnada falsamente de las visiones que sus habitantes quieren y necesitan para vivir.

Se debe reevaluar el espacio entendiendo que contiene elementos que van persistiendo en el hombre con los cuales desarrolla relaciones intrínsecas hasta sentirlo como suyo y adaptarse como ser, manifestando en su interpretación la identidad real transformada que su transitar a depurado. Ese entorno urbano, que como envoltente contextual evidencia ese apego con la adecuación de los elementos morfológicos, unos inamovibles por su propia realidad, otros ajustables y construibles según se ha definido previo a un hoy impuesto.

La realidad material del entorno deberá ser evaluada de manera particular, así como cada individuo tiene una personalidad que le hace único, el espacio se reviste de características resultantes de

quienes lo habitan y las dinámicas que se desarrollan, debiéndose para ello revisar su proceso de consolidación como espacio urbano y las costumbres y formas de ocupar de los grupos sociales que en el permanecieron.

Referencias Bibliográficas

- [1] Petit N., Pineda E., y Quijano E., La Maracaibo hispana. Fundación y expansión de una ciudad-puerto. Venezuela, siglos XVI-XVIII, Procesos Históricos, 6(012). (2007)
- [2] Sempere M., Maracaibo, Ciudad y arquitectura. Maracaibo, Universidad del Zulia, (2000).
- [3] Aragonés J.1, Corraliza J.A., Cortés B., & Américo M., Perception of territory and social identity. In Socio-Environmental Metamorphoses: Builtscapes, Landscapes, Ethnoscape, Euroscape. Proceedings IAPS 12 International Conference, Vol. 11, Marmaras, Greece, (1992)
- [4] Gabriel E., Diseño, identidad regional y globalización. En: Actas de Diseño del I Encuentro Latinoamericano de Diseño. Buenos Aires, (2006), P. 43
- [5] Asensio P. (Ediciones Díaz de Santos). Marketing Municipal, Madrid, (2008)
- [6] Fonseca C. (Editorial Universidad de Caldas), Territorios e imaginarios entre lugares urbanos: procesos de identidad y región en ciudades de los andes. Manizales, (2005), Pág 128-129.
- [7] Rizo M, “Conceptos para pensar en lo urbano el abordaje de la ciudad desde la identidad, el habitus y las representaciones sociales”. Revista Bifurcaciones, Chile. No. 006, (2005).
- [8] Alva B. y Aldrete L., “Identidad Urbana reflexiones sobre las orientaciones teóricas para su estudio”, Revista Latinoamericana de Investigación en Organizaciones, Ambiente y Sociedad. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Vol. 2, No. 2, (2011)
- [9] Téllez-Girón R., “Antropología, Identidades y Globalización” Revista Elementos, Universidad Autónoma de Puebla (Buap) Benemérita, No. 45, Vol. 9, México(2002),

Transesterificación del aceite de palma utilizando arcillas impregnadas con NaOH y KOH como catalizadores

Claudia Blanco¹, Fiorella Toledano¹ y Ángel Morillo²

¹Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

²Escuela de Química. Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia. Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

Correo Electrónico: claudiablancof@gmail.com y toledano.fiore@gmail.com.

Recibido: 27-01-2019

Aceptado: 01-05-2019

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito determinar el efecto del uso de arcillas impregnadas con NaOH y KOH como catalizadores en la reacción de transesterificación del aceite de palma. Para la realización de esta investigación, primeramente, se realizó la caracterización de la materia prima a utilizar (aceite de palma y metanol). Posteriormente, se realizó la impregnación de los distintos tipos de arcillas con NaOH y KOH a través del método de impregnación a humedad incipiente, utilizando una relación en masa de hidróxido:arcilla de 1:4. Además, se utilizaron como catalizadores las sales NaOH y KOH sólidas disueltas en metanol. La reacción de transesterificación fue llevada a cabo por medio de la tecnología High Throughput Screening a pequeña escala a 60°C, presión atmosférica, 168 rpm, utilizando un 10% en masa del catalizador y una relación molar metanol:aceite 8:1. Para el caso de las sales sólidas, ocurrió en ambos casos saponificación, debido al elevado porcentaje de hidróxido utilizado. El producto de reacción para las muestras de arcillas fue caracterizado por medio de índice de refracción y espectroscopia de infrarrojo (FT-IR), demostrando que las arcillas sin impregnar no poseen actividad catalítica hacia la reacción de transesterificación, mientras que todas las arcillas impregnadas obtuvieron metilésteres como producto, indicando así que su actividad catalítica se debe a la presencia de los hidróxidos impregnados en las mismas.

Palabras claves: Arcillas, impregnación, transesterificación, metiléster.

Transesterification of palm oil using impregnated clays with NaOH and KOH as catalysts

Abstract

The present investigation's purpose was to determine the effect of using clays impregnated with NaOH and KOH as catalyzers for the transesterification of palm oil. For the development of this investigation first was carried out the characterization of the feedstock (palm oil and methanol). Afterwards the impregnation of the different types of clays was done with NaOH and KOH, through the incipient wetness method, using an hydroxide:clay weight ratio of 1:4. Besides, the solid salts NaOH and KOH were used as catalyzers dissolved in methanol. The transesterification reaction was carried out using the technology of High Throughput Screening, on a small scale, at 60°C, atmospheric pressure, 168 rpm, using a 10% in weight of the catalyzer, and a methanol/oil molar ratio of 8:1. For the case of the solid salts, saponification occurred in both cases, due to the high percentage of hydroxide used. The reaction product for the clay samples was characterized through refractive index and infrared spectroscopy (FT-IR), showing that the clays that were not impregnated have no catalytic activity towards the transesterification reaction, while all the impregnated clays obtained methylesters as a product, meaning that their catalytic activity was due to the presence of the impregnated hydroxides in them.

Key words: Clays, impregnation, transesterification, methylester.

Introducción

Los biocombustibles son, de forma general, todos aquellos combustibles cuyo origen reside en la biomasa, término que hace referencia a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales y que pueden ser convertidos en energía. El biodiesel se perfila como el combustible renovable más adecuado para reemplazar al diesel, debido a la similitud de sus propiedades.

Los aceites vegetales provenientes de las plantas oleaginosas representan la principal fuente para la producción de biodiesel, principalmente los extraídos de semillas oleaginosas tradicionales tales como girasol, soya, colza y palma africana. Existen varios métodos para la conversión de estos aceites vegetales a biodiesel, sin embargo, el más común es el proceso de transesterificación, en el cual un alcohol reacciona con el aceite para formar ésteres y glicerol.

El proceso de transesterificación requiere comúnmente de un catalizador que mejore el tiempo y el rendimiento de la reacción. La transesterificación catalizada por bases es la más económica y además, está actualmente puesta en práctica en diversos países para la producción de biodiesel. Los catalizadores comunes para la reacción de transesterificación son el hidróxido de sodio (NaOH), el hidróxido de potasio (KOH) y el metóxido de sodio (NaOCH₃), los cuales ofrecen altos rendimientos en cortos tiempos de reacción. Sin embargo, estos catalizadores, al estar disueltos en el medio de reacción, permanecen en el producto y forman jabones de ácidos grasos como subproductos, que ocasionan una baja velocidad de separación entre las fases de ésteres y de glicerol.

Las ventajas de un proceso con catalizadores heterogéneos, además de las altas velocidades de reacción, se deben a las características de los catalizadores heterogéneos, tales como: insolubilidad en el medio de reacción, larga vida de duración, resistencia a altas temperaturas, gran área superficial, mayor facilidad de separación y purificación y la posibilidad de recuperación. El carácter heterogéneo conduce a una disminución en el número de etapas del proceso de transesterificación, reduce la cantidad de productos no deseados y facilita la separación de la mezcla post reacción.

Debido a estas consideraciones, se determinó la utilización de catalizadores heterogéneos con carácter básico, como lo son las arcillas modificadas mediante impregnación con hidróxidos de sodio y potasio en la reacción de transesterificación del aceite de palma.

Fundamentos Teóricos

De acuerdo a la ASTM (American Society for Testing and Materials), el biodiesel se define como ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales o grasas de animales, y que se emplean en motores de ignición de compresión [1].

La obtención de biodiesel por transesterificación, hace referencia a una reacción catalizada donde, mediante el uso de un alcohol, los triglicéridos son transformados a alquil ésteres y glicerol como subproducto. Se basa en la reacción de moléculas de triglicéridos (el número de átomos de las cadenas está comprendido entre 15 y 23, siendo el más habitual de 18) con alcoholes de bajo peso molecular (metanol, etanol, propanol, butanol) para producir ésteres y glicerina [1].

El proceso de catálisis heterogénea se espera que sea un proceso efectivo para la producción de biodiesel, con bajos costos e impactos ambientales mínimos, debido a la posibilidad de simplificar los procesos de producción y purificación bajo condiciones moderadas [2].

Los minerales arcillosos son excelentes materiales para el desarrollo de tecnologías limpias, ya que consisten en soportes catalíticos y catalizadores en sí mismos, muy eficientes en una gran variedad de reacciones, mientras suelen exhibir al mismo tiempo una alta regio-selectividad o selectividad de forma [3].

Uno de los tratamientos más comúnmente utilizado para mejorar las propiedades catalíticas de las arcillas es la impregnación, la cual se realiza generalmente después de someter a la arcilla a acti-

vación ácida o a pilareado. Las propiedades de los silicatos laminares que los hacen efectivos como catalizadores heterogéneos, también son de gran importancia para su funcionamiento como soportes de catalizadores. Entre estas propiedades están la estructura de capa, la dimensionalidad reducida del espacio de reacción, la acidez superficial inherente, el área de superficie extensa y la abundancia de mesoporos [4, 5, 6]. Adicionalmente, los reactivos soportados ofrecen varias ventajas sobre sus homólogos en solución ya que ofrecen una difusión restringida de reactivos, activación/estabilización de sustratos, y promoción de la vía de reacción selectiva y facilidad de uso mediante la inmovilización de subproductos o sustancias químicas tóxicas [4].

Parte Experimental

Caracterización de la materia prima a utilizar

Se determinó la densidad del aceite de palma para ser comparada con la establecida en la norma COVENIN 703. Otros factores determinados del aceite fueron el porcentaje de cenizas, y el índice de acidez el cual se hizo según el método plasmado en la norma COVENIN 325:2001. Fue medido el índice de refracción de sustancias patrón de la reacción como lo son el aceite de palma, el metanol y la emulsión formada por una mezcla de estos dos utilizando un equipo marca ABBE, modelo 325. También se caracterizaron el aceite de palma y la mezcla aceite-metanol por medio de espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR) empleando reflectancia total atenuada (ATR), con una resolución de 4 cm^{-1} y 140 barridos espectrales, en una región comprendida entre 400 y 4000 cm^{-1} .

Impregnación de las arcillas con NaOH y KOH

Se utilizaron las arcillas comerciales STx-1, SWy-2, SHCa-1, KGa-1b, vermiculita, bentonita y permutita, las cuales fueron impregnadas con soluciones de NaOH y KOH equimolares al 1,6 M, por medio de impregnación a humedad incipiente, utilizando 2 mL de solución impregnante para cada 0,5 g de cada una de las arcillas, añadiendo 0,5 mL de solución gota a gota a cada arcilla, asegurando que quedaran completamente humedecidas, para posteriormente ser llevadas al horno por aproximadamente 30 minutos a 100°C . Este procedimiento fue repetido hasta completar los 2 mL de solución para cada arcilla. Una vez retiradas del horno, las arcillas impregnadas fueron trituradas, pesadas a masa constante y almacenadas en viales de vidrio identificados.

Desarrollo del procedimiento de transesterificación del aceite de palma utilizando la tecnología High Throughput Screening (HTS)

La reacción de transesterificación fue llevada a cabo utilizando Oleína de palma refinada marca "El puerto" y metanol con una pureza del 99%. Se identificaron 23 viales correspondientes a cada una de las muestras: 7 viales con las muestras de arcillas impregnadas con NaOH, 7 viales con las muestras de arcillas impregnadas con KOH, 7 viales con las muestras de arcillas sin impregnar y 2 viales con las sales NaOH y KOH disueltas en metanol. Se utilizaron 2 mL de aceite y un porcentaje de catalizador del 10% en masa del mismo, correspondiente a 0,179 g. Para el caso de las sales, se utilizaron 0,179 g de NaOH y una cantidad equimolar de KOH, correspondiente a 0,251 g. El equipo utilizado para llevar a cabo la reacción fue el Taitec personal H-10 incubator, a una temperatura constante de 60°C , agitación constante de 168 rpm y presión atmosférica. La relación molar metanol:aceite correspondió a 8:1, resultando en una cantidad de 0,8 mL. El tiempo de reacción fueron 2 horas.

Caracterización del producto de reacción

El producto de reacción fue caracterizado mediante índice de refracción con un equipo marca ABBE, modelo 325 y espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR) empleando reflectancia total atenuada (ATR), con una resolución de 4 cm^{-1} y 140 barridos espectrales, en una región comprendida entre 400 y 4000 cm^{-1} .

Análisis y Discusión

Caracterización de la materia prima a utilizar

La densidad del aceite de palma se determinó mediante la relación masa-volumen de la muestra contenida en un cilindro graduado. Los resultados se plasmaron en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos para la determinación de la densidad del aceite de palma

Muestra	Volumen de aceite (ml)	Masa del cilindro vacío (g)	Masa del cilindro+ aceite (g)	Densidad (g/ml)	Densidad relativa
1	50	85,519	130,272	0,895	0,898

En la Tabla 1 se observa que esta resultó poseer un valor de 0,895 g/mL. Además, la densidad fue expresada en forma de densidad relativa, resultando en un valor de 0,898, con la finalidad de poder compararla con la establecida por la norma COVENIN 703, la cual establece como límites para esta 0,8969-0,9020, por lo que la muestra se encuentra dentro de los límites permisibles de densidad para la oleína de palma.

Adicionalmente, se realizó la determinación de contenido de cenizas del aceite de palma, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Datos para la determinación del contenido de cenizas del aceite de palma

Muestra	Masa del crisol vacío (g)	Masa del crisol + muestra (g)	Masa del crisol + muestra después de la calcinación(g)	Cenizas (%)
1	107,677	137,677	107,922	0,817

Con respecto al contenido de cenizas presentado en la Tabla 2, se puede observar que se obtuvo un bajo porcentaje para la muestra de aceite de palma analizada. Este valor representa las trazas de materia inorgánica en el producto, por lo que valores bajos proporcionan estabilidad al aceite.

Otra característica importante determinada en el aceite de palma, la corresponde el porcentaje de acidez, el cual se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Datos para la determinación del índice de acidez del aceite de palma

Muestra	Normalidad del NaOH	Volumen de NaOH gastado (ml)	Masa de la muestra (g)	Acidez (% de ácido palmítico)	Índice de acidez
1	0,1	0,4	28,2	0,04	0,0876

La acidez es el contenido de ácidos grasos libres de un aceite o grasa vegetal, expresada en gramos de ácido palmítico por cada 100 gramos de muestra. Como puede observarse en la Tabla 3, este valor resultó ser de 0,04. La norma COVENIN 325 expresa que la acidez libre para la oleína de palma debe tener un valor inferior a 0,1, por lo que la muestra posee un contenido de ácidos grasos libres dentro del rango permisible. Este valor es importante debido a que altos valores de acidez conllevan a la formación de jabones, disminuyendo el rendimiento de la reacción. Por otro lado, el índice de acidez corresponde al número de miligramos de hidróxido de sodio requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres contenidos en 1 gramo de aceite. Para la muestra de aceite de palma, este resultó ser 0,0876.

Por otro lado, los valores obtenidos de índice de refracción de las materias primas se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Datos de la determinación del índice de refracción de las sustancias patrón.

Sustancia	Índice de refracción
Aceite de palma	1,4620
Metanol	1,3260
Emulsión metanol-aceite	1,4525

El índice de refracción del aceite de palma y del metanol fueron 1,4620 y 1,3260, respectivamente, como puede observarse en la Tabla 4. Resulta notable que al crear una emulsión metanol-aceite en una proporción de 50 y 50, el índice de refracción se modifica, disminuyendo su valor a 1,4525, encontrándose este valor más cercano al del aceite de palma que al del metanol. Es importante aclarar que este valor puede cambiar si se modifican las proporciones de la emulsión. Los valores de índice de refracción de las materias primas de partida son importantes, ya que permitirán determinar la presencia del producto deseado o de mezclas una vez finalizada la reacción.

Otro método utilizado para caracterizar la materia prima fue a través de espectroscopia de infrarrojo. En la Figura 1 se representa el FT-IR del aceite de palma.

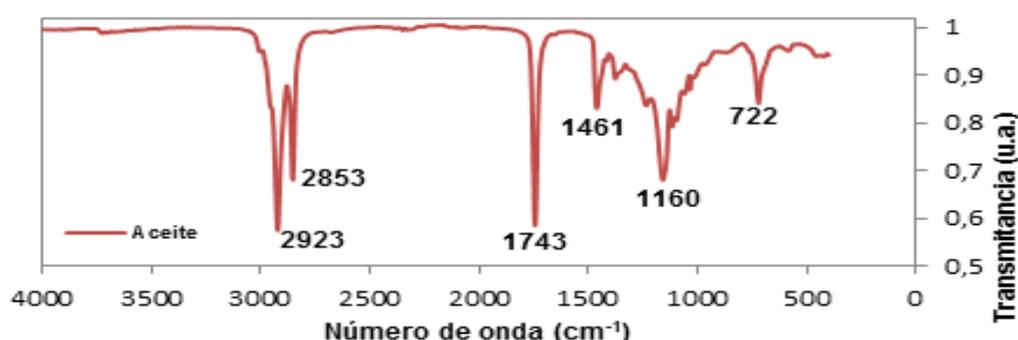


Figura 1. FT-IR del aceite de palma.

Como puede observarse en la Figura 1, alrededor de 2800 cm^{-1} y 3000 cm^{-1} se aprecian las dos bandas que indican la presencia de los enlaces simétricos y asimétricos de C-H. El pico a 2900 es característico de los aceites vegetales [8], mientras que la banda a 1743 cm^{-1} es característica de ésteres ácidos y ésteres de grasa, ya que en la región de los grupos funcionales de $1740\text{-}1750\text{ cm}^{-1}$ se tiene un pico intenso correspondiente al grupo carbonilo (C=O). Adicionalmente, se puede apreciar una señal estrecha a 1461 cm^{-1} de intensidad media, propia de la flexión del tijereteo de los grupos C-CH₂ con CH₂ o CH₃, y, en la región de 1164 cm^{-1} , se observa una señal medianamente ancha e intensa que corresponde a la tensión C-O. Además, se tiene una señal media a 722 cm^{-1} que representa el balanceo (deformación) de cadena de al menos 4 grupos CH₂ (cadena de metilenos).

Así mismo, en la Figura 2 se presenta el FT-IR de la mezcla metanol/aceite. Puede observarse que cuando se tiene una mezcla de metanol y aceite, sin que estos hayan reaccionado, se presentan las mismas señales que las que existen en el aceite, pero agregando una banda ancha de baja intensidad entre 3030 y 3600 cm^{-1} , la cual se debe al grupo OH del metanol presente.

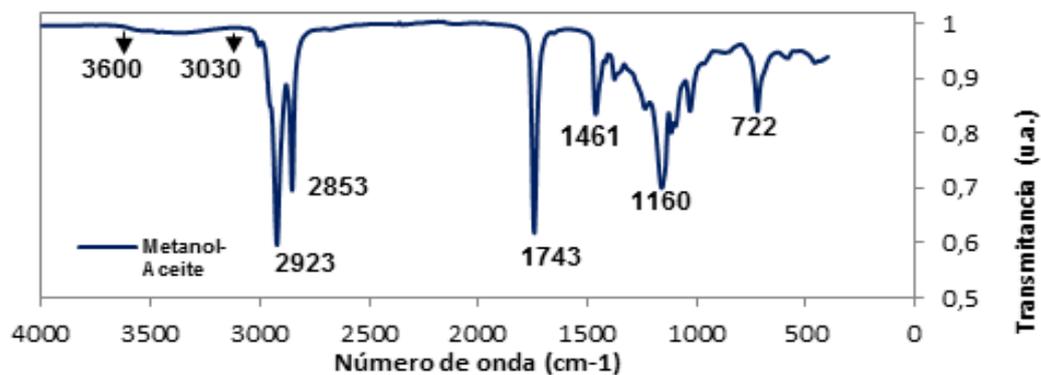


Figura 2. FT-IR de la mezcla metanol/aceite.

Impregnación de las arcillas con NaOH y KOH

En las tablas 5 y 6, se presentan las masas obtenidas de las arcillas después de realizado el procedimiento.

Tabla 5. Impregnación de las arcillas con NaOH

Tipo de arcilla	Masa después de la impregnación (g)
STx-1	0,53
SWy-2	0,55
Vermiculita	0,67
KGa-1b	0,57
SHCa-1	0,62
Permutita	0,55
Bentonita	0,52

Tabla 6. Impregnación de las arcillas con KOH

Tipo de arcilla	Masa después de la impregnación (g)
STx-1	0,58
SWy-2	0,63
Vermiculita	0,68
KGa-1b	0,65
SHCa-1	0,65
Permutita	0,57
Bentonita	0,63

El aumento en la masa desde la cantidad inicial de 0.500 g es un indicativo de que los hidróxidos se encuentran soportados en las arcillas. Puede notarse en las tablas 5 y 6, que las arcillas impregnadas con KOH tienen en general una mayor masa, esto se debe a que se utilizaron soluciones impregnantes equimolares y el KOH posee una mayor masa molecular que el NaOH. Además, puede observarse que tanto en las arcillas impregnadas con NaOH como con KOH, la arcilla que tuvo una mayor masa posterior a la impregnación fue la vermiculita.

Desarrollo del proceso de transesterificación del aceite de palma utilizando la tecnología High Throughput Screening (HTS)

A continuación, se presentan las figuras donde se puede observar el contenido de los viales antes y después de la reacción. Es importante señalar que las fotografías tomadas antes de la reacción fueron realizadas antes de añadir el metanol, ya que al ser añadido este, los viales debían colocarse inmediatamente en el equipo para comenzar la reacción. Por otro lado, las fotografías tomadas después de la reacción, fueron realizadas en un lapso de 24 horas luego de transcurrida la misma, con la finalidad de que se asentaran y se separaran las fases correctamente.



Figura 4. Producto de la transesterificación utilizando KOH como catalizador. (EL Artículo Original no tiene figura 3)

Como se aprecia en la Figura 4, cuando se realizó la transesterificación catalizada solo por los hidróxidos, los cuales se disolvieron en metanol, se observan dos fases, una fase inferior sólida blanquecina, y una fase superior líquida de color amarillo. Esta fase sólida observada es un indicador de que ocurrió una reacción de saponificación.

La saponificación consiste en la formación de jabones por medio la hidrólisis alcalina de una grasa vegetal o animal. Los jabones formados son sales sódicas de diferentes ácidos grasos [9]. En un proceso de transesterificación homogéneo catalizado por hidróxidos, además de la reacción de transesterificación, es común que ocurra la saponificación del aceite (triglicérido) y de los ésteres alquílicos para formar jabón [10]. Esto ocurre simultáneamente con la reacción principal debido a la existencia de un equilibrio entre los hidróxidos y el alcóxido, como se muestra a continuación:



El equilibrio mostrado en la Ecuación 4 se ve afectado hacia la formación del hidróxido cuando el contenido de agua en el medio se incrementa [10]. Por otro lado, en la Figura 5 se muestra el mecanismo de reacción de la saponificación de ésteres alquílicos. En este caso, a pesar que en el medio de reacción se evitó la presencia de agua, la saponificación se vio favorecida debido a que se utilizó una elevada cantidad de hidróxido.

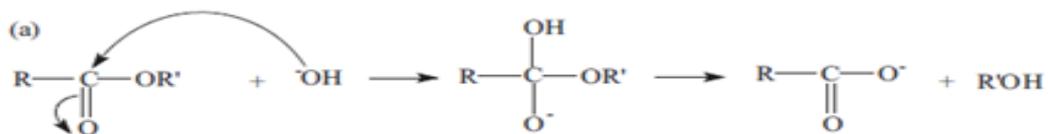


Figura 5. Mecanismo de reacción de la saponificación de ésteres alquílicos.

La saponificación de los ésteres es una reacción indeseable durante el proceso de transesterificación, ya que reduce el rendimiento y la calidad del producto (biodiesel). Por esta razón, se consideró

soportar los hidróxidos en arcillas, con la finalidad de evitar tales problemas indeseables en la reacción y así obtener un producto más puro y de mejor calidad.

En la Figura 6 se puede apreciar que, al realizar la transesterificación con una arcilla sin impregnar (STx-1b), después de la reacción se observa una fase inferior de color amarillo y mayor volumen que la fase superior, la cual es incolora. La fase inferior es igual en apariencia y volumen al aceite antes de la reacción, y la superior es totalmente incolora como el metanol, por lo que se puede decir que no hubo cambio de los reactivos al utilizar esta arcilla sin impregnar como catalizador. Este mismo comportamiento se puede ver con las otras arcillas sin impregnar.



Figura 6. Transesterificación utilizando arcilla STx-1b. Izquierda: Pre-reacción. Centro y derecha: Post-reacción.

El comportamiento mostrado por las Figuras 6 y 7 demuestra que las arcillas sin impregnar no poseen actividad catalítica hacia la reacción de transesterificación.

Por otro lado, en las muestras con la arcilla STx-1b impregnada, tanto con NaOH como con KOH, se observa una fase líquida rojiza en la parte inferior, y una fase líquida de aspecto oleaginoso y color amarillento en la parte superior, que tiene un mayor volumen que la fase inferior, como puede apreciarse en las figuras 8 y 9. Las otras arcillas impregnadas manifestaron la misma apariencia.



Figura 8. Transesterificación utilizando arcilla STx-1b impregnada con NaOH. Izquierda: Pre-reacción. Centro y derecha: Post-reacción.



Figura 9. Transesterificación utilizando arcilla STx-1b impregnada con KOH. Izquierda: Pre-reacción. Centro y derecha: Post-reacción.

La diferencia entre la apariencia de las fases al utilizar arcillas impregnadas en vez de arcillas sin impregnar como catalizadores, indica que con las impregnadas hubo un cambio en las sustancias presentes, lo que quiere decir que estas sí presentaron actividad catalítica hacia la reacción de transesterificación y, además, esta actividad catalítica está directamente relacionada con los hidróxidos impregnados.

Adicionalmente, las características que se observan, como la coloración rojiza de la fase inferior, y el aspecto amarillento y aceitoso de la superior, coincide con los resultados de investigaciones anteriores en las cuales la fase superior corresponde al biodiésel, y la inferior, por tener una mayor densidad, al glicerol [11, 12].

Luego de llevar a cabo la reacción y tomar las observaciones, se destaparon los viales para que el metanol que haya quedado sin reaccionar se evaporara. Al hacer esto, en los viales con arcillas impregnadas se seguían observando las mismas dos fases, pero con un volumen menor en ambas, indicando que antes el metanol se encontraba mezclado con ellas. En los viales con arcillas sin impregnar solo se mantuvo la fase amarillenta, ya que toda la fase incolora estaba compuesta por el metanol.

Caracterización del producto de reacción

A continuación, se muestran los resultados del índice de refracción y FT-IR que se le determinaron al producto de la reacción, con el fin de conocer el efecto de utilizar los catalizadores siendo investigados en la transesterificación del aceite de palma. Las muestras tomadas para dichos análisis fueron de la capa superior aceitosa de color amarillo presente en los viales.

En las figuras 10 y 11, puede observarse los índices de refracción de la fase oleaginoso de las muestras de la transesterificación con arcillas impregnadas con NaOH y KOH. Como se puede ver, todas tienen un valor similar entre sí, pero diferente al del aceite puro, indicando que en todas se formó el mismo producto a partir del aceite. El índice de refracción obtenido también es diferente al de la emulsión del aceite y del metanol, por lo que también se puede descartar que simplemente se hayan mezclado los reactivos sin que ocurriera ninguna reacción.

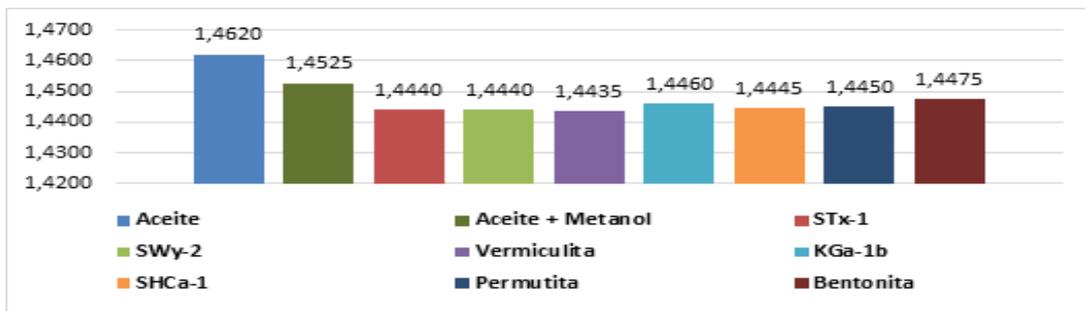


Figura 10. Índice de refracción de la fase oleaginoso obtenida al realizar la reacción de transesterificación con las muestras de arcillas impregnadas con NaOH.

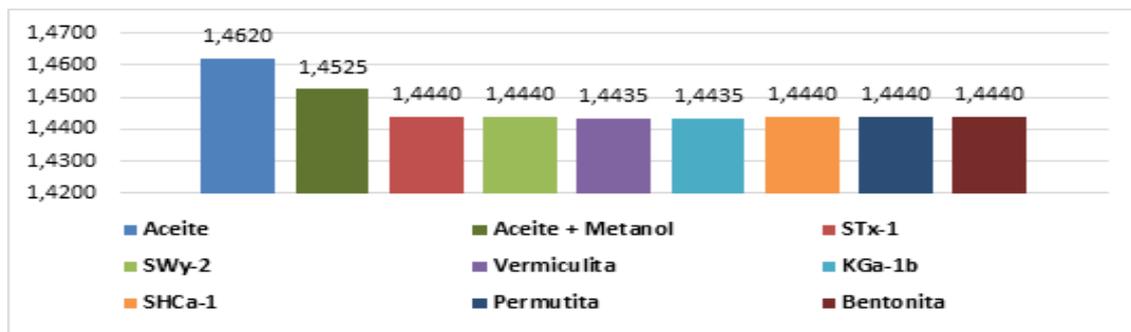


Figura 11. Índice de refracción de la fase oleaginoso obtenida al realizar la reacción de transesterificación con las muestras de arcillas impregnadas con KOH.

Estos resultados pueden corroborarse con la investigación realizada por [13] en la que, partiendo de un aceite de palma cuyo índice de refracción fue de 1,4720, y realizando la reacción de transesterificación utilizando etanol y un catalizador básico, en todos los casos (variando temperatura de reacción, tiempo de reacción y porcentaje de catalizador), se observó que el índice de refracción del producto obtenido disminuía a valores cercanos a 1,4300.

En la Figura 12 se puede ver que el índice de refracción de la fase oleaginoso del producto de la transesterificación con las arcillas sin impregnar es muy cercano al del aceite puro, indicando que al utilizar estas arcillas, no ocurre ningún cambio en dicho reactivo. Es notable que el valor de estas muestras con respecto al aceite tiene una pequeña diferencia, que se puede deber a trazas de metanol que quedaran mezcladas con el aceite después de la evaporación, ya que todas tienen un índice de refracción menor. Sin embargo, se puede decir que la mayoría del metanol fue evaporado, ya que el índice de refracción obtenido no es similar al de la emulsión metanol-aceite.

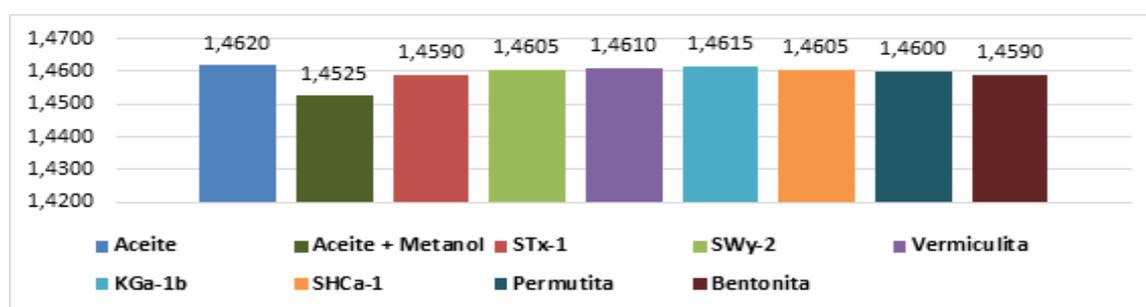


Figura 12. Índice de refracción de la fase oleaginoso obtenida al realizar la reacción de transesterificación con las muestras de arcillas sin impregnar.

En la Figura 13 se representan los FT-IR de la fase oleaginoso obtenida al utilizar las muestras de arcilla sin impregnar en la reacción de transesterificación. Se puede observar en la región entre 2800 y 3000 cm^{-1} las señales que corresponden específicamente a la tensión del enlace C-H de los carbonos de tipo CH_3 , CH_2 y CH. Asimismo, se presenta una señal estrecha a 1461 cm^{-1} de intensidad media, propia de la flexión del tijereteo de los grupos C- CH_2 con CH_2 o CH_3 . Además, en la región entre 1700 y 1800 cm^{-1} , se tiene la señal que pertenece a la tensión del grupo C=O. Esta señal se encuentra a 1743,9 cm^{-1} y es característica de ésteres alifáticos saturados [14].

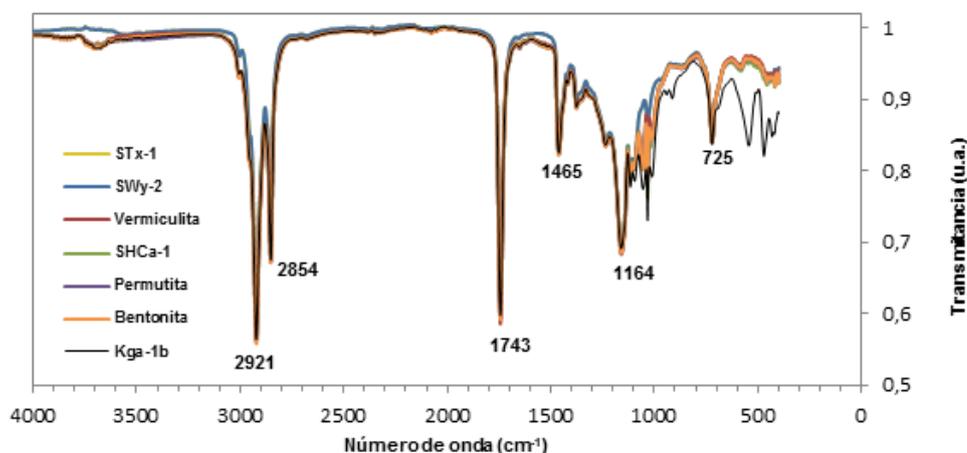


Figura 13. FT-IR de la fase oleaginoso obtenida al realizar la reacción de transesterificación con las muestras de arcillas sin impregnar.

En la región de la huella dactilar (por debajo de 1400 cm^{-1}), se observan las señales correspondientes a las vibraciones de tensión del enlace C-O. En la región de 1164 cm^{-1} se observa una señal medianamente ancha e intensa que corresponde a la tensión C-O. Además, se tiene una señal media a

722 cm^{-1} que representa el balanceo (deformación) de cadena de al menos 4 grupos CH_2 (cadena de metilenos).

Este comportamiento es similar al observado para la muestra del aceite de palma, en la Figura 1, lo que quiere decir que al realizar la transesterificación utilizando arcillas sin impregnar como catalizadores, la reacción no se lleva a cabo, ya que no existe formación del producto esperado, los metil ésteres.

Los FT-IR de la fase oleaginosa obtenida utilizando las arcillas impregnadas con NaOH y KOH para catalizar la transesterificación se presentan en las figuras 14 y 15, estas son similares entre sí, mostrando el comportamiento descrito a continuación:

Al igual que en el aceite de palma puro, se encuentran las señales correspondientes a la tensión del enlace C-H de los carbonos de tipo CH_3 , CH_2 y CH en la región de 2800 y 3000 cm^{-1} . También se encuentra la señal a 1743,9 cm^{-1} perteneciente a la tensión del grupo C=O, y característica de los ésteres alifáticos saturados. Además, se observa nuevamente la señal media a 722 cm^{-1} que representa el balanceo (deformación) de cadena de al menos 4 grupos CH_2 (cadena de metilenos).

A diferencia del aceite que presenta una sola señal estrecha a 1461 cm^{-1} , en estas muestras existen dos señales, a 1460 y 1440 cm^{-1} correspondientes a la deformación asimétrica del enlace C-H. Esto concuerda con [15], quienes reportan que entre 1425 y 1447 cm^{-1} existe una señal debida a esta deformación que se presenta en el biodiésel, mas no en el aceite.

Figura 14. FT-IR de la fase oleaginosa obtenida al realizar la reacción de transesterificación con las muestras de arcillas impregnadas con NaOH.

Adicionalmente, según [14], los metilésteres de ácidos grasos de cadena larga presentan un patrón de tres bandas cercanas a 1250, 1205 y 1175 cm^{-1} , siendo la cercana a 1175 cm^{-1} la de mayor intensidad, y en los resultados obtenidos, existen tres bandas similares a estas descritas, en 1250, 1197 y 1170 cm^{-1} para el caso de las arcillas impregnadas con NaOH y en 1250, 1200 y 1171 cm^{-1} para las arcillas impregnadas con KOH.

También cabe destacar que en la muestra con bentonita impregnada con KOH, hay una banda ancha de baja intensidad en la región de 3400 cm^{-1} , que puede deberse al OH presente por metanol que no se evaporó y quedó mezclado con la muestra. Esta banda también podría darse por la presencia de agua, sin embargo, en este caso es poco probable ya que se tomaron medidas en el desarrollo de la impregnación y de la transesterificación para evitar la existencia de la misma.

Figura 15. FT-IR de la fase oleaginosa obtenida al realizar la reacción de transesterificación con las muestras de arcillas impregnadas con KOH.

Debido a la presencia de señales características de los metilésteres que se obtienen de aceites vegetales en el producto de reacción, se puede confirmar que las arcillas impregnadas con NaOH y KOH sirven como catalizadores en la transesterificación del aceite de palma. Se puede decir por esto, que las propiedades catalíticas de las arcillas impregnadas se deben a los hidróxidos presentes en ellas, ya que se evidenció en los resultados del índice de refracción y FT-IR, que con las arcillas sin impregnar, no existe la formación de producto.

Conclusiones

Se llevaron a cabo los objetivos de la investigación y se llegó a las conclusiones mencionadas a continuación. Con respecto a la materia prima utilizada, ésta cumple con los parámetros fisicoquímicos requeridos, y el aceite de palma específicamente cumple con los parámetros requeridos por la norma CONVENIN. La impregnación de los hidróxidos en las arcillas consistió en un procedimiento sencillo y efectivo. El emplear la tecnología de High Throughput Screening (HTS) permitió llevar a cabo la reacción de transesterificación utilizando un mayor número de muestras en un menor tiempo. Al utilizar un alto porcentaje de los hidróxidos disueltos en metanol, se evidenció que ocurre la reacción indeseable de saponificación. Las arcillas naturales, sin impregnar, no poseen actividad catalítica para

la reacción de transesterificación, mientras que todas las arcillas impregnadas tanto con NaOH como con KOH mostraron actividad catalítica para la reacción de transesterificación.

Referencias Bibliográficas

- [1] García J.M. y García J.A. (Editorial Universidad del Rey Juan Carlos), Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. Círculo de Innovación en Tecnologías Medioambientales y Energía, (CITME), Madrid, España. (2006),
- [2] Narkhede N., Singh S. y Patel, A. Recent progress on supported polyoxometalates for biodiesel synthesis via esterification and transesterification, *Revista Green Chemistry*, No. 17, (2015). DOI: <https://doi.org/10.1039/C4GC01062K>
- [3] Galeano L., Peroxidación catalítica de contaminantes orgánicos en medio acuoso utilizando bentonita modificada con Al y Fe, Cu o Mn, Memoria que se presenta para optar al Grado de Doctor en Ciencias Químicas, Universidad de Salamanca, departamento de química inorgánica, Salamanca, Colombia. (2011).
- [4] Cornelis A. y Laszlo P. Oxidation of alcohols by clay-supported iron(III) nitrate; a new efficient oxidising agent, *revista Synthesis*, No. 10, (1980), pp. 849–850. DOI: 10.1055/s-1980-29236
- [5] Cornelis A., Depaye N., Gerstmans A. y Laszlo P., Clay-supported reagents 4. A novel coupling of thiols into disulfides, via thionitrite intermediates using a clay-supported nitrosation reagent, *revista Tetrahedron Letters*, Vol. 24, No. 30, (1983). pp. 3103–3106.
- [6] Laszlo P., Catalysis of organic reactions by inorganic solids, *revista Accounts of Chemical Research*, 19, (1986), pp 121–127.
- [8] Ortiz M., García P. y Lagunes L., Obtención de biodiesel a partir de aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis* Jacq.). Aplicación del método de ruta ascendente, *revista Acta Universitaria, Multidisciplinary Scientific Journal*, (2016).
- [9] Marcano D. y Cortés L. (Ediciones de la biblioteca EBUC), Fundamentos de química orgánica, segunda edición, Universidad Central de Venezuela, Venezuela, (2014).
- [10] Eze V., Harvey A. y Phan A., Determination of the kinetics of biodiesel saponification in alcoholic hydroxide solutions, *revista Fuel*, N° 140, (2015), pp 724.730.
- [11] Cova J. y Linares D., Comparación de la efectividad de las resinas de intercambio aniónicas y catiónicas como catalizadores en la producción de biodiesel, Trabajo Especial de Grado presentado para optar al título de Ingeniero Químico, Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela, (2018).
- [12] Vera A., Actividad catalítica de una arcilla pilareada para la síntesis de biodiesel, Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de ingeniero químico. Universidad autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas, Saltillo, Coahuila. (2012).
- [13] Murillo J., Producción de biodiesel a partir de aceite de palma. Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Departamento de Ingeniería Química, Manizales, Colombia, (2003).
- [14] Silverstein R., Webster F. y Kiemle, D. (John Wiley & Sons Inc) Spectrometric identification of organic compounds, Séptima edición, Universidad de Nueva York. College of Environmental Science & Forestry, (2005).

[15] Mahamuni N. y Adewuyi Y., Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Method to Monitor Soy Biodiesel and Soybean Oil in Transesterification Reactions, Petrodiesel-Biodiesel Blends, and Blend Adulteration with Soy Oil, revista Energy & Fuels, N° 23, (2009).

Formulación de una bebida artesanal fermentada a partir de los cristales de aloe vera con sabor a toronjil (*melissa officinalis*)

Daniela Cataldi¹, Arturo Fernandez¹ y Arelis Arrieta²

¹Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo-Venezuela.

²Ciclo Básico, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

Correo Electrónico: danielacataldi98@gmail.com, arturo1396@hotmail.com y ingarelisarrieta@gmail.com

Recibido: 29-01-2019

Aceptado: 01-05-2019

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo formular una bebida artesanal fermentada a partir de los cristales de aloe vera con sabor a toronjil, siguiendo un tipo de investigación descriptiva y con un diseño experimental. Se seleccionó 1 kg de pencas de aloe vera, las cuales fueron lavadas y secadas. Los cristales se limpiaron para eliminar toda la aloína y se obtuvo el jugo de aloe vera mediante la adición de agua mineral. Se le identificaron las características de pH, densidad y °Brix. De forma paralela se recolectaron 10 g de toronjil. Se prepararon los mostos del jugo de aloe vera, en presencia de azúcar y levadura. Posteriormente a la fabricación, se filtró obteniendo la bebida artesanal. Se prepararon cuatro muestras de la bebida artesanal teniendo como variable las concentraciones de toronjil en cada una de ellas. Las caracterizaciones fisicoquímicas de las muestras arrojaron valores promedios de pH: 3,82, concentración de etanol: 22,9%, °Brix: 24,45, y densidad: 1,06 g/mL. A nivel sensorial se realizó una prueba con treinta personas para determinar la mejor muestra según los encuestados. La muestra número 4 arrojó la puntuación más alta, siendo esta la modelo para la formulación de la bebida artesanal fermentada final.

Palabras claves: Bebida artesanal, aloe vera, toronjil, maceración, fermentación.

Formulation of a fermented craft drink made from aloe vera's crystals with melissa flavor (*Melissa Officinalis*)

Abstract

This investigation had as objective formulate a fermented craft drink from the aloe vera's crystals with melissa flavor following a type of descriptive research and a experimental design. 1 kg of aloe vera portion was selected which were washed and dried. The crystal were washed to remove all the aloin and the aloe vera juice was obtained by adding mineral water. It was identified the poperties of pH, density and °Brix. In parallel, 10 g of melissa were colected. The musts of aloe vera juice were prepared, in presence of sugar and yeast. Subsequent to the manufacture, it was filtered obtaining the craft drink. Four samples of the drink were prepared, with melissa concentrations as variables in each one of them. The physicochemical characterization of them yielded average values of Ph: 3,82, ethanol concentration: 22,90%, °Brix: 24,45 and density: 1,06 g/mL. At the sensory level, a test was conducted whit thirty people to determine the best sample according to respondents. Sample number 4 gave the highest score. This being the model for the formulation of the final craft drink.

Keyword: Craft drink, aloe vera, toronjil, maceration, fermentation.

Introducción

Fiestas, eventos sociales, reuniones con amigos, festejos religiosos y todo tipo de reuniones, cuando se habla de todos estos eventos, y se analizan que tienen en común, dejando de lado a las personas, se puede ver que, en todos ellos, las comidas y sobre todo las bebidas están presentes. Al realizar un recorrido a través de la historia, se hará imposible encontrar algún momento en donde la bebida no

estuviera presente, ya desde aquellos primeros pueblos y sociedades hasta nuestros días, al igual que una sombra, las bebidas han estado ahí junto a todas las personas siendo participe de la historia misma.

Venezuela es mucho más que ron y cerveza, aunque estos tienen hasta premios internacionales, lo cierto es que en la variedad está el gusto. Cada rincón aporta sus aromas y sabores para lograr bebidas que llevan de viaje desde el cabo San Román hasta el nacimiento del río Ararí; desde la Sierra de Perijá hasta el Delta del Orinoco, una propuesta diferente de fácil elaboración y bajo costo llama la atención de cualquiera. La sábila, con todas sus propiedades medicinales, puede ser materia prima para la elaboración de una bebida que disminuya las consecuencias del consumo de bebidas fermentadas. El toronjil, planta que proporciona el toque de un sabor suave y típico a limón y toronja, combinados abren nuevas puertas en el mercado de bebidas fermentadas refrescantes y saludables.

Esta investigación propone como objetivo, formular una bebida artesanal fermentada a partir de los cristales de aloe vera con sabor a toronjil.

Como parte de esta propuesta, se tiene como incentivo la utilización de la sábila como materia prima de fácil obtención para la realización de una bebida, aportando una alternativa más económica tanto para emprendedores como consumidores venezolanos. Esta bebida, de ser considerada como un producto de buena calidad, podría competir con otras bebidas en el mercado, impulsado por los bajos costos del mismo.

Fundamentos Teóricos

Las bebidas fermentadas son las procedentes de frutas o cereales que, por acción de levaduras, el azúcar que contienen, se transforma en alcohol. [1]

La sábila (*Aloe vera* L.) es una planta originaria de África. Hoy en día, esta planta se cultiva en la India, China, México, Estados Unidos y en Sudamérica se encuentra en Colombia y en el país Ecuador. [2]

La sábila es una planta herbácea-perenne y resistente a las sequías. Presenta un tallo corto y un sistema radicular superficial que le permite captar rápidamente el agua. [3]. Las hojas tienen forma triangular y se disponen alrededor de tallo formando una roseta. [4]

La hoja de sábila tiene más de 200 constituyentes diferentes producidos en la corteza exterior, de los cuales 75 tienen actividad biológica. Posteriormente se investigaron otros constituyentes del gel del Aloe, que después de largos y exhaustivos estudios, reportaron las siguientes sustancias: polisacáridos conteniendo glucosa, manosa, galactosa, xilosa, arabinosa, taninos, esteroides, ácidos glucorínicos, cítricos, succínico y málico; enzimas tales como: oxidasa, celulosa, catalasa, amilasa, entre otros. Se reportan también algunos azúcares, principalmente glucosa, proteína, así como estimuladores biogénicos, saponinas, magnesio, lactato y algunas vitaminas. Según reporte de investigadores japoneses, las aloctinas y lactinas están presentes y contienen propiedades anticancerígenas. [5]

En la parte central de la sábila se tiene el gel o pulpa, tiene consistencia gelatinosa e incolora. El gel con un pH 4,5, está constituido químicamente por agua con un 97%, mientras que el 3% contiene carbohidratos, ácidos, sales orgánicas, minerales y enzimas. [6] En la Tabla 2.2. Se presentan los resultados de los análisis químico-físicos correspondientes al jugo de Aloe vera.

Tabla 1. Análisis químico-físicos del jugo de Aloe Vera

Indicadores químico-físicos	Jugo Fresco	
	Valor medio	Desviación estándar
pH	4,550	0,010
Densidad (Kg/L)	1,010	0,000
Sólidos Solubles (°Brix)	1,450	0,050

Tabla 1. Continuación

Indicadores químico-físicos	Jugo Fresco	
	Valor medio	Desviación estándar
Sólidos Totales (%)	1,500	0,010
Ácido oxálico (mg/mL)	0,024	0,010
Ácido málico (mg/mL)	2,028	0,020
Fructosa (mg/mL)	0,188	0,000
Glucosa (mg/mL)	1,589	0,010
Sacarosa (mg/mL)		
Xilosa (mg/mL)		
(-) No detectado		

El toronjil identificado como *Melissa officinalis* Fam. Lamiaceae, es originaria de los países de clima templado. Es una planta herbácea, muy ramificada y frondosa. Sus hojas son pecioladas, ovaladas, opuestas, dentadas, muy rugosas y al frotarlas desprenden un olor a limón. Las flores son blancas y se reúnen en grupos de 3-6 flores. [1]

Metodología de la Investigación

La investigación se fundamentó en la determinación de una formulación para elaborar una bebida artesanal fermentada a partir de los cristales de aloe vera con sabor a toronjil, en la cual se caracterizó sensorial y físico-químicamente las propiedades de la bebida, por lo tanto, esta investigación es del tipo descriptiva siguiendo un diseño experimental.

Para esta investigación, se obtuvieron las pencas de aloe vera en el Parque Residencial Santa Lucia (Maracaibo, Venezuela), donde se adquirieron dos ellas. Se cortaron en trozos pequeños regulares y se lavaron con agua para quitar el exceso de tierra y yodo, removiéndose la concha con cuchillo para extraer los cristales necesarios para el experimento, estos, se pesaron en una balanza marca Ohaus hasta obtener 1 Kg de materia prima para realizarles las pruebas físico-químicas respectivas de pH, °Brix y densidad.

Se tomó una muestra de 15,503 g de cristales de aloe vera para realizar la medición del pH, estos cristales fueron licuados con 30 mL de agua y trasvasados a un vaso de precipitado marca Pyrex de 100 mL. Posteriormente se encendió el pHmetro marca Oaklon pH 700 y se sumergió el electrodo en la muestra de los cristales licuados, y al estabilizarse el dispositivo, se obtuvo la lectura del pH. Este procedimiento se repitió 3 veces.

La medición de los °Brix se realizó en un refractómetro marca Bausch & Lomb, primeramente se limpió el cristal con un algodón sumergido en alcohol isopropílico para remover contaminantes y posibles restos de muestras anteriores, posterior a su secado se procedió a utilizar una paleta para colocar los cristales en el refractómetro, y se visualizó por medio de un lente el valor correspondiente a los °Brix.

Para la medición de la densidad se midieron en un cilindro graduado marca Pyrex, 40 mL cristales de Aloe Vera. El cilindro graduado fue previamente pesado en una balanza electrónica marca Ohaus, se realizó la tara del instrumento para luego obtener únicamente el peso de la muestra. El peso reportado es 15.503 g, este se dividió entre el volumen medido, tal y como lo muestra la siguiente ecuación.

$$\rho = \frac{\text{masa de la muestra}(g)}{\text{volumen de la muestra}(ml)} \quad (\text{Ec. 1})$$

En una licuadora marca OSTER se licuaron los cristales de aloe vera con agua mineral marca minalba, el jugo fue filtrado mediante un colador para remover los sólidos indeseados de tal forma que se obtuvo el jugo de aloe vera a utilizar. Se trabajó con una relación 1:1 del jugo de aloe vera y agua, estos fueron colocados en un envase plástico de cocina. Por cada litro de extracto se agregó 200 g de azúcar, los cuales fueron pesados en una balanza, esto se debió al bajo contenido de sólidos solubles en los cristales de aloe vera. La mezcla se trasvaso por medio de un embudo a una botella de 5 litros que actuó como fermentador, se obtuvieron 2 litros de mosto.

Para el inóculo y activación de la levadura, se realizó una mezcla se 125 mL de agua hervida más 125 mL de jugo de aloe vera y 3 cucharadas de azúcar en una vaso precipitado, posteriormente se calentó en una plancha electromante a calor medio y se dejó enfriar, a dicha solución se le agregó 2 g de levadura y se dejó reposar por 20 minutos para la activación de la misma, próximamente se colocó a la mezcla que se encontraba en el fermentador.

El fermentador fue almacenado en un lugar oscuro y fresco. Se realizó un seguimiento por 15 días mientras la fermentación estuviera activa, debido al burbujeo notable en la superficie de la mezcla. Transcurridos los 15 días, el mosto del fermentado (bebida) se filtró nuevamente para la retención de sólidos, especialmente de la levadura.

Mediante el montaje de un equipo de destilación simple en el laboratorio de química en la Universidad Rafael Urdaneta, se obtuvo el alcohol puro (etanol). Todo el alcohol obtenido se utilizó únicamente para la medición de los grados alcohólicos. Se utilizó un balón con un volumen de 500,0 mL, se añadió 100,0 mL del fermentado, se colocó en la malla de calentamiento y se le agregó perlas de ebullición para evitar ebulliciones violentas. Las temperaturas del proceso estaban dentro del rango de 78,00 °C y 100,0 °C, donde se obtuvo como producto un líquido transparente.

El alcohol obtenido mediante el proceso de destilación, se le calculo la densidad, así como la densidad del agua destilada a través de la ecuación:

$$\rho = \frac{\text{masa del cilindro muestra}(g) - \text{muestra del cilindro vacío}(g)}{\text{volumen de la muestra}(ml)} \quad (\text{Ec. 2})$$

Luego se utilizó la siguiente ecuación para calcular la gravedad específica a 20 °C:

$$G_s = \frac{\text{densidad de la muestra}(g/ml)}{\text{densidad del agua destilada}(g/ml)} \quad (\text{Ec. 3})$$

Con el valor obtenido se ingresó a la Tabla 2. Para determinar la concentración de etanol presente en la bebida destilada.

Tabla 2. Concentración de alcohol según la gravedad específica.

Concentración de alcohol	Gravedad Específica (20°C, g/mL)	Índice de refracción (20°C)
0,000%	0,9982	1,333
10,00%	0,9819	1,331
20,00%	0,9687	1,347
30,00%	0,9539	1,354

La bebida fue sometida a un proceso de maceración con hojas de toronjil obtenidas en el Parque Residencial Santa Lucia. Dichas hojas fueron agregadas en diferentes proporciones a cuatro muestras de la bebida para agregarle sabor y aroma por un tiempo de contacto de una 1 hora, estas se colocaron en cuatro frascos de vidrio de 500 mL obteniendo así las muestras 1, 2, 3 y 4.

Las muestras fueron sometidas a pruebas físico-químicas para la medición de pH, °Brix y densidad, similares a las pruebas realizadas para los cristales de aloe vera. Luego de ello, se evaluaron las propiedades sensoriales (color, aroma y sabor) de las muestras mediante un formato de encuesta pro-

puesto a 30 personas de edades comprendidas de 18 años en adelante, elegidas aleatoriamente dentro de los estudiantes y profesionales de la Universidad Rafael Urdaneta. Los datos obtenidos a partir de las encuestas se ingresaron en el programa Microsoft Office Excel, para poder realizar un análisis estadístico en base al promedio aritmético, desviación estándar y moda, obteniendo así las conclusiones respectivas.

Con los resultados obtenidos de la prueba sensorial de las muestras, se procedió a ajustar las propiedades respectivas de la bebida siguiendo los procedimientos descritos anteriormente, determinado así la formulación final de la bebida.

Análisis de Resultados

Para la obtención del jugo, las pencas seleccionadas pesaron en su totalidad 2451,39 g. al momento del licuado los cristales fueron pesados y se obtuvo como valor 957,80 g por lo que se desecharon 1493,59 g de la corteza de las pencas de aloe vera, obteniéndose un rendimiento del 39,07 %.

Debido a la dilución con agua se esperaba tener valores de densidad cercanos a 1 (g/mL). Sin embargo, debido a la viscosidad natural de los cristales no hubo una buena homogeneización del jugo. En la Tabla 3. Se muestra las densidades obtenidas pudiendo apreciar valores similares teniendo como valor promedio 0,5172 (g/mL).

Tabla 3. Densidades de las muestras del jugo de aloe vera.

Muestra	Densidad (g/mL)
1	0,5167
2	0,5150
3	0,5200
Promedio	0,5172

El pH reportado experimentalmente de las muestras fue notablemente cercano a los valores de la literatura. Las mediciones de sólidos solubles (°Brix) del jugo de aloe vera sin azúcar presentan valores bajos previos al agregado de azúcar para la preparación del fermentado. En la Tabla 4. Se muestran las características fisicoquímicas del jugo de aloe vera.

Tabla 4. Características fisicoquímicas de los cristales de Aloe Vera.

Muestra	Valores Experimentales		Valores Teóricos	
	pH	°Brix	pH	°Brix
1	5,140	1,200	4,550	1,450
2	5,140	1,160		
3	5,140	1,230		
Promedio	5,140	1,190		

El proceso de fermentación alcohólica tuvo una duración de 15 días. Se realizó un seguimiento diario hasta su finalización. En el fondo del fermentador se pudo apreciar una fase oscura de posible acumulación de sólidos que fue disminuyéndose a medida que transcurrió el proceso. Al final, durante la filtración del fermentado se pudo observar que la cantidad de sólidos fue moderada debido a que se quiso la presencia de los cristales en la bebida, siendo este el resultado esperado.

En el proceso de maceración se tomaron cuatro muestras a las cuales se les agregaron las hojas de toronjil representándose en concentración de toronjil. Dichas hojas fueron cortadas manualmente en pequeños pedazos, no se utilizó tijera ni mortero para preservar las propiedades del toronjil. Durante el tiempo de maceración se observó que no hubo variación en el color de la bebida al añadir las hojas de toronjil, por otro lado, el aroma de la bebida donde al principio predominaba el aloe vera fue opacado

por el aroma a toronjil. En la Tabla 5. Se muestra la cantidad y tiempo de contacto del toronjil con el fermentado.

Tabla 5. Cantidad y tiempo de contacto del fermentado con el toronjil

Muestra	Masa (g)	Tiempo (h)	Volumen (mL)	Concentración (%p/v)
1	0,8788	1	50,00	1,758
2	1,072	1	50,00	2,144
3	2,155	1	50,00	4,310
4	3,126	1	50,00	6,253

Para la comparación fisicoquímica de las bebidas producidas, se procedió a colocar las características de los mismos en la Tabla 6.

Tabla 6. Características de las bebidas artesanales fermentadas

Muestra	pH	°Brix
1	3,730	24,40
2	3,830	24,20
3	3,830	24,60
4	3,920	24,60
Promedio	3,820	24,45

Para las muestras obtenidas de la bebida fermentada, se obtuvo como promedio un pH de 3,820 ácido debido a la utilización de los cristales de la aloe vera.

Como se puede apreciar en la Tabla 7. Las densidades para todas las bebidas son similares entre ellas con un promedio de 1,065 (g/mL). Esto se atribuye a la dilución del azúcar en el proceso que genero una ligera viscosidad en la bebida, además, influye la intención de la permanencia de los cristales de aloe vera en el producto final, los cuales presentan una viscosidad característica.

Tabla 7. Densidades de las muestras de las bebidas artesanales

Muestra	Densidad (g/mL)
1	1,069
2	1,061
3	1,055
4	1,075
Promedio	1,065

Para la determinación del grado alcohólico de las bebidas producidas se midieron los valores expuestos en la Tabla 8. La densidad de la muestra y la densidad del agua fueron utilizadas para el cálculo de la densidad relativa y por tanto del grado alcohólico. Para la bebida producida se obtuvo un grado alcohólico de 22.90 %, los cristales de aloe vera arrojaron un bajo contenido de azúcares, sin embargo, se logró un buen resultado en el proceso por el azúcar añadido.

A pesar de que este trabajo, no implica una comparación directa con normas, es importante destacar que cumple con la norma COVENIN 3340:1997, donde se expone que un licor debe tener un grado alcohólico no menor a 10°.

Tabla 8. Datos para la determinación de la cantidad de etanol en las bebidas artesanales fermentadas.

Muestra	Masa del cilindro vacío (g)	Masa del cilindro lleno (g)	Volumen (mL)
Alcohol destilado	26,71	31,51	5,000
Agua destilada	27,70	37,66	10,00

Se les entrego un cuestionario a 30 personas, de las cuales se obtuvieron puntuaciones correspondientes a las características de las bebidas. Se ingresaron los datos obtenidos en el programa Microsoft Excel. Se realizó un promedio aritmético, desviación estándar y el cálculo de la moda para cada muestra.

Tabla 9. Promedios aritméticos y modas para las bebidas evaluadas.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Promedio	3,680	3,850	3,860	3,900
Desviación estándar	0,3810	0,2690	0,3190	0,4520
Moda	4	4	4	5

Como se puede notar, los encuestados indicaron como mejor bebida a la muestra 4 con un promedio general de 3,900, la cual poseía la mayor concentración de toronjil. Las muestras 2 y 3 recibieron valores muy cercanos lo que implica que las variables de concentración de toronjil son similares. La muestra 1 teniendo la menor concentración de toronjil fue la menos gustosa para los encuestados, esto puede atribuirse al característico amargor que da el aloe vera.

Los valores de moda califican a las muestras en general como buenos productos, al tener una puntuación de 4 como el valor más repetido entre sus resultados. Sin embargo, la muestra 4 tuvo la calificación más alta con 5, esto se atribuye al sabor y olor a toronjil dándole más suavidad y menos amargor, lo cual indica que fue la favorita de los encuestados.

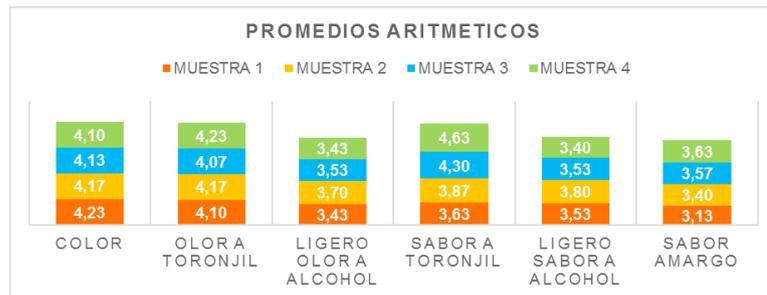


Figura 1. Resultados sensoriales según las características de las bebidas evaluadas

Los encuestados indicaron que las características de la muestra 4 exceptuando el olor y sabor a alcohol fueron las más favorecidas (ver Figura 1). En general los encuestados señalaron que el color de todas las muestras era agradable a la vista, sin embargo, la muestra 1 presento el valor más alto. La muestra 2 recibió la mayor puntuación con respecto al olor y sabor a alcohol debido a la baja concentración de toronjil.

A pesar del alto contenido de alcohol presente en todas las muestras, según los encuestados, este no fue una característica predominante en la bebida. Los encuestados detectaron que al disminuir la concentración de toronjil la bebida presentaba un sabor amargo, aunque, la proporción de cristales de aloe vera fue la misma para todas las muestras.

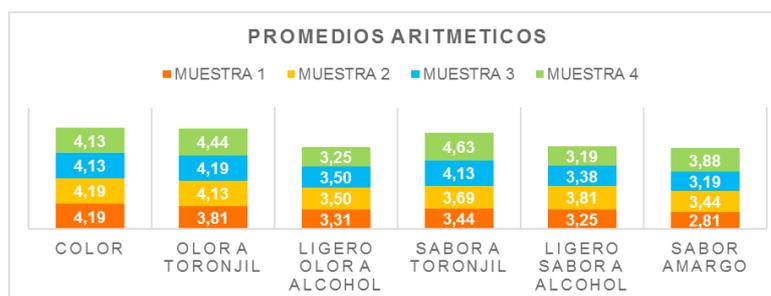


Figura 2. Resultados sensoriales del sexo femenino

Los resultados demuestran que las bebidas evaluadas, fueron de mayor agrado al sexo masculino donde predominó la característica del olor a alcohol, sabor a toronjil y la ausencia del sabor amargo. En el caso del sexo femenino, las puntuaciones otorgadas fueron menores y predominó el color.

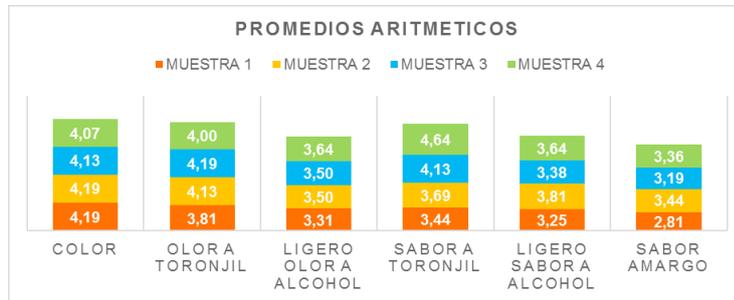


Figura 3. Resultados sensoriales del sexo masculino

Finalmente, el sexo masculino se decantó por la muestra 1 con la concentración más baja de toronjil, por ende, la más amarga, asociándolo con un mayor contenido de alcohol. El sexo femenino indicó que la bebida de su preferencia fue la muestra 4 la cual presentó la mayor concentración de toronjil, esto hizo que sintieran un sabor más suave ocultando el sabor amargo de la sábila y el contenido de alcohol.

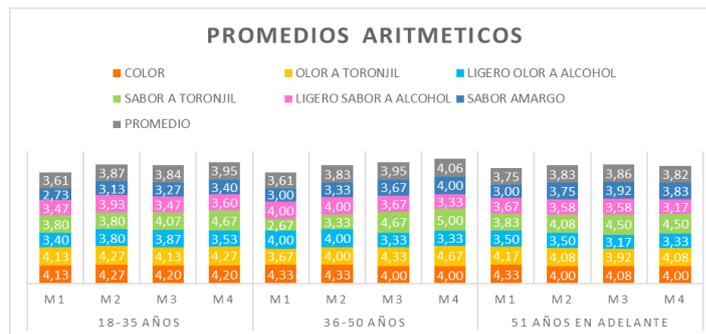


Figura 4. Resultados sensoriales según rango de edad

En la Figura 4, se muestran los resultados obtenidos para todos los rangos de edad según las características de los licores. La muestra 4 fue la ganadora para los rangos de edad de 18 a 35 años y de 36 a 50 años, en el rango de edad de 51 en adelante destacó la muestra 3 como la favorita. La muestra 1 en todos los rangos de edad se mostró como la menos agradable a los encuestados.

Las personas con 51 años en adelante presentaron los resultados más cercanos, por lo que tienen preferencias más definidas en cuanto a la compra de las bebidas.

Se tomó la muestra 4 como muestra modelo para la formulación de la bebida final. En la Tabla 10. Se reportan los indicadores fisicoquímicos para la elaboración de la bebida.

Tabla 10. Indicadores fisicoquímicos de la bebida final.

Muestra	Propiedad			
	pH	°Brix	Densidad	Grado alcohólico
1	3,97	24,1	1,0627	24,45
2	3,95	24,2	1,0685	24,45
3	3,98	24,4	1,0700	24,45

Conclusiones

Se determinó que el tiempo de fermentación de 13 días fue el mejor para la obtención de un producto que tuviese un balance adecuado entre dulzor, contenido de alcohol y amargor de los cristales de aloe vera.

En el proceso de destilación se obtuvo una concentración de etanol bastante elevada a pesar del bajo contenido de sólidos solubles en los cristales de aloe vera. El amargor característico de la sábila presente en la bebida, se fue opacando a medida que se aumentaba la concentración de toronjil en las muestras.

La muestra 4 fue escogida por los encuestados de manera general como la más agradable, teniendo esta, la más alta concentración de toronjil. Se demostró que se puede formular una bebida fermentada a partir de los cristales de aloe vera que presente a nivel fisicoquímico características aptas para su consumo, alto contenido de alcohol y buena aceptación, demostrando la eficiencia del procedimiento experimental utilizado.

Referencias Bibliográficas

- [1] Megias S., Rodríguez M., Ishishi Y., De Icaya, P. Papel de las bebidas fermentadas en el mantenimiento del peso perdido, revista *Nutrición Hospitalaria*, Vol. 33, N°4, (2016), pp 37-40
- [2] Anil, Ankit y Nagalakshmi, citado por: Banda, Desarrollo de una bebida de mora (*Rubus C*) con trozos deshidratados de sábila por osmosis e impregnación al vacío. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. (2015), (2016).
- [3] Manvitha y Bidya, Stevers, citado por: Banda, Desarrollo de una bebida de mora (*Rubus C*) con trozos deshidratados de sábila por osmosis e impregnación al vacío, Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador, (2013), (2010), (2016)
- [4] Domínguez et al., Pulok et al., citado por: Banda, Desarrollo de una bebida de mora (*Rubus C*) con trozos deshidratados de sábila por osmosis e impregnación al vacío. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador, (2012), (2014), (2016).
- [5] Calzada y Pedrozo, Evaluación fisicoquímica del gel y jugo de la hoja de sábila (*A. Barbadensis*) en diferentes prácticas del manejo, revista *Chapingo*, Vol. 4, N°2, (2007)
- [6] Moghaddasi y Komar, citado por: Banda, Desarrollo de una bebida de mora (*Rubus C*) con trozos deshidratados de sábila por osmosis e impregnación al vacío. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador, (2011), (2016)
- [7] Kuklinski, citado por: Palomino, Evaluación de la influencia de las proporciones de las hojas de cedron (*aloesia citriodora*), toronjil (*melissa officinalis*) y stevia (*stevia rebaudiana bertonii*) para la aceptabilidad de un filtro mix, Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Acobamba, Huancavelica. (2003), (2018).

Efecto de la L-arginina sobre el proceso de fermentación alcohólica de la miel de abeja

Gianpaolo Iovino, Ana Muñoz y Maria E. Da Costa

¹Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

Correo Electrónico: giovino18@gmail.com / ana_dani98@hotmail.com

Recibido: 29-01-2019

Aceptado: 01-05-2019

Resumen

El hidromiel es una bebida alcohólica obtenida mediante fermentación por levaduras de miel diluida. La producción de hidromiel es un proceso que consume mucho tiempo, debido principalmente al bajo contenido de nitrógeno de la miel de abeja. Se evaluaron dos cantidades diferentes de L-arginina como fuente nitrogenada para dos de los sustratos de fermentación, sobre las características fisicoquímicas de los mostos e hidromieles (grados Brix y densidad), así como sobre las características sensoriales del hidromiel obtenido en el menor tiempo de fermentación, en comparación con el obtenido en el tiempo estándar. Las fermentaciones fueron realizadas en un rango de 20 a 25 °C utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (*ex-bayanus*). El tiempo de fermentación se redujo en los dos hidromieles con adición de L-arginina (B: 1.05 g y C: 2.10 g) a 12 días y 21 días, respectivamente, en comparación con el A (0 g), 27 días. La adición de L-arginina al hidromiel C no influyó negativamente en el color, aroma y sabor de este, comparándolo con el A.

Palabras clave: Miel, hidromiel, fermentación alcohólica, nitrógeno, L-arginina.

Effect of L-arginine on the alcoholic fermentation process of honey bee

Abstract

Mead is an alcoholic beverage obtained by fermentation by yeasts of dilute honey. Mead production is a time-consuming process, mainly due to the low nitrogen content of honey. Two different amounts of L-arginine were evaluated as a nitrogen source for two of the fermentation substrates on the physicochemical characteristics of musts and meads (Brix degrees and density), as well as on the sensory characteristics of the mead obtained in the shortest time of fermentation, compared to that obtained in the standard time. The fermentations were performed in a range of 20 to 25 °C using *Saccharomyces cerevisiae* (*ex-bayanus*) yeast. The fermentation time was reduced in the two meads with the addition of L-arginine (B: 1.05 g and C: 2.10 g) at 12 days and 21 days, respectively, compared to A (0 g), 27 days. The addition of L-arginine to mead C did not negatively influence its color, aroma and flavor, comparing it with mead A.

Key words: Honey, mead, alcoholic fermentation, nitrogen, L-arginine.

Introducción

El sector agroindustrial de un país requiere el aprovechamiento eficaz de sus recursos; en la actualidad, la apicultura en Venezuela ha incursionado paulatinamente, debido al potencial de sus productos y la importancia que el adecuado mantenimiento de la polinización representa para el sector agrícola. Sin embargo, el consumo de miel de abeja sigue siendo muy bajo.

Se conoce como hidromiel, a la bebida resultante de la fermentación alcohólica de esta sustancia. No obstante, su producción es un proceso que suele tomar bastante tiempo, debido a la cantidad de azúcares presentes en la miel y por la deficiencia de nitrógeno en el medio fermentativo, del cual las levaduras se nutren para poder transformar los azúcares en etanol.

De allí que el propósito de esta investigación fue determinar el efecto de la L-arginina sobre el proceso de fermentación alcohólica de la miel de abeja, ya que, esta es precursora del óxido nítrico, y por ende, del nitrógeno que las levaduras necesitan.

El presente informe presenta una solución para entusiastas en fermentación que quisieran reducir el tiempo de producción. Además, se incentivaría al sector apícola del país, y por ende, a los apicultores a permanecer con la extracción. Para lograr esto, se caracterizó fisicoquímicamente la miel, se establecieron las proporciones de los compuestos de los sustratos de fermentación y se determinó el efecto de la L-arginina sobre las características fisicoquímicas de los mostos e hidromieles (grados Brix y densidad) y sobre las características sensoriales (color, aroma y sabor) del hidromiel obtenido en el menor tiempo de fermentación, comparándolo con el obtenido en el tiempo fermentativo estándar.

Parte Experimental

Para iniciar esta investigación descriptiva, se procedió a caracterizar fisicoquímicamente la miel de abeja, determinando su densidad, pH, índice de refracción y grados Brix.

Dichas determinaciones se realizaron con el fin de verificar la pureza de la miel, ya que, esta es una propiedad fundamental para éxito de la fermentación alcohólica de la misma, empleando la observación directa como principal herramienta durante los ensayos.

Después de la caracterización fisicoquímica, se procedió a establecer las proporciones de los compuestos de los sustratos de fermentación, en este caso: miel, agua, levadura y L-arginina, a través de una previa revisión bibliográfica acerca de las cantidades empleadas anteriormente; y, con base en la concentración final de nitrógeno en los mostos, se realizaron los cálculos pertinentes para hallar las cantidades de L-arginina. Una vez establecidas las proporciones, se procedió a determinar el efecto de la concentración de la L-arginina sobre el proceso de fermentación alcohólica de la miel de abeja.

En primer lugar, se procedió a esterilizar todos los materiales y recipientes con jabón líquido, agua caliente y una solución agua/alcohol. Luego, se realizó la inoculación de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (*ex-bayanus*), según las especificaciones del fabricante. Paralelamente, se prepararon los tres mostos con el agua y la miel. Después, se adicionó la levadura a los mostos y las dos cantidades de L-arginina a dos de ellos (B y C), dejando uno sin adición de esta (A).

De igual manera, se acondicionaron los botellones de vidrio contenidos de los sustratos de fermentación, colocándoles tres corchos de goma a cada uno para insertar en ellos las trampas de aire. Se ubicaron en un lugar oscuro y en un rango de temperaturas de 20 – 25 °C.

Para determinar el efecto de la adición de L-arginina sobre las características fisicoquímicas, cada tres días se realizaron mediciones de grados Brix y densidad a cada hidromiel, con apoyo en el hidrómetro Chefast, tomando como día cero (0) al día que se prepararon los fermentos. Al hacerse constantes los valores de dichas características fisicoquímicas, la fermentación primaria culminó y se realizó un trasvase, con ayuda del sifón, para eliminar la biomasa depositada en el fondo de los botellones y se procedió a realizar la última medición de densidad para determinar el grado alcohólico final de cada hidromiel.

Una vez realizado el primer trasvase, se continuó con la fermentación del líquido, denominada en este punto como maduración, para dejar decantar la turbidez de los hidromieles por 15 días más. Luego, se realizó un segundo trasvase y se añadió gelatina sin sabor, previamente hidratada, para inducir el proceso de clarificación, el cual tomó siete días. Al obtener los sólidos en el fondo, se realizó la filtración, por medio de un colador de acero inoxidable.

Finalmente, los hidromieles clarificados y filtrados, se vertieron directamente en botellas de vino de 0.70 litros, las cuales se refrigeraron hasta su posterior consumo.

Para comparar las características sensoriales (color, aroma y sabor) del hidromiel obtenido en el menor y mayor tiempo de fermentación, respectivamente, se calculó el tamaño de la muestra correspon-

diente a la población de la parroquia Altagracia (ubicación de la sede donde se llevó a cabo la prueba sensorial), y se aplicó el test de preferencia a los degustadores.

Finalmente, los datos obtenidos de ambas muestras (correspondientes a los dos hidromieles comparados), se ingresaron en el programa Microsoft Office Excel, para realizar el análisis estadístico.

Análisis y Discusión

Para verificar la pureza de la miel de abeja, se caracterizó fisicoquímicamente la misma; con el fin de proporcionar resultados precisos durante los experimentos, ya que, la miel cruda (pura) es elemento fundamental para el éxito de estos. En la determinación de la densidad, debido a que esta no fue medida directamente, se siguieron una serie de pasos y se realizaron los debidos cálculos analíticos, mediante recolección de datos, los cuales fueron tomados de la balanza analítica digital Ohaus y registrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos para la determinación de las masas de miel de abeja

Muestra (miel)	Masa del cilindro graduado vacío (g)	Masa del cilindro graduado + muestra (g)
1	27.29	41.41
2	27.67	41.95
3	30.62	44.98

Posterior a la determinación de las masas de los cilindros graduados vacíos y las masas de los cilindros contenidos de las muestras (Tabla 1), por diferencia, se determinaron las tres masas de miel, las cuales se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Masas de miel de abeja

Muestra (miel)	Masa de la miel (g)
1	14.12
2	14.28
3	14.36

Nota: el volumen de los tres cilindros graduados empleados fue de 10 mL; el cual, permaneció constante.

Posterior a la determinación de las masas de miel (Tabla 2), se halló la densidad de las muestras, cuyos valores se registran en la Tabla 3.

Tabla 3. Densidad de la miel de abeja

Muestra (miel)	Densidad (g/mL)
1	1.41
2	1.43
3	1.44
Promedio	1.43

De acuerdo con la literatura, la densidad de la miel pura varía entre 1.39 a 1.44 g/mL [1], rango entre el cual se encuentra el 1.43 g/mL expresado en la Tabla 3.

El pH de cada muestra de miel, fue medido directamente mediante el pHmetro digital Oaklon a 23 °C y 1 atm de presión; los datos fueron recolectados en la Tabla 4.

Tabla 4. pH de la miel de abeja

Muestra (miel)	pH
1	3.77
2	3.78
3	3.78
Promedio	3.78

En correspondencia con la literatura, el valor del pH promedio (3.78) expresado en la Tabla 4, se encuentra dentro del rango debido de pH para mieles puras, específicamente de 3.4 a 6.1 con un valor promedio de 3.80 [2].

Los valores correspondientes a los índices de refracción y grados Brix, fueron medidos a través del refractómetro manual ABBE Bausch & Lomb. De la misma manera, los datos tomados fueron registrados en la Tabla 5 y Tabla 6, respectivamente.

Tabla 5. Índice de refracción de la miel de abeja

Muestra (miel)	Índice de refracción
1	1.49
2	1.49
3	1.49
Promedio	1.49

El valor promedio de índice de refracción (1.49) reportado en la Tabla 5, responde al valor que debe poseer la miel para un promedio de 17.2 % de agua (cantidad de agua estrictamente requerida por la miel, en su estado de pureza), el cual corresponde a un índice de refracción aproximado de 1.49 [3].

Los valores correspondientes a los grados Brix de la miel de abeja, se registraron en la Tabla 6.

Tabla 6. Grados Brix de la miel de abeja

Muestra (miel)	°Bx
1	80.20
2	79.80
3	80.00
Promedio	80.00

El valor promedio de grados Brix determinado (80.00°) se observa en la Tabla 6, el cual concuerda con la literatura, ya que, la miel debe estar conformada por una solución sobresaturada de azúcares (sólidos solubles), representando estos un rango entre 80 – 90 % de su composición total [4]. Además, el promedio general de azúcares de la miel está alrededor del 80 %, repartido entre un 38 % y 32 % de fructosa y glucosa, respectivamente [5].

Posterior a la caracterización fisicoquímica de la miel, se procedió a determinar las proporciones de los compuestos de los sustratos de fermentación. La dilución de miel en agua comúnmente empleada es 1:3 [6], por lo que, se tomó esta relación como referencia para desarrollar los ensayos. Para 4 litros de mosto base y una producción final de hidromiel de aproximadamente 3 litros (por botellón de vidrio de 5 litros), la proporción miel/agua establecida para la parte experimental de la presente investigación fue 1:3 litros, es decir, 1 litro de miel de abeja por 3 litros de agua mineral.

Con respecto a la determinación de la cantidad de levadura *Saccharomyces cerevisiae* (*ex-bayanus*), marca LALVIN EC-1118, se empleó la cantidad sugerida de 5 gramos para un volumen de mosto base de 4 litros [6]. En este caso, cada paquete estaba contenido de 5 gramos de levadura (puede variar según el fabricante), por lo que se utilizó completo por cada botellón.

Para determinar las dos cantidades de L-arginina empleadas en dos de los sustratos de fermentación y debido a que no existen antecedentes de esta fuente nitrogenada en el proceso de fermentación alcohólica de la miel, se realizaron una serie de cálculos tomando como punto de partida 50 mgN/L de

concentración final deseada en los mostos [7], y con base en los pesos moleculares del nitrógeno y de la L-arginina, se determinaron las cantidades de este aminoácido tolerables por las levaduras.

Como primera proporción se estableció 0.53 g de L-arginina/L de mosto (2.10 g de L-arginina/4 L de mosto). Asimismo, para determinar la segunda cantidad a emplear, se tomó un valor por debajo del anteriormente establecido (2.10 g), específicamente la mitad (1.05 g/4 L de mosto), diferenciándose así la segunda cantidad empleada como 0.26 g de L-arginina/L de mosto.

Los datos tomados a través del hidrómetro, durante el seguimiento cada tres días de los grados Brix, fueron registrados en la Tabla 7 y representados gráficamente en la Figura 1.

Tabla 7. Grados Brix de los mostos e hidromieles

Muestra Día	A	B	C
	°Bx	°Bx	°Bx
0	28.00	28.00	28.00
3	23.70	19.20	17.00
6	19.20	14.70	7.50
9	14.70	10.00	5.10
12	12.30	7.50	2.50
15	10.00	5.10	2.50
18	7.50	5.10	---
21	5.10	2.50	---
24	5.10	2.50	---
27	2.50	---	---
30	2.50	---	---

De la Tabla 7, se aprecia el descenso del contenido inicial de grados Brix de los mostos a través del monitoreo de este durante la fermentación primaria, detectándose un rápido descenso inicial, el cual fue variando en función de los hidromieles. Se observó un comportamiento similar al obtenido por otros autores [8], donde la transformación de azúcares en etanol produjo una disminución en los sólidos solubles. Asimismo, fermentación alcanza su etapa final alrededor de un nivel de 4 °Bx [9].

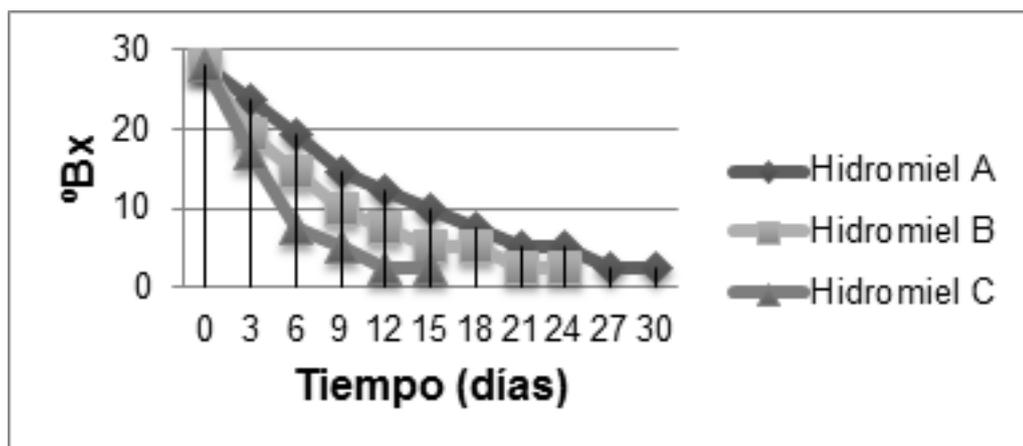


Figura 1. Cambio de °Bx de los mostos, durante la fermentación

En la Figura 1, se observa que el comportamiento de las tres rectas es decreciente. Este comportamiento responde a lo establecido por la literatura [7], y es debido a que, en la fermentación alcohólica de la miel es necesaria la transformación de los azúcares presentes, lo cual provoca una disminución en el nivel de sólidos solubles y el aumento del grado alcohólico.

De la misma forma, se realizaron mediciones de densidad, cada tres días, con apoyo en el hidrómetro; los valores se registraron en la Tabla 8 y se representaron en la Figura 2.

Tabla 8. Densidades de los mostos e hidromieles

Muestra	A	B	C
Día	ρ (g/mL)	ρ (g/mL)	ρ (g/mL)
0	1.12	1.12	1.12
3	1.10	1.08	1.07
6	1.08	1.06	1.03
9	1.06	1.04	1.02
12	1.05	1.03	1.01
15	1.04	1.02	1.01
18	1.03	1.02	---
21	1.02	1.01	---
24	1.02	1.01	---
27	1.01	---	---
30	1.01	---	---

De la Tabla 8, se observa que el valor de la densidades de los mostos, 1.12 g/mL (día 0), cumple con ser más denso que el agua (0.99713 g/mL), y menos denso que la miel (1.43 g/mL). Asimismo, la transformación de los azúcares en etanol durante la fase estacionaria, produjo una disminución en las densidades de los mostos al transcurrir los días de la fermentación primaria.

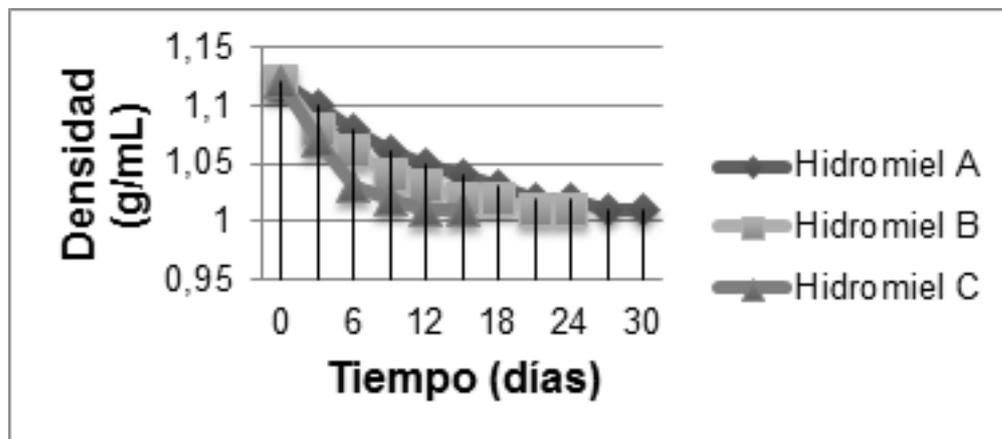


Figura 2. Cambio de la densidad de los mostos, durante la fermentación

De la Figura 2, se puede observar que el comportamiento es semejante al de los grados Brix (Figura 1), donde las tres rectas correspondientes a las densidades de cada hidromiel, son decrecientes. Este comportamiento, concuerda con lo establecido por la literatura [7], y se debe a que, durante la fase inicial de la fermentación primaria, se produjo etanol en gran medida, el cual es menos denso que el mosto.

De manera general, se observó que el mayor cambio de las variables de seguimiento (grados Brix y densidad) se obtuvo en la primera semana. En cuanto al tiempo de fermentación, medido en días, que requirió cada hidromiel para culminar sus respectivas fermentaciones primarias, estuvo en función de la cantidad de L-arginina adicionada a los sustratos.

Para una concentración inicial de 28 °Bx y una concentración final de nitrógeno de 50 mg/L en los mostos, el tiempo de fermentación es reducido a 12 días para el hidromiel C, debido a la adición de 2.10 gramos de L-arginina a este sustrato, lo cual originó una población mayor de levaduras que transformarían los azúcares en etanol, de manera más rápida.

El hidromiel B, constó de 21 días para culminar, es decir, nueve días después del hidromiel C. Esto se debe a que a este sustrato se adicionó 1.05 gramos de L-arginina, cantidad que no fue suficiente para acelerar por completo el proceso de fermentación.

Por otro lado, el hidromiel A (hidromiel de control, 0 gramos de L-arginina) tardó 27 días para culminar su período de fermentación primaria, ya que, a este sustrato no fue adicionada fuente nitrogenada alguna que serviría de nutriente para las levaduras, por lo que, tomó el tiempo que tardaría en fermentar un hidromiel estándar. Se puede afirmar que, con respecto al menor tiempo de fermentación (lo cual se traduce en menores costos de producción), el hidromiel C fue el que arrojó mejores resultados, ya que fue el producto cuya fermentación fue más rápida y lo constituye como el hidromiel más eficiente (contenido de la cantidad más adecuada de L-arginina, en función del tiempo de fermentación), en comparación con el hidromiel B, ya que este tardó 9 días más que el C para culminar su fermentación primaria.

En cuanto al contenido de etanol, no se encontraron diferencias entre los hidromieles, ya que los tres alcanzaron el mismo grado de alcohol; esto se debe a que cada uno de ellos se estabilizó en 1.12 g/mL de densidad el día de la preparación de los mostos, para que los tres estuviesen en las mismas condiciones. De igual forma, estos culminaron sus fermentaciones primarias con 1.01 g/mL de densidad, valor constante en los tres hidromieles.

La normatividad establece el valor de 6 % v/v como contenido mínimo de alcohol, para considerar una bebida tipo vino. Además, para el caso del hidromiel, se ha demostrado que el valor promedio final de alcohol está alrededor de 10 % v/v [10]. En esta oportunidad, se obtuvo un grado alcohólico de 14.18 % v/v.

Para la comparación sensorial de los hidromieles A y C, se tomó como población a la parroquia Altagracia, municipio Miranda, Zulia, Venezuela. Se entregó el test a 30 personas, 15 hombres y 15 mujeres, cuyas edades fueron distribuidas equitativamente entre los rangos: 18 – 25 años, 26 – 35 años y 36 - 55 años. El instrumento requirió marcar con una X una de las cinco categorías presentadas, las cuales se incrementaban del 1 (menor) al 5 (mayor), cuya escala de intervalo fue: 1 = muy inferior, 2 = inferior, 3 = igual, 4 = superior y 5 = muy superior.

La distribución general de las puntuaciones obtenidas en las cinco categorías u opciones de respuestas, en función de las tres características evaluadas (color, aroma y sabor de los hidromieles A y C), se encuentra plasmada en las Figuras 3, 4 y 5. En primer lugar, la Figura 3 representa gráficamente las puntuaciones resultantes de la comparación del color.

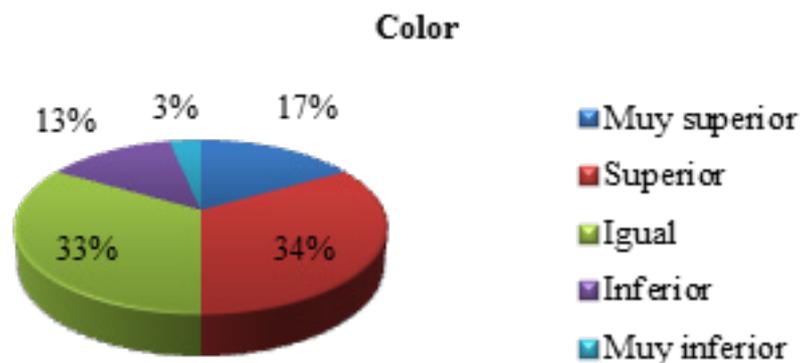


Figura 3. Porcentajes obtenidos en cada categoría, con respecto al color

De la Figura 3, se observa que la puntuación predominante en el color fue la número 5 (superior), indicando que el hidromiel C era superior al A, a simple vista, con el 34 % de elecciones.

Seguidamente, la puntuación número 3 (igual), con una diferencia de la primera en un punto, indicando que los hidromieles eran iguales con un porcentaje de 33 %. Luego, está la puntuación de

5 (muy superior) con 17 %, seguida de la puntuación 2 (inferior) con 13 % y, por último, con 3 %, la puntuación de 1 (muy inferior).

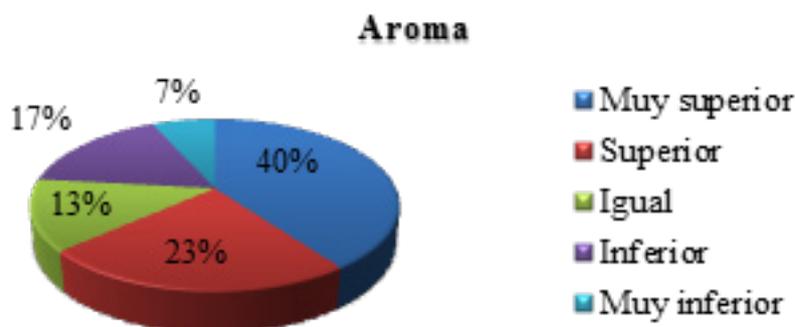


Figura 4. Porcentajes obtenidos en cada categoría, con respecto al aroma

En la Figura 4 se muestra la distribución, en porcentajes, de las puntuaciones correspondientes a las cinco categorías presentadas en el test para el aroma. La puntuación predominante, con 40 %, fue la número 5 (muy superior), lo que significa que la mayoría de los degustadores percibieron el aroma del hidromiel C como muy superior, en comparación con el aroma del A. Seguidamente, se encuentra la puntuación número 4 (superior), con 23 %, indicando, de igual forma, que el aroma del hidromiel C fue superior, con respecto al A.

Una pequeña parte de la muestra de la población puntuó el aroma del hidromiel C con el número 2 (inferior), constituyendo el 17 % de las puntuaciones. Igualmente, el 13 % señaló que los aromas eran similares, con el número 3. Por último, el 7 % de las puntuaciones correspondieron al número 1 (muy inferior), indicando que el aroma del hidromiel C fue muy inferior que el del A.

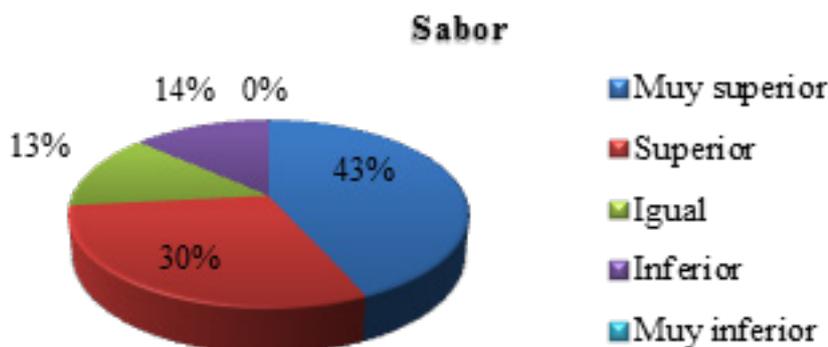


Figura 5. Porcentajes obtenidos en cada categoría, con respecto al sabor

De la Figura 5, se observó que el sabor obtuvo una puntuación predominante de 5 (muy superior), con el 43 %. Asimismo, se obtuvo un 30 % correspondiente a la puntuación número 4 (superior), indicando que el sabor del hidromiel C fue superior al del A. Seguidamente, se encuentra la puntuación número 2 (inferior) con el 14 %. Luego, está la puntuación número 3, con el 13 %, indicando igualdad de los sabores.

Cabe destacar que, la puntuación número 1 obtuvo 0 %, indicando que el hidromiel C no fue muy inferior que el A, en cuanto al sabor; por lo que, se puede afirmar que esta propiedad organoléptica no es afectada significativamente por la rápida fermentación debida a la adición de 2.10 gramos de L-arginina al hidromiel C.

Conclusiones

Se verificó la pureza de la miel de abeja al comparar los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica con los valores establecidos por la literatura, encontrándose estos en correspondencia.

La adición de la L-arginina a dos de los mostos permitió reducir el tiempo de fermentación en 6 días para el hidromiel B (1.05 g de L-arginina) y en 15 días para el C (2.10 g), con respecto al A (0 g).

Se evidenció una abundancia de nutrientes en los sustratos, durante los primeros siete días de fermentación, viéndose reflejado este comportamiento en una pendiente decreciente y 3pronunciada en los grados Brix y densidad.

El grado alcohólico final fue de 14.18 % v/v en los tres hidromieles, obtenido a partir de la elaboración de mostos con diluciones de miel en agua de 28 °Bx.

Referencias Bibliográficas

- [1] Suescún L. y Vit P., Control de calidad de la miel de abejas producida como propuesta para un proyecto de servicio comunitario obligatorio, *Fuerza farmacéutica*, Vol.1, No. 1, (2006), p. 81 – 82
- [2] Finola M., Lasagno M. y Marioli J., Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina, *Food Chemistry*, Vol. 2, No. 100, (2007), p. 1649 – 1653.
- [3] Crane E., Índice de refracción de mieles de diferentes contenidos de agua, (1975). Recuperado el 05/02/2019 de https://apicultura.fandom.com/wiki/Humedad_en_miel
- [4] Persano O. y Piro R., Main European unifloral honeys: descriptive sheets, *Apidologie*, Vol. 1, No. 35, (2004), p. S38 - S81
- [5] Cotte H., Casablanca S., Chardon J. y Lheritier G., Application of carbohydrate analysis to verify honey authenticity. *Journal of Chromatography A*, Vol. 5, No. 1021, (2003), p. 145 – 155.
- [6] Williamson K. (Editorial: Pachamista). *Hidromieles y vinos caseros*, Santiago de Chile, Chile, (2017), p. 3-5, 18, 19.
- [7] Blanco A., Quicazán M. y Cuenca M., Efecto de algunas fuentes de nitrógeno en la fermentación alcohólica de miel, *Vitae*, Vol. 19, No. 1, (2012), p. 234 – 236
- [8] Vidrih R. y Hribar J., Studies on the sensory properties of mead and the formation of aroma compounds related to the type of honey. *Acta Alimentaria*, Vol. 36, No. 2, (2007), p. 151 – 162
- [9] Queris J. (Editorial Andrade), *Memorias curso fermentación de vinos y vinagres de fruta*, Bogotá, Colombia, (2010), p. 55 – 60.
- [10] Mendes-Ferreira A., Cosme F., Barbosa C., Falco V., Ines A. y Mendes-Faia A. Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production, *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 1, No. 144, (2010), p. 193 – 198

Una aplicación del rango numérico esencial a la teoría de operadores

Edixo Rosales

Departamento de Matemáticas, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela.

Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo-Venezuela.

Correo Electrónico: edixorosales@gmail.com

Recibido: 12-02-2019

Aceptado: 21-05-2019

Resumen

Este trabajo estudia el rango numérico esencial de un operador en relación con su propiedad de casi regularidad.

Palabras clave: Rango numérico esencial, espacio reflexivo, operador casi regular.

An application of the essential numerical range to operator theory

Abstract

This paper studies the essential numerical range of an operator in connection with its property of almost regularity.

Keywords: Essential numerical range, Reflexive Space, Almost regular operator.

Introducción

Sea X un espacio de Banach complejo y $B(X)$ sus operadores acotados. Un subespacio M de X será cerrado en la topología de la norma. Si $T(M) \subset M$ se dirá que M es invariante para T y que $M \in \text{lat}(T)$.

Un operador $K \in B(X)$ se dirá compacto, si dada una sucesión $\{x_n\}$ en X acotada, existe una subsucesión $\{x_{n_k}\}$ y un vector $y \in X$, tal que $x_{n_k} \rightarrow y$ en la topología de la norma. Se denotará por $K(X)$ la familia de los operadores acotados.

Dado $T \in B(X)$, por el rango numérico de un operador T , se entenderá el conjunto de los números complejos $W_e(T|M) = \{f(T) : f \in X^* \text{ con } f(I) = \|f\| = 1, f(K) = 0, \forall K \in K(X)\}$. Aquí X^* denota el espacio de las funcionales acotadas sobre el espacio de Banach X .

Una sucesión $\{x_n\}$ en X converge débilmente a un vector $x \in X$, si $f(x_n) \rightarrow f(x)$ para toda $f \in X^*$. Diremos que $x_n \rightarrow x$ débilmente. Es conocido que si $K \in K(X)$ y $x_n \rightarrow x$ débilmente, entonces $K(x_n) \rightarrow K(x)$ en la topología de la norma.

Nuestro principal objeto de estudio son los operadores reflexivos. Dado un espacio de Banach complejo X , se define para cada $x \in X$ el funcional $J_x \in (X^*)^* = X^{**}$ definido por $J_x(f) = f(x), \forall f \in X^*$.

Se tiene que $\|J_x\| = \|x\|$ y por lo tanto la aplicación $J: X \rightarrow X^{**}$ dada por $J(x) = J_x$ es una isometría. Si $J: X \rightarrow X^{**}$ es sobreyectiva, se dice que el espacio de Banach X es reflexivo. Es conocido que si X es espacio de Banach reflexivo y M es un subespacio de X , entonces M y M^* son reflexivos.

Un operador $T \in B(X)$ se dirá que es casi regular, si para cada $M \in \text{lat}(T)$, el espacio de Banach $\frac{M}{T(M)}$ es de dimensión infinita. Aquí $\overline{T(M)}$ indica la clausura topológica en la norma.

Los conceptos básicos del análisis funcional, el lector los puede seguir en las referencias [1], [2] y [3]. Los de rango numérico esencial en las referencias [4] y [1].

Sucesiones Básicas

Sea X un espacio de Banach y $\{x_n\}$ en X una sucesión infinita. Se dice que $\{x_n\}$ es una base de Schauder para X , si todo x en X se puede escribir de manera única de la forma $x = \sum_{n=1}^{+\infty} \alpha_n x_n$. Si además $\|x_n\| = 1, \forall n \geq 1$, se dice que $\{x_n\}$ es una base de Schauder normalizada.

Una sucesión $\{x_n\}$ en X se dice básica, si para el subespacio cerrado generado $M = [x_n : n \geq 1]$, $\{x_n\}$ es una base de Schauder para M .

Si $\{x_n\}$ es una base de Schauder para X y $x = \sum_{n=1}^{+\infty} \alpha_n x_n$, la aplicación $x^*(x) = \alpha_n$ es una funcional lineal continua. Además las proyecciones $P_n(\sum_{k=1}^{+\infty} \alpha_k x_k) = \sum_{k=1}^n \alpha_k x_k$ son operadores continuos y uniformemente acotados. Es decir existe una constante C , tal que $\sup \|P_n\|_{n \geq 1} \leq C$. A se le llama la constante asociada a la base de Schauder $\{x_n\}$, y tiene la importante propiedad de que $1 \leq \|x_n\| \|x_n^*\| \leq 2C$. Por lo tanto si $\{x_n\}$ es además normalizada, entonces $1 \leq \|x_n^*\| \leq 2C$, de lo que se deduce que $\left\{ \frac{1}{\|x_n^*\|} \right\}$ es una sucesión acotada.

Si $\{x_n\}$ es una base de Schauder para X , es conocido que $\{x_n^*\}$ es una sucesión básica para X^* , y si X^* es de Banach reflexivo, realmente $\{x_n^*\}$ es una base de Schauder para X^* .

En un espacio reflexivo X , toda sucesión básica normalizada cumple que $x_n \rightarrow 0$ débilmente. Esta propiedad es fundamental para nosotros. Bosquejamos su prueba debido a su importancia. Considere $M = [x_n : n \geq 1]$ el que es reflexivo y por lo tanto $M^* = [x_n^* : n \geq 1]$.

Sea $f \in X^*$, luego el funcional restringido $f|_M \in M^*$. Si $f|_M = 0$, es claro que $f(x_n) \rightarrow 0$. Si $f|_M \neq 0$, $f|_M = \sum_{n=1}^{+\infty} \alpha_n x_n^*$ y por lo tanto $\|\alpha_n x_n^*\| = |\alpha_n| \|x_n^*\| \rightarrow 0$ y como $\left\{ \frac{1}{\|x_n^*\|} \right\}$ es una sucesión acotada, se deduce que $|\alpha_n| = \frac{\|\alpha_n\| \|x_n^*\|}{\|x_n^*\|} \rightarrow 0$.

Finalmente $f|_M(x_n) = \alpha_n \rightarrow 0$, lo que prueba lo afirmado.

El siguiente lema es fundamental para nuestros resultados:

Lema 2.1: Si X es un espacio de Banach y $T \in B(X)$, $x_n \in X, \|x_n\| = 1$ con $x_n \rightarrow 0$ débilmente y $f_n \in X^*, f_n(x_n) = \|f_n\| = 1, f_n(T(x_n)) \rightarrow 0$ en norma, entonces $0 \in W_e(T)$.

Demostración

Si definimos $g_n(A) = f_n(A(x_n)), \forall A \in B(X)$, tenemos que $g_n(I) = \|g_n\| = 1$ y existe una subsecuencia $g_{n_k} \rightarrow g$ débilmente*, es decir $g_{n_k}(A) \rightarrow g(A)$ en norma de los operadores, para todo $A \in B(X)$. Se prueba que $g(I) = \|g\| = 1$. Por lo tanto $g_{n_k}(T) \rightarrow g(T) = 0$. Sea ahora $K \in K(X)$, sabemos que $K(x_n) \rightarrow 0$ en norma y como $|f_n(K(x_n))| \leq \|K(x_n)\|$, se deduce que $f_n(K(x_n)) \rightarrow 0$ en norma. Usando el hecho de que $g_{n_k}(K) = f_{n_k}(K(x_n)) \rightarrow g(K) = 0$, se deduce lo pedido.

Una lectura profunda de las sucesiones básicas se puede seguir en la referencia [5].

Para temas relativos a subespacios invariantes se puede consultar la referencia [6]

3. Aplicación del Rango Numérico Esencial a la Teoría de Operadores

Teorema 3.1: Sean X un espacio de Banach reflexivo y $T \in B(X)$; entonces $\lambda \in W_e(T)$, si y sólo si, $\lambda \in W_e(T')$.

Demostración

(\Rightarrow) Supongamos que $\lambda \in W_e(T)$, existe $f \in B(X)^*$ tal que $\lambda = f(T)$, con $f(I) = \|f\| = 1$ y $f(K) = 0$ para todo .

Se quiere probar que existe tal que , con y para todo $K \in K(X^*)$.

Sea $A \in B(X^*)$ y consideremos el operador $A' : X^{**} \rightarrow X^{**}, A'(J_x) = J_y$

Se define $\tilde{A}(x) = y$. Es de rutina ver que \tilde{A} está bien definida y que $\tilde{A} \in B(X)$.

Es natural definir $\tilde{f}(A) = f(\tilde{A})$. Veamos que $\tilde{f} \in B(X^*)^*$.

Si $A, B \in B(X^*)$, entonces $(A+B)'(J_x) = (A'+B')(J_x) = A'(J_x) + B'(J_x) = J_{y_1} + J_{y_2} = J_{y_1+y_2}$.

Se deduce que $(\tilde{A} + \tilde{B}) = \tilde{A} + \tilde{B}$, luego $\tilde{f}(A+B) = f(\tilde{A}) + f(\tilde{B})$.

De manera análoga $\tilde{f}(\alpha A) = f(\alpha \tilde{A}) = f(\alpha \tilde{A}) = \alpha f(\tilde{A})$.

Por otro lado $\|\tilde{f}(A)\| = \|f(\tilde{A})\| \leq \|f\| \|\tilde{A}\| \leq \|f\| \|A\| = \|f\| \|A\|$, de lo que se deduce que $\tilde{f} \in B(X^*)$. De lo anterior deducimos que $\|\tilde{f}\| \leq \|f\| = 1$ y como $\tilde{I} = I$, se tiene que $\tilde{f}(I) = f(\tilde{I}) = f(I) = 1$ y por lo tanto $\|\tilde{f}\| = 1$.

Sea $K \in K(X^*)$, se quiere demostrar que $\tilde{K} \in K(X)$

Dada una sucesión acotada $\{x_n\}$ en X , como $K' \in K(X^{**})$, luego $K'(J_{x_n}) = J_{y_n}$. Existe por lo tanto $J_{y_{n_k}} \rightarrow J_y$. Por definición $\tilde{K}(x_{n_k}) = y_{n_k} \rightarrow y$, lo que prueba la compacidad de \tilde{K} . Se tiene que $\tilde{f}(K) = f(\tilde{K}) = 0$.

Se finaliza el directo

(\Leftarrow) Si $\lambda \in W_e(T')$, existe $f \in B(X^*)$ tal que $f(I) = \|f\| = 1$ con $f(K) = 0, \forall K \in K(X^*)$

Se define $\tilde{f}(A) = f(A'), \forall A \in B(X)$. De manera directa se prueba que $\tilde{f}(T) = \lambda \in W_e(T)$.

El siguiente es nuestro principal resultado:

Teorema 3.2: Si X es un espacio de Banach reflexivo, $T \in B(X)$ es un no casi regular operador, entonces existe $M \in \text{lat}(T)$, tal que $0 \in W_e((T|M)')$.

Demostración

Como T no es casi regular operador, existe un $M \in \text{lat}(T)$ tal que $\frac{M}{T(M)} = T(M)^\perp \subset M^*$ es subespacio de dimensión infinita.

Sea $\{f_n\}$ una sucesión básica normalizada en $T(M)^\perp$. Sabemos por el teorema de Hahn-Banach, que existen $\gamma_n \in M^{**}$, tales que $\gamma_n(f_n) = \|\gamma_n\| = 1$. Por ser M^* reflexivo, se tiene que M^{**} es reflexivo, luego $\gamma_n = J_{x_n}$ con $x_n \in M$.

Por otro lado $\gamma_n((T|M)')(f_n) = \gamma_n(f_n \circ (T|M)) = f_n(T(x_n)) = 0$, para todo $n \geq 1$. Como M^* es reflexivo, tenemos que $f_n \rightarrow 0$ débilmente.

Se deduce por el lema 2.1 que $0 \in W_e((T|M)')$.

Corolario 3.3: Si X es un espacio de Banach reflexivo y $T \in B(X)$, $T = \lambda I + K$ ($\lambda \neq 0$) con $K \in K(X)$; entonces T es un operador casi regular.

Demostración

De lo contrario, T es un no casi regular operador, y por lo tanto existe un $M \in \text{lat}(T)$, tal que $0 \in W_e((T|M)')$ (por el teorema anterior).

Notemos que $(T|M)' = T'|M^* = \lambda(I|M^*) + K'|M^*$ con $K'|M^*$ compacto.

Sea $f \in B(M^*)^*$, tal que $f(I) = \|f\| = 1$ con $f(F) = 0$ para cada $F \in K(M^*)$, $f((T|M)') = 0$

Como $f((T|M)') = f(\lambda(I|M^*)) + f(K'|M^*) = \lambda f(I|M^*) = \lambda = 0$, lo que es una contradicción de la hipótesis.

Nota 3.4 Pregunta: ¿Si X es un espacio de Banach reflexivo, $T \in B(X)$ tal que $0 \notin W_e(T)$; entonces T es un operador casi regular?

Referencias Bibliográficas

- [1] Dowson H. (Academic Press), Spectral Theory of linear Operator, (2007)
- [2] Fernández C. Introducción a los Espacios de Hilbert, Operadores y espectros. UNED, (2015)
- [3] Schechter M. (Academic Press), Principles of Functional Analysis., New York and London, (1971)
- [4] Bonsal F. & Duncan J. (Cambridge University Press), Numerical Range II, (1971)
- [5] Carotthers N., A short Course on Banach Space Theory, Department of mathematics and Statistics Bowling Green State University, (2007)
- [6] Rosales E., Operadores Uniformemente Estables y Subespacios Invariantes, Revista Bases de la Ciencia, Vol. 4, No. 1, (2019)

Tiempos de ruptura y regeneración en una torre de adsorción empacada con SiO_2 y Al_2O_3 durante la remoción de $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ y H_2O de una corriente de C_6H_{12}

Julio Moreno¹, Oscar Urdaneta¹, Humberto Hernandez¹, Édison Alcantara¹ y Edgar Cuicas²

¹Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo Venezuela.

²Departamento Técnico. Planta de PLBD. Poliolefinas Internacionales C.A. Maracaibo Venezuela.

Correo Electrónico: juliomoreno20@gmail.com

Recibido: 15-11-2019

Aceptado: 20-03-2020

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo la estimación de los tiempos de ruptura y regeneración de una columna empacada con unos lechos de SiO_2 y Al_2O_3 para remover H_2O y $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ de una corriente de C_6H_{12} , usado como solvente en la producción de polietileno lineal de baja densidad. Se consideró para la remoción de H_2O , un lecho de Al_2O_3 con una altura igual a 0,93 m y para remover $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$, un lecho de SiO_2 de 3,3 m de altura. Las capacidades de adsorción para los sólidos fueron cedidos por los fabricantes de los mismos. El tiempo de ruptura de la columna fue de 72 h. El uso de cada uno de los empaques a la ruptura fueron 70,1 y 96,6% para SiO_2 y la Al_2O_3 respectivamente. El tiempo para la purga de las impurezas adsorbidas ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ y H_2O) fue estimado en 6,5 horas.

Palabras claves: Lecho, ruptura, regeneración y tiempo.

Breakthrough and regeneration time in an adsorption tower packed with SiO_2 and Al_2O_3 during $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ y H_2O removing from a C_6H_{12} stream

Abstract

The present work had as a main objective the estimation of the breakthrough and the regeneration time for an adsorption tower packed with of SiO_2 and Al_2O_3 to remove H_2O and $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$, from a C_6H_{12} flowrate used as a solvent in the production of low-density lineal polyethylene. It was considered to remove water, a pack of Al_2O_3 with 0.93 m of length; and for removing methyl ethyl ketone one of SiO_2 of 3.3 m of length. The manufacturer of SiO_2 and Al_2O_3 gave each adsorption capacity. The breakthrough time was 72 hours. The percentage of usage for the bed at breakthrough time was in 70.1 and 96.6% for Al_2O_3 and SiO_2 respectively. The regeneration time necessary to purge all the adsorbed impurities ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ y H_2O) was estimated in 6.5 hours.

Key words: Bed, breakthrough, regeneration and time.

Introducción

Una de las técnicas de producción de polietileno lineal de baja densidad a nivel industrial es aquella en la que usa un solvente como elemento de transporte del polímero en solución [1]. La característica principal de dicho solvente es que el mismo debe ser capaz de disolver el monómero, los catalizadores y el polímero para garantizar el manejo correcto los reactivos y el producto durante el proceso [1]. Otra característica fundamental del solvente es que debe poseer una pureza adecuada, ya contaminantes como especies carbonilo o agua generan la desactivación de las especies catalíticas necesarias para la síntesis del polietileno [1].

La aparición de especies $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ y H_2O , que envenenan los catalizadores o fomentan problemas durante la polimerización, son en muchos casos generadas durante el proceso mismo de síntesis del

polietileno, y deben ser retiradas del proceso en una etapa de purificación del solvente previo a la etapa de reacción, y de esta manera, garantizar la pureza requerida del mismo para su uso en el proceso de producción [1].

La eliminación de impurezas como el agua puede hacerse a través de adsorción física, ya que la misma, al poseer un momento dipolar, debido a que el oxígeno tiene una densidad de carga negativa, y asociado a los hidrógenos, una densidad de carga positiva [2, 3], esa misma condición de polaridad hace que las moléculas de agua se atraigan entre sí, o entre otros grupos funcionales que contengan H, o grupos OH⁻ en la estructura superficial de un sólido adsorbente; por medio de una interacción molecular de asociación llamada puente de hidrógeno [2, 3]. Para la C₄H₈O, el grupo funcional R₂C=O es un centro para la interacción entre ella y otras estructuras, ya que el enlace polar se comporta como electrófilo en el núcleo de carbono con carga parcial positiva. La insaturación en el enlace carbono-oxígeno, unida a la mencionada polaridad del enlace C=O permite la interacción con un nucleófilo, por ejemplo el hidrógeno ubicado en la superficie de un sólido adsorbente, es decir un grupo silanol superficial [3].

Debido a que los sólidos Al₂O₃ y SiO₂ poseen estructuras polares [2, 3] o centros activos, producto de la fractura o las irregularidades en cada una de las estructuras superficiales de los adsorbentes [4, 5], son posibles las interacciones de adhesión entre las moléculas de C₄H₈O y H₂O que son transportadas en la corrientes de proceso, este caso, el C₆H₁₂ como solvente y la superficie porosa de los sólidos adsorbentes [5].

Por las razones mencionadas anteriormente, es posible utilizar la operación unitaria de adsorción en una columna empacada con un lecho de Al₂O₃ y SiO₂ para mejorar el sistema actual de purificación de solvente, el cual consta con dos columnas de adsorción empacadas con dos lechos alúmina activada y óxido de silicio cada una y que trabajan de manera alternada, esto es, una en columna en ciclo de proceso y otra en el de regeneración, con la adición de una tercera columna para trabajar en serie con la que está en el ciclo de proceso mientras la otra está en regeneración y así garantizar la pureza requerida del solvente evitando el envenenamiento del catalizador. Adicionalmente, si se garantiza el tiempo correcto de uso del lecho (tiempo de ruptura) y el tiempo necesario para la regeneración del mismo; se podría garantizar aún más la pureza requerida por el solvente, evitando problemas de alta demanda de complejos catalíticos Ziegler-Natta durante la reacción (envenenamiento), y otros temas asociados a desactivación de catalizadores durante la reacción.

Fundamentos Teóricos

1. Adsorción de Gases y Vapores en Sólidos

Cuando un gas o vapor es puesto en contacto con una superficie sólida limpia, algunas moléculas serán adheridas a la superficie en forma de una capa. Generalmente el sólido es llamado adsorbente y el gas o vapor que se adhiere adsorbato [5, 6, 7].

Cualquier sólido es capaz de adsorber cierta cantidad de gas, y dicha cantidad será dependiente de la temperatura, presión y el área de contacto efectiva del material. Los más notables adsorbentes poseen una alta porosidad. La relación a una dada temperatura de equilibrio y la cantidad de gas adsorbido es conocida como isoterma [6, 7]. La adsorción reduce el desbalance de las fuerzas atractivas que existen en la superficie y como consecuencia la energía libre superficial del sistema heterogéneo [6, 7].

2. Adsorción Física

La adsorción física o adsorción de "Van der Waals", fenómeno fácilmente reversible, es el resultado de las fuerzas intermoleculares de atracción entre las moléculas del sólido y la sustancia adsorbida. Por ejemplo, cuando las fuerzas atractivas intermoleculares entre un sólido y un gas son mayores que las existentes entre sí mismo, el fluido se condensará sobre la superficie del sólido, aunque su presión sea menor que la presión de vapor que corresponde a la temperatura predominante. El calor de adsorción es similar al calor de condensación [6 y 7].

3. Operación de Adsorción

Un método muy usado para la adsorción de solutos de líquidos o gases emplea un lecho fijo de partículas granulares. El fluido que se va a tratar se hace descender a través del lecho empacado a una tasa de flujo constante [6, 8].

En el proceso de lecho fijo son importantes las resistencias a la transferencia de masa, ya que el proceso se lleva a cabo en estado no estacionario. La eficiencia del proceso depende de la dinámica global del sistema, y no solo de las consideraciones de equilibrio. Las concentraciones del soluto en la fase fluida y en la fase adsorbente sólida cambian con el tiempo y también con la posición en el lecho fijo conforme prosigue la adsorción. En la entrada del lecho se supone que el sólido no tiene soluto al principio del proceso; a medida que el fluido entra en contacto con la entrada del lecho, se realiza la mayor parte de la transferencia de masa y de la adsorción. Cuando el fluido pasa a través del lecho, su concentración va disminuyendo muy rápidamente con la distancia hasta llegar a cero antes del final del lecho [6, 8].

4. Regeneración del Lecho Gastado (Elución)

La desorción del soluto adsorbido mediante un disolvente se conoce como elución y el disolvente de desorción como el eluyente. El eluido está formado por la corriente efluente que contiene el soluto desorbido y el disolvente de elución [5, 6, 8]. El proceso de regeneración se puede llevar a cabo por [6, 8]:

1.-Elevar la temperatura del lecho hasta el punto de saturación de la especie adsorbida a la presión de operación.

2.-Bajar la presión por debajo del punto de saturación a la temperatura del lecho, logrando la evaporación de la especie desorbida. Hay que agregar calor para evitar la disminución de la temperatura por efecto de evaporación.

3.-Hacer pasar una corriente de gas inerte por el adsorbente manteniendo la presión parcial de gas adsorbido por debajo de la presión de equilibrio del adsorbato en el sólido.

4.- Se puede hacer pasar un gas inerte caliente para lograr vaporizar la especie, manteniendo una presión parcial menor a la de saturación y aprovechando el arrastre.

5. Adsorbedores de Lecho Fijo en Estado no Estacionario

Debido a la inconveniencia y al costo relativamente alto de transportar continuamente partículas sólidas, lo cual es necesario en las operaciones de adsorción en estado estacionario, es más económico hacer pasar la solución que se va a tratar a través de un lecho estacionario de adsorbente. Al aumentar la cantidad de fluido que pasa a través de este lecho, el sólido adsorbe cantidades mayores de soluto y predomina un estado no estacionario. Esta técnica de adsorción se utiliza ampliamente y se aplica en campos tan diversos como la recuperación de vapores de disolventes valiosos a partir de gases, purificación del aire (como en las máscaras de gases), deshidratación de gases y líquidos, decoloración de aceites minerales y vegetales, concentración de solutos valiosos a partir de soluciones líquidas [5, 6, 8].

6. Onda de Adsorción y Punto de Ruptura

Considérese el caso de una solución binaria que contiene un soluto a adsorber, cuando el fluido pasa continuamente a través del lecho profundo del adsorbente, que al principio está libre de adsorbato, la capa superior de sólido, en contacto con la solución adsorbe el soluto rápida y efectivamente; el poco remanente de soluto en la solución queda prácticamente eliminado por las capas en la parte inferior, y el efluente del fondo del lecho está prácticamente libre de soluto. Luego de un periodo de operación, la capa superior del lecho está prácticamente saturada; y mientras continúa fluyendo la solución, la zona de adsorción se mueve hacia abajo como una onda, cuando la parte inferior de la zona de adsorción ha alcanzado el fondo del lecho y la concentración del soluto en el efluente ha aumentado bruscamente hasta un valor apreciable definido por primera vez, se dice que el sistema ha alcanzado el “punto de ruptura” [5, 6, 8].

7. Características superficiales de la Al₂O₃

La composición química superficial de la Al₂O₃ se caracteriza por una alta población de especies Al-O-Al y Al-OH con distintos grados de interacción entre sí [9]. En cuanto a su morfología, la alúmina es un sólido cristalino [4], mesoporoso con una isoterma de adsorción clase IV, según la clasificación BET e histéresis de desorción de tipo A, correspondiente a poros cilíndricos de área transversal bastante uniforme y de radio entre 9 y 29 nm, abiertos por ambos extremos. Su área superficial está alrededor de 130 m²/g, el volumen de poro varía entre 0,47 y 0,56 cm³/g [9, 10, 11, 12].

8. Características superficiales del SiO₂

La superficie de la sílice está cubierta de grupos OH⁻, con distintos grados de interacción y estructuras Si-O-Si. Las interacciones O-H del grupo silanol producen una superficie electronegativa generando sitios ácidos de Brønsted, que aumentan en función del grado de coordinación del grupo. Estos sitios son lugares de fácil interacción con moléculas polares [5]. El área superficial de la sílice oscila alrededor 220 m²/g [5]. Su diámetro promedio de poro está entre 6 y 25 nm. Su isoterma de adsorción está clasificada como tipo II según el método BET, indicando la adsorción primeramente en los poros y luego en la superficie del sólido, su lazo de histéresis corresponde a uno tipo G, típico de poros cónicos cerrados por un extremo [12].

Metodología de Cálculo

En la Tabla 1 se observó que las características principales de la columna de adsorción propuesta para la purificación del solvente C₆H₁₂, las mismas fueron estimadas en un trabajo reportado por Moreno [26], en el cual se hace el dimensionamiento de la columna de adsorción considerada en este trabajo.

Tabla 1. Características de la Columna Propuesta

Diámetro (m)	Altura Al ₂ O ₃ (m)	Altura SiO ₂ (m)	Masa Al ₂ O ₃ (kg)	Masa SiO ₂ (kg)	Tiempo de contacto Al ₂ O ₃ (s)	Tiempo de contacto SiO ₂ (s)	Temperatura de adsorción (°C)	Velocidad del fluido (m/s)
1,8	0,93	3,3	1800	6000	42	149	60	0,02

En la Tabla 2 se presentan las características de los adsorbentes utilizados en la columna de adsorción para el proceso de remoción de C₄H₈O y H₂O de la corriente de C₆H₁₂ usado como solvente.

Tabla 2. Características de los adsorbentes

SiO ₂						
Densidad (kg/m ³)	Capacidad de adsorción (kg/kg)	Diámetro de partícula (mm)	Fracción vacía (ε)	Área por volumen de empaque (m ² /m ³)	Capacidad calorífica (kJ/kgK)	Diámetro de poro (nm)
720	0,08	4	0,35	760	0,92	18
Al ₂ O ₃						
Densidad (kg/m ³)	Capacidad de adsorción (kg/kg)	Diámetro de partícula (mm)	Fracción vacía	Área por volumen de empaque (m ² /m ³)	Capacidad calorífica (kJ/kgK)	Diámetro de poro (nm)
750	0,27	4	0,25	1123	1,1	24

1. Curva de Ruptura (Breakthrough)

Para la estimación de la curva de ruptura, se usará el método gráfico reportado por Hougen y Marshall [15]. Ver Figura 1.

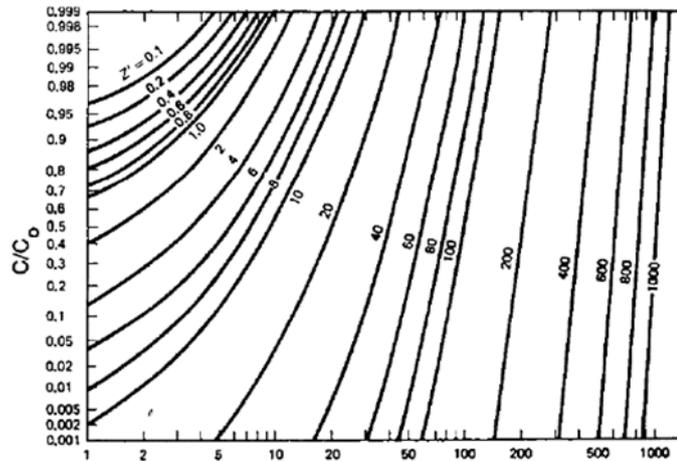


Figura 1. Relación de concentración (Co/Ci), en el efluente [15].

Para usar la Figura 1 y calcular el tiempo de ruptura, se deben determinar los parámetros longitud de lecho Z' (ecuación 1), y el parámetro tiempo τ (eje X de la Figura 1) descrito en la ecuación 2. [15]

$$Z' = \left(\frac{K_g a}{V_f} \right) * Z \tag{1}$$

$$\tau = \frac{kg_i a_i}{Kd_i \rho_i} \left(t - \frac{Z}{\frac{v_f}{\epsilon}} \right) \tag{2}$$

$$Kd_i = \frac{Q_{oi}}{\frac{m_i}{Q}} \tag{2.1}$$

El uso de los lechos en el punto de ruptura ($C_i/C_o = 0,2$) y a la saturación total ($C_i/C_o = 1$), se puede determinar por las ecuaciones 3 y 4. La eficiencia en el uso del lecho para el proceso de purificación de solvente se obtiene por medio de la ecuación 5.

$$I_{0,2} = F_{impurezas} * t_{ruptura} \tag{3}$$

$$I_1 = Q_o * X \tag{4}$$

$$\eta = \frac{I_{0,2} * 100}{I_1} \tag{5}$$

2. Premisas para el Proceso de Regeneración

El proceso de regeneración de los lechos de Al_2O_3 y SiO_2 se hará con nitrógeno como agente de elusión, tomando en cuenta la adsorción de Van der Waals de las impurezas y las características típicas de la regeneración presentadas en la Tabla siguiente [15].

Tabla 3. Condiciones para la regeneración

Temperatura de lecho saturado (°C)	60
Temperatura de lecho a regenerar (°C)	120
Temperatura de lecho regenerado (°C)	60
Presión de regeneración (bar)	1,4
Temperatura del N ₂ en regeneración (°C)	150
Velocidad de regeneración m/seg	0,16

La velocidad de regeneración se determinará por la ecuación siguiente

$$Vd = kga * \frac{(Z * A_f) * (1 - \varepsilon)}{g_i} \quad (6)$$

El tiempo de regeneración (etapa de purga) se puede estimar por:

$$tr = \frac{I_{ads}}{Vd} \quad (7)$$

4. Algunas Investigaciones Relacionadas con la Estimación del Punto de Ruptura de Manera Teórica (Revisar porque no hay tres)

Hori y colaboradores [28] realizaron estudios de punto de ruptura en lechos de carbón activado en una columna de 20 mm de diámetro interno y 240 mm de altura, con un flujo descendente de benceno en aire. En dicha investigación, los autores presentaron la siguiente ecuación para determinar el punto de ruptura al 50%

$$t_{50} = \frac{\rho_b * q_0}{v * c_o} * Z_0 \quad (8)$$

Donde:

ρ_b es la densidad del lecho (g/cm³), Z_0 corresponde a la altura del lecho (cm), c_o es la concentración de del adsorbato (g/cm³), v es la velocidad superficial (cm/s) y q_0 es la capacidad de adsorción. Para determinar el 10% del punto de ruptura los autores proponen la siguiente correlación:

$$t_{50} = \frac{\rho_b * q_0}{v * c_o} * \left(Z_0 - \frac{Za}{2} \right) \quad (9)$$

Za es igual a la altura de la zona de transferencia.

En esa misma investigación, los autores realizan una comparación de los datos para el punto de ruptura determinados experimentalmente y los generados por las correlaciones 22 y 23, obteniendo resultados similares y concluyendo que las ecuaciones anteriores reproducen el comportamiento con bastante asertividad. Inclusive, son propuestas para determinar puntos de rupturas en adsorción en lechos fluidizados.

En el mismo orden de ideas, Jonas y Rherman [29] determinaron un modelo teórico modificando la ecuación de Wheeler originalmente derivada de las ecuaciones de continuidad y balances de materiales, incorporando la capacidad de adsorción y la constante de velocidad de adsorción (K_a); permitiendo la predicción por medio de cálculos matemáticos el punto de ruptura de un lecho en servicio.

Las pruebas fueron realizadas en un equipo con carbón activado como adsorbente con un diámetro de partícula 12-30 mesh, con un área superficial de 1000 m²/g con C₃H₉O₃P, como adsorbato de

referencia y después de ejecutar las pruebas los investigadores propusieron la siguiente ecuación para determinar el punto de ruptura:

$$t_{50} = \frac{W_e * \rho_b * \ln \frac{C_o}{C_i}}{K_a * c_o} \quad (10)$$

La ecuación 24 tiene como variables ρ_b es la densidad el lecho en g/cm³, C_0 es la concentración del adsorbato g/cm³ K_a y W_e , son la constante de la cinética de adsorción y la capacidad de adsorción cinética respectivamente.

En el caso de las dos últimas variables (K_a y W_e), y luego del análisis de los datos hecho por los autores Jonas y Rherman concluyen que la constante cinética de adsorción y la capacidad cinética de adsorción pueden ser aproximados al coeficiente global de transferencia para la fase gaseosa (K_g), y la capacidad lineal de adsorción con un error no mayor al 2%. Las ecuaciones utilizadas para calcular K_a y W_e están descritas en el trabajo de Dubinin [29]. El modelo de Thomas fue aplicado por Han y colaboradores [30] para modelar la curva de ruptura de la adsorción de azul de metileno. Ver ecuación (25). K_a es el coeficiente global de transferencia de masa para la adsorción, C_a es la capacidad de adsorción.

$$\frac{C_o}{C_i} = \frac{1}{1 + \left(e^{\left(\frac{K_a * C_a}{Q} - k_a * C_o * t \right)} \right)} \quad (11)$$

Wu y Han [35], en su investigación titulada Biosorption of 2,4-dichlorophenol from aqueous solutions by immobilized Phanerochaete chrysosporium biomass in a fixed-bed column, aplicaron el modelo de Thomas encontrando buena concordancia entre los datos experimentales y los reproducidos por el modelo a partir de relaciones C_o/C_i mayores a 0,3.

Adicionalmente, aplicaron el modelo Bohart Adams encontrando un comportamiento inverso, dicho modelo reproduce los valores experimentales en la zona inicial de la curva de ruptura. En la misma investigación [35], se estiman las constantes de velociada (kL) y las capacidades de adsorción, para el proceso de adsorción y recomienda el su uso del parámetro cinético al momento de realizar simulaciones para el proceso de escalamiento. La ecuación de Bohart Adams ha sido utilizada para determinar el tiempo de servicio y la altura de lecho (si se hace t igua a 0), dados los parámetros C_o , C_i , Z , No , v y k_a [36].

$$t = \frac{No * Z}{Co * v} - \frac{1}{Ka * Co} * \ln \left[\frac{Co}{Ci} - 1 \right] \quad (12)$$

No : Capacidad de adsorción. Z : Altura de lecho. C_i , C_o : concentración a la entrada del lecho y a la salida del lecho respectivamente. v : velocidad de flujo.

Existe una correlación presentada por Asa [36] para estimar la zona de transferencia Z_a :

$$Z_a = \frac{Co * v}{\rho_b * Qo} * (t_e - t_b) \quad (13)$$

t_e y t_b son los tiempos de ruptura y final. Q_o es la capacidad de adsorción del sólido.

5. Características de operación para la columna de adsorción propuesta

Luego de la estimación de los parámetros de tiempo de operación y tiempo de regeneración, dada la columna descrita en las Tablas 1 y 2 [13], en la Tabla 6; se encuentran las tres características principales.

Tabla 4. Condiciones de Operación

Tiempo de operación (días)	3
Tiempo de regeneración (horas)	3
Flujo de regeneración (m/s)	8 veces la velocidad del flujo de proceso

5.1 Comparación entre una Columna Actual y la Columna Propuesta

En la siguiente Tabla (7) se hace la comparación entre las condiciones de operación típicas de una columna de adsorción propuesta en este trabajo, y las establecidas para la columna de adsorción similar usada actualmente para purificar el C_6H_{12} usado como solvente [14 y 26].

En dicha Tabla se observó la concordancia entre las características de una columna de adsorción similar presentada por Moreno en su investigación [13]; y las obtenidas por la metodología de cálculo aplicada en esta investigación. La única discrepancia existente se encuentra en el valor del ciclo de regeneración, dicha diferencia se puede atribuir a la incertidumbre de las correlaciones utilizadas para la estimación de la duración de la etapa de purga [14, 15], aunque dicha discrepancia se puede considerar despreciable desde el punto de vista ingenieril.

Tabla 5. Comparación entre las Condiciones de Operación típicas y determinadas

Parámetro	Actual	Propuesta
Ciclo de adsorción	72 horas	72 horas
Ciclo de regeneración	6 horas	7 horas

5.2. Consideraciones para la Determinación del Punto de Ruptura y la Etapa de Regeneración en una Columna de Adsorción

El éxito en el diseño de una columna de adsorción requiere la predicción acertada del perfil de concentración en el efluente como una función del tiempo [30, 35], y si bien el procedimiento de cálculo del tiempo de ruptura y el de regeneración utilizados en este trabajo fue de alto valor, ya que los mismos son una herramienta para la predicción del comportamiento de la columna cuando se modifican variables básicas como flujo de proceso, tipo de isoterma de adsorción (tipo de adsorbente), es obligatorio el diseño del proceso de adsorción a partir de datos de laboratorio [15].

En este mismo orden de ideas, McCabe y colaboradores [14] indica que a pesar de la cantidad de trabajos publicados relacionados con la predicción de perfiles de concentración y alturas de unidades de transferencia, las correlaciones para la transferencia de calor y masa poseen un alto grado de incertidumbre; y refuerza al igual que Walas [15] que los adsorbedores deben ser dimensionados a partir de datos de laboratorio.

Pan [31] comparó el coeficiente de transferencia de masa obtenido por medio de pruebas de laboratorio con el determinado por el uso de las correlaciones basadas en los número adimensionales de Re , Sh y Pr ; y aunque presentan una buena asertividad en la predicción del coeficiente de transferencia de masa, la diferencia encontrada entre ambos valores fue igual al 21%. Esto reforzaría lo expresado por Walas y McCabe [14 y 15] acerca de la incertidumbre generada en la aplicación de correlaciones de transferencia de masa y de calor, que debe ser minimizada con el dimensionamiento de adsorbedores a partir de datos de laboratorio.

6. Estudios Futuros

Para continuar con el proceso de diseño y puesta en operación de la columna de adsorción propuesta, se deben validar los datos obtenidos en este trabajo por medio de pruebas de laboratorio para garantizar el correcto dimensionamiento de la columna de adsorción para la purificación de C_6H_6 . También es recomendable ajustar los datos a un modelo, por ejemplo al modelo de Thomas [33 y 34], para determinar el K_g de proceso y compararlo con el determinado teóricamente en esta investigación, para tratar de dilucidar la incertidumbre de los modelos aplicados y ampliar el espectro de esta investigación [15, 30 y 31].

Conclusiones

Se estimó el tiempo de ruptura y de regeneración en 72 y 7 horas respectivamente para una columna de adsorción propuesta, cargada con 1800 kg de Al_2O_3 y 6000 kg de SiO_2 , utilizando métodos descritos en la literatura, de fácil uso y aplicable a otros procesos de adsorción.

En líneas generales, el método para el cálculo del punto de ruptura propuesto por Hougen y Marshall [15], así como el modelo de transferencia de masa aplicado para la estimación de los tiempos de ruptura y regeneración, presentaron una alta asertividad ya que sus resultados fueron similares al compararlos con el los tiempos de regeneración y servicio de una columna de adsorción similar ya existente [13].

De llevarse a cabo la instalación de la propuesta de mejora. Es decir, la columna de adsorción adicional tal y como está descrita en las Tablas de la 1 a la 5, se podría obtener una reducción sustancial en los costos de producción de polietileno lineal de baja densidad [13].

Referencias Bibliográficas

- [1] Rubin. *Materiales Plásticos, Propiedades y Aplicaciones*. 1ra edición Limusa S.A., 2004.
- [2] Hidelbrand and Powel *Principles of Chemistry*. 7ma Macnamillan Company, 1965.
- [3] Reynold. *Reaction of Organic Compounds*. 1ra Edición Wiley Toppan, 1962.
- [4] Coria, I. Variación de las propiedades superficiales a altas temperaturas en óxidos de metales de transición soportados en alúmina, para su utilización en reacciones catalíticas que involucren adsorción de gases. *Invenio* 14 (26), 141-154, 2011.
- [5] Julio Moreno. Efecto de la temperatura de calcinación de la sílice en el sistema Pt/CeO₂/SiO₂ para la oxidación de metano. Trabajo especial de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela, 2011.
- [6] Treybal. *Operaciones de Transferencia de Masa* 2da Edición Mc Graw Hill. (1988).
- [7] Shaw. *Introduction to Colloid & Surface Chemistry*. 4ta Edición Butterworth Heinemann, 1992.
- [8] Geankoplis. *Procesos de Transferencia y Operaciones Unitarias* 3ra Edición Cecsca, 1998.
- [9] Rodriguez, J., Villaquiran, C., Cobo, J. Estudio de la formación de complejos intermedios durante la síntesis de alúmina. *Material Research* 4 (4), 255-264, 2001.
- [10] Da Costa, M., Ferrer, V., Sánchez, J., Zárraga, J., Finol, D. Preparación y caracterización de un óxido mixto Ce/Tb para su uso en catalizadores TWC. *Rev. Tec. Ing. Zulia* 32 (3), 256-265, 2009.
- [11] Del Toro, R., Gutierrez, B., Diaz, Y., Gonzalez, I., Betancourt, P., Brito, J. Eliminación de contaminantes orgánicos persistentes mediante hidrot ratamiento catalítico. *Catálisis* 2 (1), 14-25, 2013.
- [12] Martín. *Adsorción de Gases y Vapores por Carbones*. 1ra Edición Universidad de Alicante, 1990.
- [13] Martinez y Rus. *Operaciones de Separación en Ingeniería Química. Métodos de Cálculos*. 1ra Edición Pearson Prentice Hall, 2004.
- [14] McCabe, Smith and Harriot. *Unit Operations of Chemical Engineering*. 4ta Edición. McGraw Hill, 1956.

- [15] Walas. Chemical Process Equipments Selection and Design. 1ra Edición. Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering, 1990.
- [16] García C., Chavez G. Sistema Cu⁺⁺- Na⁺ Dowex 50W-X8 en lecho fluidizado. Rev. Tec. Ing. Zulia 7 (1), 29-37, 1984.
- [17] Bird, Stewart and Lightfoot. Fenómenos de Transporte. 2da Edición. Ediciones Repla, S.A, 1992.
- [18] Himmelblau, Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química. 6ta Edición. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A, 1997.
- [19] Levenspiel. Flujo de Fluidos e Intercambio de Calor. 1ra Edición. Editorial Reverté, S.A, 1993.
- [20] Ried C., Prausnitz J., Poling B. Properties of Gases and Liquids. 2 da Edición McGraw-Hill, 1987.
- [21] Hottel C., Noble J., Sarofim A., Silcox G., Wankat P., Knaebel K. Perry's Chemical Engineers' Handbook. 8va Edición. McGraw-Hill, 2008
- [22] Bennett C., Myers J. Momentum, heat and Mass Transfer. 2da Edición TMH Edition, 1975.
- [23] Çengel Y., Boles M. Termodinámica. 4ta Edición Mc Graw Hill, 2002.
- [24] Montano J., Arias H., Cadavid F. Metodología para el cálculo de la distribución de temperatura transitoria en un regenerador térmico de lecho poroso. Rev. Fac. Ing. Universidad de Antioquia 41, 66-83, 2007.
- [25] Ricardo Mejia. Planteamiento de un modelo teórico de cálculo para regeneradores térmicos. Trabajo especial de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, 2000
- [26] Julio Moreno. Propuesta de mejoras al sistema de purificación de solvente/comonomero en una planta de polietileno lineal. Trabajo especial de grado. Facultad de ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta, 2006.
- [27] Hajime H., Tanaka I., and Akiyama T. Breakthrough time on activated carbon fluidized bed adsorber. JAPCA. 38 (3), 269-271, 1988.
- [28] Jonas L., Rehermann J. Predictive equations in gas adsorption kinetics. Carbon. 11, 59-64, 1973.
- [29] Han R., Wang Y., Zhao X., Wang Y., Xie F., Cheng C., Tang M. Adsorption of methylene blue by phoenix tree leaf powder in a fixed-bed column: experiments and prediction of breakthrough curves, Desalination. 245, 284-297, 2009.
- [30] Pan B., Meng F., Chen X., Pan B., Li X., Zhang W., Zhang X., Chen J., Zhang Q., Sun Y. Application of an effective method in predicting breakthrough curves of fixed-bed adsorption onto resin adsorbent. Journal of Hazardous Materials. 124, 74-80, 2005.
- [31] Brauch V., Schlünder E. The scale-up of activated carbon columns for water purification, based on results from batch test-II, Chemical engineering science, 30, 539-548, 1975.
- [32] Singh S., Tonnsend T., Mazyck D., Boyer T. Equilibrium and intra-particle diffusion of stabilized landfill leachate onto micro- and meso-porous activated carbon. Water research. 41, 491-499, 2011.

- [33] Samarghandi M., Hadi M., McKay G. Breakthrough Curve Analysis for Fixed-Bed Adsorption of Azo Dyes Using Novel Pine Cone-Derived Active Carbon. *Science & Technology*. 32, 791-806, 2014.
- [34] Wu J., Yu H. Biosorption of 2,4-dichlorophenol from aqueous solutions by immobilized *Phanerochaete chrysosporium* biomass in a fixed-bed column. *Chemical Engineering Journal*. 138, 128-135, 2008.
- [35] Sankararamakrishnan N., Kumar P., Singh Chauhan V. Modeling fixed bed column for cadmium removal from electroplating wastewater. *Separation and Purification Technology*. 63, 213-219, 2008.
- [36] Miura A. Determination of Cesium Adsorption Breakthrough Curves Using Carbonized Rice Hull and Beech Sawdust as Adsorbents. *Environment and Ecology Research* 5(6), 461-466, 2017.

Índice Acumulado 2011-2019

N° 1 Julio - Diciembre 2011

Algunas series e integrales con funciones trigonométricas

Some series and integrals with trigonometric functions

Alfredo Villalobos y Glenny García

Control mediante interconexión y asignación de amortiguamiento del sistema mecánico subactuado TORA

Interconnection and damping assignment control of the subactuated TORA mechanical system

Atilio Morillo, Maribel Pérez Pirela, Miguel Ríos y Vivian Acosta

Algunos resultados que envuelven la función hipergeométrica de Wright y el cálculo fraccional

Some results involving fractional calculus and Wright's generalized hypergeometric function

Susana Salinas de Romero y Carlos Segundo Muñoz Valencia

Eficiencia del quitosano como coagulante durante el tratamiento de aguas de baja turbidez asociadas a la producción de petróleo

Efficiency of chitosan as coagulant during treatment of low turbidity water associated crude oil production

Yaxcelys Caldera, Yim Rodríguez, Hernando Oñate, Jhosana Prato y Edixon Gutiérrez

Quitina y Quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones

Chitin and Chitosan friendly polymer. A review of their applications

Zulay Mármol, Gisela Páez, Marisela Rincón, Karelen Araujo, Cateryna Aiello, Cintia Chandler y Edixon Gutiérrez

Algunos resultados sobre la función de Bessel de dos índices y un parámetro

Some results on Bessel function of two indexes and one-parameter

Leda Galué y Greilyn Castillo

Generalización fraccional de la ecuación de Schrödinger relacionada a la Mecánica Cuántica

Fractional generalization of Schrödinger equation related to Quantum Mechanics

Shyam Kalla, Ram Kishore Saxena y Ravi Saxena

Nº 2 Enero - Junio 2012

Diseño de un equipo de desinfección por luz ultravioleta para el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización

Design of disinfection equipment for ultraviolet light to wastewater treatment with goals of reutilization

Mayra Sánchez, Nellimar Villalobos, Edixon Gutiérrez y Yaxcelys Caldera

Cinética de intercambio iónico bajo control mixto en medio lácteo

Ion exchange kinetics under mixed control in milk

Jorge Alaña, Karina Martínez, José González, Juan Hernández y César García

Contenido de fracciones orgánicas en aguas de producción de petróleo

Organic fractions in water from crude oil production

Edixon Gutiérrez, Yaxcelys Caldera, Leopoldo Ruesga, Cristina Villegas, Roscio Gutiérrez, Ninoska Paz, Edith Blanco y Zulay Mármol.

Solitones topológicos: Cúmulos de energía

Topological solitons: Lumps of energy

Ramón J. Cova

Ingeniería Química: Historia y Evolución

Chemical Engineering: History and Evolution

Cateryna Aiello Mazzarri, Zulay Mármol y Araceli Sánchez de Puertas

Comparación de las propiedades que influyen en la combustión entre el fly ash, carbón y diferentes derivados del petróleo

Comparison of the properties that influence in the combustion among the fly ash, coal and different derived of the petroleum

Analí Machado, Cezar García, Yolanda Rincón, Neyma García, José González y Juan Hernández.

Nitrobacterias en reactores biológicos rotativos de contacto (RBC) de tres cámaras bajo diferentes cargas orgánicas

Nitrobacteria in three stages rotating biological contactor (RBC) reactors under different organic loads

Julio César Marín, Evelín Castro, Elisabeth Behling, Gilberto Colina, Laugeny Díaz y Nancy Rincón.

Generalización de los polinomios de Bernoulli de índice arbitrario complejo

Generalization of Bernoulli polynomials of arbitrary complex index

Ana Isolina Prieto, Josefina Matera, Susana Salinas de Romero y Marleny Fuenmayor

N° 3 Julio - Diciembre 2012

Criterios para la gestión de los sistemas de inventarios

Criteria for management inventories systems

Alfredo Leal y Karim Oliva

Contenidos curriculares y rendimiento académico de los estudiantes en la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia

Contents curriculares and academic performance of the students in the Faculty of Agronomy of the University of Zulia

Mary Isabel Urdaneta Portillo, Gladys Sarmiento, José Hernández y Jairo Fernández

Mínimos cuadrados parciales con el método de descenso de mayor pendiente

Partial least square with method of maximum gradient descent

Eddy Jackeline Rodríguez

Usabilidad de entornos virtuales 3D colaborativos en el proceso de enseñanza–aprendizaje

Usability of collaborative 3D virtual environments in the teaching-learning processes

Carlos Arrieta

Desinfección de aguas residuales de una industria avícola para su reutilización

Disinfection of poultry industry wastewater for reuse

Edixon Gutiérrez, Anna Travaglini, Giselle Uzcátegui y Yaxcelys Caldera

Estudio comparativo entre el método de Lemke y el método de los conjuntos activos para programación cuadrática

Comparative study between Lemke's method and the active set method for quadratic programming

Marihebert Leal, Kilkenis Fuenmayor, Javier Bastidas y Susana Salinas

Nº 4 Enero - Junio 2013

Comunidades de práctica en la investigación universitaria

Communities of practice in the university research

Sergio de Pool

Representación integral de la función de Bessel de dos índices y un parámetro

Integral representation of the Bessel function of two indexes and a parameter

Leda Galué y Greilyn Castillo

Algunas propiedades de las N – Normas (I)

Some properties of N – Norms

José Sarabia

Biodegradación de queroseno por cultivos de bacterias aisladas de una fosa petrolera en Venezuela

Kerosene biodegradation by bacterial cultures isolated from oil pit in Venezuela

Laugeny Díaz, Beltrán Briceño, Mónica García, Néstor Rosales, Julio Marín, Cateryna Aiello y Ever Morales.

Factibilidad de inserción del Transmilenium como solución a la situación actual del sistema de transporte público de la ciudad de Maracaibo

Feasibility study of the Transmilenium like a solution to the actual public transport situation in the Maracaibo city

Angi Rojas y Marco Hinder

Modelado del secado en capa fina y del presecado al sol a diferentes alturas de la capa de la Lemna obscura del Lago de Maracaibo

Modeling of the thin layer drying and solar predrying at the different layer thicknesses of the Lemna obscura from Maracaibo Lake

Leobaldo Suárez, Alexis Faneite y Alexis Ferrer

Algunos resultados de la subordinación diferencial de Briot – Bouquet de funciones analíticas

Some results on Briot – Bouquet differential subordination of analytic functions

Alka Rao y Shyam Kalla

N°5 Julio - Diciembre 2013

Biblioteca de diferenciación automática para la máquina virtual de Java

Automatic differentiation library for the Java virtual machine

María E. Portillo Montiel, Nelson Arapé, Gerardo Pirela Morillo

Eficiencia de las semillas Moringa oleifera como coagulante orgánico en la remoción de metales en aguas de baja turbiedad

Efficiency of the moringa oleifera seeds as organic coagulant for metal removal in low turbidity wastewaters

Marielba Mas y Rubí, Sedolfo Carrasquero, Daimarys Martínez, Donaldo Gabriel Mejías, Luis Vargas

Evaluación de la recuperación de vanadio y níquel por lixiviación ácida de las cenizas volantes del aceite combustible

Evaluation of the recovery of vanadium and nickel by acid leaching from oil fly ash

César García, Roselis Rosales, Bianca Feijoo, Juan Hernández, José González, Gabriela Carruyo

Influencia de la relación de aspecto de la geometría vertical en el comportamiento estructural de edificaciones aporricadas de concreto armado

Influence of the aspect ratio of vertical geometry on the structural behavior of framed reinforced concrete...

Oswaldo J. Russián A., Víctor R. Salazar V., Gerardo J. Gutiérrez D.

Análisis numérico computacional de la distribución de temperaturas en una barra

Computational numerical analysis for the temperatures distribution in a bar

Alfredo Villalobos, Antonio Quintero

Validación de un método cromatográfico para la determinación de vitamina A en muestras de leche

Validation of a chromatographic method for the determination of vitamin A in milk samples

Karelen Araujo, Gisela Páez, Zulay Mármol, Elsy Arenas, Ana Cáceres, Cateryna Aiello Mazzarri

N° 6 Enero - Junio 2014

Sobre una generalización de la función hipergeométrica de Gauss
On one generalization of the Gauss' hypergeometric function

Nina Virchenko

Representación integral de las μ -funciones de onda

Integral representation of μ -wave functions

Iryna Aleksandrovich, Nina Virchenko

Algunos resultados sobre la función de Bessel de tres variables

Some results on Bessel function of three variables

Ana Isolina Prieto, Josefina Matera, Leda Galué, Susana Salinas

Integrales y ecuación diferencial que involucran la función de Wright

Integrals and differential equations involving Wright functions

Susana Salinas de Romero, Daniel Meza, Marleny Fuenmayor

Desigualdades integrales fraccionales y sus q -análogos

On fractional integral inequalities and their q -analogues

Sunil Dutt Purohit, Faruk Uçar, R.K. Yadav

Una nueva clase de polinomios q -Apostol-Bernoulli de orden α

A new class of q -Apostol-Bernoulli polynomials of order α

Mridula Garg, Subhash Alha

Algunos resultados que involucran operadores q -integrales fraccionales generalizados de Erdélyi-Kober

Some results involving generalized Erdélyi-Kober fractional q -integral operators

Leda Galué

Revisión de la teoría de Boehmians

Boehmians revisited

P. K. Banerji, Deshna Loonker

Algunas propiedades de las N -normas (II)

Some properties of N -norms (II)

José A. Sarabia R.

N° 7 Julio - Diciembre 2014

Fermentación en estado sólido: Una alternativa biotecnológica para el aprovechamiento de desechos agroindustriales

Solid state fermentation: A biotechnological alternative for exploitation of agroindustrial wastes

José R. Ferrer G, José L. Machado, Jhanna Brieva

Propuesta de un sistema de seguridad residencial inalámbrico basado en instrumentación virtual

Proposal for a wireless home security system based on virtual instrumentation

Gereli de los Ángeles Gutiérrez Finol

Sistema de facturación vehicular en peajes basado en tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID)

Vehicular toll collection system based on radio frequency identification technology (RFID)

Angel D. Larreal M., Georma P. Marachli M.

Determinación del grado de conversión global del jugo de piña en etanol por medio de la fermentación alcohólica

Determination of the conversion degree of pineapple juice through alcoholic fermentation

Briceida C. Fernández A., Maite V. Gómez S., José R. Ferrer G, Marisela Rincón

Modelo matemático para la evaluación de parámetros hidráulicos de un reactor anaerobio de flujo ascendente a escala piloto (RAFAep)

Mathematical model for evaluating parameters of a hydraulic upflow anaerobic reactor pilot scale (RAFAep)

Gabriel Arguello, Gerardo Aldana, Jhonny Perez

Dispersión gelatinosa de huesos bovinos para la clarificación de aguas con baja turbidez

Bovine bone gelatinous dispersion for clarification of water with turbidity low

Lorena Fuentes, Yolimar Aguilar, Yaxcelys Caldera, Iván Mendoza

Nanocompuestos basados en arcilla y mezclas heterogéneas de termoplásticos. Una revisión

Nanocomposites based on clay and heterogenous blends of thermoplastics. A review

Helen Inciarte, Haydée Oliva

N° 8 Enero - Junio 2015

Análisis, diseño y simulación del sistema subactuado Pendubot

Analysis, design and simulation of Pendubot subactuated mechanical systems

Atilio Morillo y Maribel Pérez Pirela

Remoción de arsénico presente en oil fly ash por lixiviación ácida

Arsenic removal from oil fly ash by acid leaching

José González, Julissa Arguelles, Milagros Ojeda, Juan Hernández, Gabriela Carruyo y Cesar García

Sistema de control en modo deslizante para regular la posición y la velocidad de un motor de corriente directa

Sliding mode control to regulate the speed and position of a motor of direct current

Ernesto Cornieles y Jacobo Ramírez

Evaluación fisicoquímica y fitoquímica de Granada (*Punica granatum L.*)

Evaluation of physical and phytochemical properties of the granada (*Punica granatum L.*)

Johana Raga, Zulay Marmol, Evelyn Pérez, Gisela Páez y Karelen Araujo

Cuantificación y caracterización de los residuos de alimentos del Comedor Central Estudiantil de la Universidad del Zulia

Quantification and characterization of food residues from the Student Central Dinning of the University of Zulia

Karina Martínez, John Sánchez, Yuleidi Raga, Zulay Marmol, Elsy Arenas y Cateryna Aiello

Modelado de problema de regresión lineal con método Cuasi-Newton

Modeling linear regression problem with Quasi-Newton method

Eddy Rodríguez

Efecto de las condiciones de hidrofobización de una arcilla natural sobre su distribución y dispersión en mezclas de poliestireno/polibutadieno/estireno

Effect of the hydrophobization conditions of natural clay on its distribution and dispersión in polystyrene/polybutadiene/styrene blends

Ida González, Haydee Oliva, Ysabel Cedeño, Helen Inciarte, Diana Soto y Eliezer Velásquez

Estudio del comportamiento de las redes sónicas de alta velocidad

Study of performance of the sonic high speed networks

Luis Rojas.

N° 9 Junio - Diciembre 2015

Onda de propagación TE en una microcinta abierta con dos dieléctricos

TE propagation wave in an open microstrip with two dielectrics

Augusto Galo.

Lixiviación diferenciada de metales mayoritarios de cenizas volantes.

Differentiated leaching of majoritarian metales from fly ash

Juan Hernández, José González, Gabriela Carruyo y Cezar García.

Control y telemanipulación a distancia de un sistema multivariable.

Control and remote accessing of a multivariable system

Ernesto Cornieles, German Gutiérrez y Jacobo Ramírez.

Aprendizaje constructivista para el análisis de estructuras mediante el uso de un entorno virtual.

Constructivist learning for the analysis of structures by using a virtual environmental.

Evelyn Marín

Análisis de la emisión y dispersión del dióxido de nitrógeno en un sector de alto flujo vehicular.

Analysis of the emission and dispersion of nitrogen dioxide in areas of high vehicular traffic.

Alberto Córdova, Anali Machado, Neyma Garcia, Gilberto Colina y Cezar García.

Teorema para la función de Bessel generalizada que involucran polinomios de Hermite.

Theorems for the generalized Bessel function that involving Hermite polynomials.

Josefina Matera, Ana Isolina Prieto, Leda Galué y Susana Salinas de Romero.

Aporte nutricional de un biosólido avícola obtenido en un proceso de digestión aerobia sobre un cultivo de cebollín.

Nutritional contribution of a poultry biosolids obtained in a process of aerobic digestion on the growing of green onion.

Leopoldo Ruesga, María Ocando, Miguel López, Enyris Gutiérrez, Yaxcelys Caldera y Edixon Gutiérrez.

Opuntia ficus-indica y Opuntia wentiana: estudio comparativo sobre su efectividad como coagulantes en la clarificación del agua.

Opuntia ficus-indica and Opuntia wentiana: comparative study on its effectiveness as a coagulant in water clasification.

Yolis González, Lorena Fuentes, Ivana Mendoza y Yaxcelys Caldera.

Nº 10 Enero - Junio 2016

Efecto de la temperatura de calcinación de la sílice en el sistema Pt/CeO₂/SiO₂ para la oxidación de metano
Effect of Silica Calcination Temperature in the System Pt/CeO₂/SiO₂ for Methane Oxidation

Julio Moreno, Jeannette Zarraga, Dora Finol, Víctor Ferrer

Diseño de una red de monitoreo de calidad de aire para un complejo petroquímico
Design of a network of monitoring of air quality for a petrochemical complex

Eudo Nava, Rima Simancas, Cezar García

Efecto de la aireación en la producción de abono orgánico mediante la fermentación en estado sólido del desecho de uva blanca

Effect of aeration in the organic fertilizer production by solid state fermentation of waste white grape

Jhanna P. Brieva F., José R. Ferrer G., Carlos Fernández B, Jorge Ortega

Incidencia de los residuos y contaminantes químicos en alimentos de origen animal y vegetal
Incidence of chemical residues and contaminants in food of animal and vegetable origin

Jean Carlos Blandría Briceño, Mary Andara, Juan Arias, Adriana Urdaneta

Perfil de aminoácidos en dietas formuladas para la alimentación de peces, utilizando residuos del procesamiento industrial de crustáceos

Amino acid profile formulated diets for fish feed, using industrial waste processing crustaceans

Mary Andara, Juan Arias, Jean Blandría, Jhanna Brieva, Willy Gómez

Desarrollo de un algoritmo que implemente el método de diferencias finitas para resolver las ecuaciones de Einstein utilizando el formalismo 3+1 de la relatividad numérica

Development of an algorithm that implements the finite Difference method to solve Einstein's equations via the 3+1 formalism of numerical relativity

Favio Vásquez, Jubert Pérez

Estudio de factibilidad para el establecimiento de una fábrica semi-industrial de compotas de pseudo fruto de cajuil (*anacardium occidentale*) en el estado Zulia

Feasibility study for establishing of a semi-industrial factory of cashew (*anacardium occidentale*) apple compote in Zulia state.

Marlyng Borjas, Alexis Faneite, José Ferrer

Evaluación de agentes de parada corta en las reacciones de polimerización de la planta PVC II del complejo petroquímico Ana María Campos

Evaluation of short stop in polymerization reactions of the PVC II plant petrochemical Complex Ana María Campos

Lined P. Durán H., Leiza P. Brango G., Oscar Urdaneta

N° 11 Julio - Diciembre 2016

Implementación de un plan de mantenimiento predictivo basado en el análisis de velocidades centrifugas de compresores.

Implementation of predictive maintenance plan based on analysis of speed centrifugal compressor.

Kenneth Rosillon y Oscar Aguillar

Accidente: Fenómeno Estocástico.

Accident: Stochastic Phenomena.

José Vicente Ferrer y Naudy Leal.

Categorización de usuarios de Twitter.

Categorizing Twitter users.

Fracisco Luengo, Carla Morillo y Yaskelly Yedra.

Uso del Wxmaxima en la enseñanza de la ecuación integral de Fredholm de segunda especie.

Use of Wxmaxima on teaching the Fredholm integral equation of second order.

Jhonny Araque, Robert Quintero y Oscar León.

Modelo diferencial de transferencia de masa para el análisis de la lixiviación ácida del oil fly ash.

Differential mass transfer model for the analysis of the acid leaching of oil fly ash.

Juan Hernández, José González, Gabriela Carruyo y Cezar García.

Integrales que involucran funciones de Bessel de tres variables y dos parámetros.

Integrals involving Bessel functions of three variables and two parameters.

Leda Galué.

Nº 12 Enero – Junio 2017

Método de planos de corte modificado para programación lineal entera en la toma de decisiones cuantitativas.

Modified cutting-plane method for integer linear programming in the making of quantitative decisions.

Jenny Márquez.

Efecto de un acidificante orgánico en los parámetros productivos de pollos de engorde.

Effect of an organic acidifier in productive parameters of broilers.

Diego Parra Rojas, José Parra Rojas y Ramòn Urdaneta.

Análisis del censo catastral de la Isla de Zapara, a través de la Ley Orgánica de Ordenación del Territorio, la Ley Orgánica de Seguridad de la Nación y la Ley de Tierras y Desarrollo Agrario.

Analysis of cadastral survey Zapara Island, through the Organic Law of Planning, the Law on National Security and the Law on Land and Agricultural Development.

Yvonne López de Martínez, Yogry Castillo y Daniela Romero.

Percepción remota del vapor de agua troposférica en zonas adyacentes a estaciones GPS de operación continua utilizando el sensor satelital MODIS.

Tropospheric water vapor remote sensing by MODIS satellital in zones near continuous operating GPS Stations.

Sarai Leal, Víctor Cioce, Giovanni Reyero y Eugen Wildermann.

Análisis elipsométrico de nanoestructuras híbridas semiconductor/ metal: Co/AIN/AL₂O₃ y AIN/Co/ AIN/AL₂ O₃

Elipsometric analysis of hybrid semiconductor / metal nanostructures: Co/AIN/AI₂O₃ y AIN/ Co/AIN/AL₂ O₃

José Fermín Darío Rincón, Giovanni Marín y Carlos Chesman Feitosa.

Modelo reológico para mezclas fluidas de carbón mineral.

Rheological model for fluid mixtures of mineral coal.

Henry Leal, Pragedes Paredes, José González y César García.

N° 13 Julio - Diciembre 2017

Topología de Zariski y A-transformaciones

Topology of Zariski and A-transformations

Edixo Rosales

Producción de biodiesel a partir de las grasas extraídas de la borra de café mediante un proceso en dos etapas: esterificación con H_3PO_4 y transesterificación con KOH

Biodiesel production from spent coffee grounds extracted oil using a two-stage process: esterification with H_3PO_4 and transesterification with KOH

*Andrés Camejo, Elsy Arenas, John Sánchez, Zulay Mármol, Cintia Chandler y
Cateryna Aiello*

Evaluación del comportamiento bidimensional de un reactor de lecho fijo para la síntesis de dimetileter

Two-dimensional behaviour of a fixed bed reactor for dimethyl ether production

Hector Suárez y Cezar García

Efecto de la disponibilidad de nutrientes y la adición de coagulantes sobre la sedimentabilidad de lodos activados

Effect of the availability of nutrients and the addition of coagulants on the sedimentability of activated sludge

Vanessa Finol, Isabel González, Lenin Herrera y Lewis Godoy

Calidad física de aguas residuales de una industria avícola en un sistema de flotación por aire disuelto con coagulantes

Physical quality of wastewater from a poultry industry in a system dissolved air flotation with coagulants

Yaxcelys Caldera, Mayra Sánchez y Edixon Gutiérrez

Valoración económica como edificio histórico patrimonial a la antigua sede rectoral de la Universidad del Zulia

Economic valuation as a historical patrimonial building to the former rectory headquarters of the University of Zulia

Carlos Sandoval y Yogry Castillo

Nº 14 Enero - Junio 2018

Analizador sintáctico-semántico para la enseñanza de la programación de software.

Syntactic-semantic analyzer for teaching software programming

Alfredo Díaz y Asdrúbal Granados

Caracterización nutricional y perfil de aminoácidos en plantas de Moringa oleifera Lam. Como Alternativa de uso potencial en la alimentación animal.

Nutritional characterization and amino acid profile in plants of Moringa oleifera Lam. As an alternative for potential use in animal feed.

Mariangela González, Oscalido Vargas y Jean Belandria

Estructura matemática del modelo factores latentes fortalecidos.

Mathematical structure of the model Latent Factors Strengthened.

Eddy Jackeline Rodríguez

Efecto de diferentes adsorbentes sobre el contenido de minerales en el mosto y vino blanco.

Effect of different adsorbents on the content of minerals in the grape juice and white wine.

Zulay Mármol, Verónica Berrueta, Félix Torrealba, Johanna Raga, Gisela Páez†, Karelen Araujo, Marisela Rincón

El error humano en el diagrama cartesiano

Human error in the cartesian diagram

José Ferrer Bastidas

De la arena a la oblea de silicio.

From the sand to the silicon wafer.

José R. Fermín

N° 15 Julio - Diciembre 2018

Factores Ri de sistemas iónicos binarios en medio lácteo.

Ri Factors Ionic Binary Systems in the Middle Milk

Miriam Rodríguez, César García, Karina Martínez, José González y Gabriela Carruyo.

Sincronización de la ovulación con dispositivos intravaginales en vacas mestizas durante un período de siete años.

Synchronization of the ovulation with devices intravaginal in cows mestizo during a period of seven years

Carlos Ruiz y Lidio Parra.

Evaluación microbiológica de leche de vacas Criollo Limonero bajo condiciones de bosque seco tropical.

Microbiological evaluation of milk Criollo Limonero under tropical dry forest.

Mariangela González, Raúl Ramírez y Katuska Acosta.

Transiciones de fase en un sistema alquilcarboxilato de imidazolio/querosén/agua.

Phase transitions in imidazolium alkylcarboxylate/kerosene/water system.

Belgica Bravo, Maira Jiménez, Gerson Chávez, Nelson Márquez, Nacarid Delgado, Milangel Luzardo, Iran Parra, Mariana Collins y Ana Cáceres.

Estudio comparativo del comportamiento sismorresistente de una estructura mixta acero - concreto con aisladores elastoméricos de neopreno.

Comparative study of the sismorresistent behavior of a mixed steel structure - concrete with neoprene elastomeric insulators.

Hely Urdaneta.

Factores que afectan la resistencia a la compresión de las probetas de concreto. Una revisión.

Factors affecting the compression strength of the concrete specimens. A review.

Jesús Moreno y Oladis Troconis.

¿Quién o qué gobierna la conducción de vehículos?

Who or which governs the driving of vehicles?

José V. Ferrer Bastidas.

Nº 16 Enero - Junio 2019

Determinación de las condiciones óptimas en la obtención de películas plásticas biodegradables a partir de quitosano en función de la ductilidad del producto.

Determination of the optimal conditions in obtaining biodegradable plastic films from chitosan depending on the ductility of the product.

Ilianeth Godoy, Elena Padilla y Waldo Urribarri.

Evaluación de propiedades durables de morteros con escoria de níquel activada alcalinamente como sustituto parcial del cemento en ambientes agresivos

Evaluation of durable properties of alkali-activated nickel slag mortars as partial substitutes of cement in aggressive environments

Natalia Esis, Yolanda Hernández y Oladis Tronconis.

Ciudad y planificación. Caso: Maracaibo

City and planning. Case: Maracaibo

María Isabel Medina

Correlación del factor Ri en lechos de base cónica para fluidización de carbón en aire

Correlation of Ri factors in beds of conic base for air-coal fluidization

Karina Martínez, Cezar García, José González, Juan Hernández y Gabriela Carruyo.

Validación de un método analítico para la determinación espectrofotométrica de fenoles totales en aguas naturales empleando microextracción con gota directamente suspendida

Validation of an analytic method for the spectrophotometric determination of total phenols in natural water using directly suspended droplet microextraction

Jesús Ocando, Rocío Ortega y María E. Troconis.

Formulación de una bebida nutricional a base de suero de leche y jugo de fresa

Formulation of a nutritional drink based on milk serum and strawberry juice

Sofía Massari, María E. Da Costa y Douglas Romero.

Normas para la presentación de artículos

1. La Revista Tecnocientífica URU es una revista digital arbitrada de la Universidad Rafael Urdaneta cuyo propósito es dar a conocer trabajos científicos originales e inéditos en las áreas de Ingeniería (Química, Civil, Eléctrica, Computación, Telecomunicaciones, Industrial y Producción Animal, entre otras.

2. Tipos de trabajos

Se aceptaran para la publicación artículos científicos inéditos, esto es, que no hayan sido enviados o publicados en otro órgano de divulgación científica con anterioridad, con un máximo de quince (15) páginas y escrito en MICROSOFT OFFICE WORD. Se deben consignar tres copias y un CD-ROM del artículo.

- 2.1 Artículos de actualización científica que resuman el “Estado del Arte” de las áreas de la revista, con un máximo de quince (15) páginas.
- 2.2 Artículos de reflexión sobre un tema específico de las áreas de la revista, desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, recurriendo a fuentes originales.
- 2.3 Artículos de revisión: documentos donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones, publicadas o no, sobre una temática especializada de las áreas de la revista.
- 2.4 Artículos de discusión: documentos que presentan el debate de afirmaciones realizadas en artículos anteriores.
- 2.5 Artículos de invitados especiales con un máximo de quince (15) páginas.
- 2.6 Notas técnicas: sobre mejoras de procesos en ingeniería, resultados de investigaciones derivadas del ejercicio profesional en ingeniería y ciencias afines, con un máximo de ocho (8) páginas.

3. La portada debe contener

- 3.1 Título del trabajo en español e inglés en letras mayúsculas y minúsculas.
- 3.2 Nombre(s) del autor(s), 6 autores como máximo y su dirección institucional(es) completa(as) (dirección postal, correo electrónico).
- 3.3 Resumen del trabajo en español e inglés (abstrac) con un máximo de doscientas (200) palabras.
- 3.4 Palabras clave en español e inglés (key words) con un máximo de cinco (05) palabras.

4. Normas de estilo

- 4.1 El orden a seguir para el artículo es: portada, resumen (en español e inglés), introducción, fundamentos teóricos, parte experimental, resultados, discusión de resultados, conclusiones, agradecimiento y referencias bibliográficas.
- 4.2 El artículo debe escribirse en estilo Times New Roman tamaño 12, el título tamaño 16 y las

Figuras, tablas y texto subordinados tamaño 10.

- 4.3 El interlineado debe ser doble espacio a excepción del resumen, agradecimiento y referencias bibliográficas que van a un espacio.
- 4.4 El nombre de cada sección se escribirá en negritas. Estos deberán estar centrados.
- 4.5 El nombre de las subsecciones se escribirá en negritas a la izquierda del texto y en mayúsculas y minúsculas.
- 4.6 Las Figuras, fotografías, diagramas y gráficos deben denominarse como Figuras y estas deben ir numeradas con números arábigos, así como las tablas. Además, deben incluirse dentro del texto correspondiente y con su respectiva leyenda.
- 4.7 La redacción de los trabajos puede ser en español o inglés.
- 4.8 Las fotografías, imágenes, mapas y Figuras incluidas en el documento se anexaran también por separado en el CD-ROM con excelente calidad.
- 4.9 Las fotografías deben estar en blanco y negro, bien contrastadas y brillantes de un ancho máximo de 9,5cm.
- 4.10 Todos los símbolos matemáticos deben ser escritos en forma clara y legible, con los subíndices y superíndices ubicados correctamente.
- 4.11 Deben ser numeradas todas las ecuaciones matemáticas en forma consecutiva con números arábigos entre paréntesis y ubicados en el margen derecho.
- 4.12 Las citas dentro del documento se escriben con el nombre de sus autores seguido con un número entre corchetes que corresponde a la referencia.

Ejemplo: García [1], L Moreno [3, Pág. 19-24] o ubicando el número de la referencia sin colocar autor [4], si son 3 o más autores se escribe K. Nishimoto *et al.* [2].

Las referencias bibliográficas de artículos de revistas deben contener autor(es) si tiene varios autores separarlos con comas, título de la revista, volumen y número, año de publicación (entre paréntesis) y páginas. Solo deben incluirse referencias bibliográficas con autores totalmente identificados y se escribirán por orden de aparición de las citas.

Ejemplo: García C., Marín j., Alaña J., Martínez K. y Faria J., Modelo de Nernst-Planck aplicado a la cinética de intercambio iónico del sistema PO₄(-3)- Cl(-1) en leche, Rev. Tec. Ing. Univ.Zulia, Vol. 30, N°. 3, (2007), 236-243.

Los libros se escriben: apellido e inicial del autor(es) con mayúsculas y minúsculas.

Ejemplo: Nishimoto K. (Editor), Fractional Calculus and its Applications, Nihon University, Tokyo (1990).

- 4.13 En los artículos deben emplearse unidades del Sistema Internacional: metro (m), kilogramos (Kg), Segundo (s), entre otras.

5. Arbitraje

- 5.1 El trabajo, recibido por el Editor(a), será enviado al Comité Editorial para su revisión y consideración de tres árbitros.
- 5.2 El método de arbitraje que sigue la revista es de tipo “doble ciego”, que consiste en que tanto los árbitros como los autores desconocen sus respectivas identidades.

- 5.3 Los trabajos serán evaluados de acuerdo a los siguientes criterios: claridad, originalidad del contenido, aportes al campo de conocimiento, coherencia del discurso, adecuada organización interna, calidad de las referencias bibliográficas, adecuada elaboración del resumen y pertinencia del título.
- 5.4 En caso de recibir observaciones por parte de los árbitros, estas serán enviadas al(los) autor(es) para su corrección. Después de realizar las correcciones, los autores devolverán la versión corregida en un CD-ROM, así como un original impreso y tres copias.
- 5.5 Las pruebas de imprenta serán enviadas a los autores para la revisión final del artículo.
- 5.6 Cuando el trabajo sea aceptado los autores serán informados del tiempo aproximado de publicación. Si el trabajo es rechazado los autores podrán remitir al Editor(a) Jefe una comunicación exponiendo argumentos a favor de su artículo. El Comité Editorial considerará las acciones a tomar.
- 5.7 Cada autor principal de los artículos publicados recibirá gratuitamente una (1) revista y cinco (5) separatas.

6. Consideraciones finales

- 6.1 Los conceptos u opiniones emitidos en los artículos, serán de exclusiva responsabilidad de los autores.
- 6.2 El Comité Editorial se reserva el derecho de los arreglos de estilo que considere conveniente.
- 6.3 Bajo ninguna circunstancia, la revista devolverá los originales (Impreso y CD-ROM) de los artículos enviados para su consideración.
- 6.4 Lo no previsto en las presentes normas será resuelto por el Comité Editorial.

Guidelines for Submitting Articles

1. URU techno-scientific journal is an arbitrated digital journal of the Rafael Urdaneta University, whose purpose is to publish scientific papers in the areas of engineering (Chemical, Civil, Electrical, Computer, Telecommunications, Industrial, Animal Production, etc.).

2. Types of articles

Articles will be accepted for publication which have not been submitted or published in other scientific journals, and should have a maximum of fifteen (15) pages, and written in MICROSOFT OFFICE WORD. Three copies should be submitted along with a CD-ROM containing the article.

- 2.1 Scientific articles that summarize the “state of the art “ in areas of interest for the journal with a maximum of fifteen (15) pages.
- 2.2 Reflection articles on specific issues covered by the magazine, from an analytical, interpretative or critical viewpoint of the author, and based on original sources.
- 2.3 Review articles which analyze, systematize and integrate results, published or unpublished, on specific issues covered by the magazine.
- 2.4 Discussion articles: A document that presents the debate of assertions published in previous articles.
- 2.5 Articles by special guests with a maximum of fifteen (15) pages long.
- 2.6 Technical notes on process improvements in engineering, results of research obtained from professional practice in engineering and related fields, with a maximum of eight (8) pages.

3. The front page must contain

- 3.1 Title of paper in English and Spanish, in uppercase and lowercase letters.
- 3.2 Author’s name , maximum of 6 authors and full institutional address or addresses (postal address, e-mail).
- 3.3 Abstract in Spanish and English with a maximum of two hundred (200) words.
- 3.4 Key words in Spanish and English with a maximum of five (5) words.

4. Text guidelines

- 4.1 The sequence for the article should be as follows: title, abstract (in English and Spanish), introduction, theoretical foundations, experimental part, and discussion of results, conclusions, acknowledgements and references.
- 4.2 Article should be written in 12 point Times New Roman, and 16 point for the title, and figures, tables and subordinate text should use 10 point. Interlining should be double space; abstract, acknowledgments and references should be single space.
- 4.3 The heading of each section should be centered and written in boldface letters.
- 4.4 Subsections headings should be written in boldface letters on the left of text and in upper and

lower case letters.

- 4.5 Figures, photographs, diagrams and charts should be labeled as figures, and numbered with Arabic numerals, as well as tables. They should be included within the corresponding text along any explanation.
- 4.6 The article draft should be in Spanish or English.
- 4.7 Photographs, images and figures included in the document should be annexed separately on a CD-ROM of excellent quality.
- 4.8 Photographs must be in black and white, with good contrast and brightness, with a maximum width of 9.5 centimeters.
- 4.9 Mathematical symbols should be written clearly and legibly, with subscripts and superscripts correctly located.
- 4.10 Mathematical equations should be numbered sequentially with Arabic numerals within parentheses and placed on the right margin.
- 4.11 Quotations within the document should be written with the author's name followed with a number inside brackets that corresponds to the reference. Examples: García [1], L. Moreno [3, pages 19-24] or, if there are three or more authors, the reference number without the author's name [4], and written as K.Nishimoto *et al.* [2].
- 4.12 Bibliographic references to journal articles should include author (s) name (s); if it has multiple authors, their names should be separated by commas, title of journal, volume and number, year of publication (in parentheses) and page numbers. Bibliographical references should be included only when authors are fully identified and they will be written in order of appearance of the quote. Example: García C., Marín J., Alaña J., Martínez K y Faria J., Model of Nernst-Planck applied to the ion exchange kinetics of the PO₄ (-3)-Cl(1) system in milk, *Rev. Tec. Ing. Univ. Zulia*, vol. 30, N° 3, (2007), 236-243.

Books references should be written: surname and initial of the author (s) name (s) in uppercase and lowercase letters.

Example: Nishimoto K. (editor), *Fractional calculus and its applications*, Nihon University, Tokyo (1990).
- 4.13 Articles should use the International System Units: meter (m), kilogram (kg), second (s).

Evaluation

- 5.1 Articles received by the Editor (s) will be submitted to the Editorial Committee for review and consideration of three arbitrators.
- 5.2 The evaluation method followed by the Journal is of the "double blindness" type; neither the arbitrators nor the authors know their respective identities.
- 5.3 The works submitted will be evaluated according to the following criteria: clarity of language, originality of contents, contributions to the field of knowledge, coherence, adequate internal organization and quality of bibliographic references, appropriate elaboration of the abstract and relevance of title.
- 5.4 In case of observations from the referees, these will be forwarded to the author (s) for corrections. After making corrections, the authors should return the corrected version on a CD-ROM, as well as an original of the reviewed work and three copies.

- 5.5 Press proof will be sent to authors for final review of the article.
- 5.6 When the work is accepted, authors will be informed of the approximate date of publication. If the work is rejected, the author may submit a communication to the Editor in Chief presenting his arguments in favor of the article. The Editorial Committee will consider the actions to take.
- 5.7 Each author will receive one (1) free copy of the journal volume and 5 reprints.

Final considerations

- 6.1 Concepts or opinions expressed in articles shall be the sole responsibility of the authors.
- 6.2 The Editorial Committee reserves the right for any format changes that considers convenient.
- 6.3 Under no circumstances, the magazine will return the original of the articles (print and CD-ROM) submitted for consideration.
- 6.4 Questions not answered by these guidelines shall be resolved by the Editorial Committee.

Apéndice: Tiempos de ruptura y regeneración en una torre de adsorción empacada con SiO_2 y Al_2O_3 durante la remoción de $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ y H_2O de una corriente de C_6H_{12}

Julio Moreno, Oscar Urdaneta, Humberto Hernandez, Édison Alcantara y Edgar Cuicas

En esta sección se observó el cálculo típico de la estimación de la curva de ruptura por medio del método de Hougen y Marshall. Las propiedades fisicoquímicas y de transporte de las especies participantes en el proceso de adsorción y regeneración se pueden obtener en la Tabla 8.

Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas y de transporte de las especies participantes en el proceso de adsorción y regeneración

Proceso de Adsorción		
$\dot{m}_{\text{C}_6\text{H}_6}$	15000	$\left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$
$\dot{m}_{\text{H}_2\text{O}}$	4,81	$\left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$
$\dot{m}_{\text{C}_4\text{H}_8\text{O}}$	6,41	$\left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$
T	333	[K]
$kg_{\text{H}_2\text{O}}^a \text{ Al}_2\text{O}_3$	1,67	$\left[\text{s}^{-1} \right]$
$kg_{\text{C}_4\text{H}_8\text{O}}^a \text{ SiO}_2$	0,99	$\left[\text{s}^{-1} \right]$
Proceso de Regeneración		
V_f	0,16	$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$
$g_{\text{H}_2\text{O}}$	1,15	$\left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$

$g_{C_4H_8O}$	2,9	$\left[\frac{m^3}{kg} \right]$
$kg_{H_2O}^a Al_2O_3$		$\left[s^{-1} \right]$
$kg_{C_4H_8O}^a SiO_2$	0,04	$\left[s^{-1} \right]$

1. Cálculo Típico para Estimar la Curva de Ruptura

Parámetros Relacionados con el Modelo de Hougen y Marshall, para Determinar el Punto de Ruptura de la Columna de Adsorción Propuesta

Parámetro de lecho para el Al₂O₃

$$Z' = \frac{K_g aZ}{V_f} = \frac{1,67 s^{-1} * 93 cm}{2,2 \frac{cm}{s}} = 70$$

Parámetro de lecho para el SiO₂

$$Z' = \frac{K_g aZ}{V_f} = \frac{0,99 s^{-1} * 329 cm}{2,2 \frac{cm}{s}} = 148$$

Coefficiente lineal de adsorción para el lecho de Al₂O₃

$$Kd = \frac{Q_{oi}}{\frac{mi}{Q}} = \frac{0,27 \frac{kg_{H_2O}}{kg_{Al_2O_3}}}{4,81 \frac{kg_{H_2O}}{h}} = 11,64 \frac{\frac{kg_{H_2O}}{kg_{Al_2O_3}}}{\frac{m^3}{h}}$$

Coefficiente lineal de adsorción para el lecho de SiO₂

$$Kd = \frac{Q_{oi}}{\frac{mi}{Q}} = \frac{0,08 \frac{kg_{C_4H_8O}}{kg_{SiO_2}}}{6,41 \frac{kg_{C_4H_8O}}{h}} = 3,44 \frac{\frac{kg_{C_4H_8O}}{kg_{SiO_2}}}{\frac{m^3}{h}}$$

Tiempos de ruptura para el lecho de Al₂O₃. Cálculo típico.

Con el parámetro τ , tomado de la Figura 1, y de la ecuación (2), podemos despejar el tiempo de ruptura o el necesario para que la concentración a la salida del lecho sea igual a la concentración de entrada del lecho. Es decir, una relación (C_o/C_i) igual a 1.

$$\tau = \frac{kg_i a_i}{Kd_i * \rho_i} \left(t - \frac{Z}{V_f} \right) = \frac{1,67 \frac{cm^3}{cm^3 s}}{11,64 \frac{kg_{AlO_3}}{kg_{H_2O}} * 750 \frac{kg}{m^3}} * \left(t - \frac{0,93m}{2,2 * 10^{-2} \frac{m}{s}} \right)$$

Despejando t para el lecho de Al₂O₃.

$$t = \frac{\tau}{1,9 * 10^{-4}} + 10,58s$$

Para el lecho de SiO₂

$$t = \frac{\tau}{3,39 * 10^{-4}} + 52,51s$$

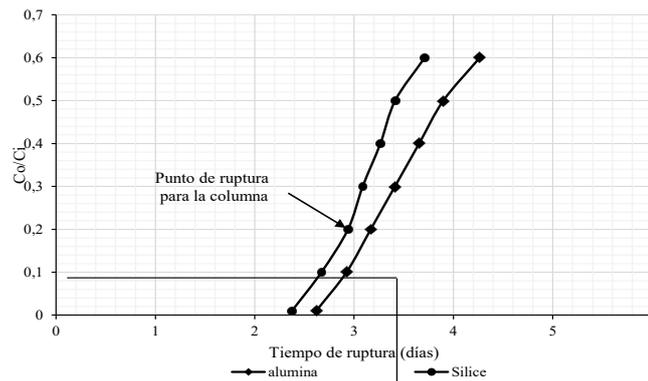


Figura 2. Curva de ruptura para los lechos de Al₂O₃ y SiO₂

De la Figura anterior, y definiendo el punto de ruptura del lecho cuando se alcanza una relación de concentraciones igual a 0,2, tenemos que el tiempo de operación antes de la regeneración es 3 días para el lecho de SiO₂ y de 4 para el de Al₂O₃; esto nos lleva a definir el punto de ruptura de la columna en 3 días.

Rendimiento de los Lechos Impurezas Adsorbidas en el Punto de Ruptura (Co/Ci=0,2 ó 72 horas)

$$I_{ab(0,2)} = 4,81 \frac{kg_{H_2O}}{h} * 72h = 345,6 kg de H_2O$$

$$I_{ab(0,2)} = 6,41 \frac{kg_{C_4H_8O}}{h} * 72h = 461,5 kg de C_4H_8O$$

Impurezas adsorbidas a la saturación total de los lechos (Ci/Co=1).

$$I_{ad(sat)} = X * Q_o = 0,27 * 1800kg = 486 kg de H_2O$$

$$I_{ad(sat)} = X * Q_o = 0,08 * 6000kg = 480 kg \text{ de } C_4H_8O$$

Uso de los lechos de la columna de adsorción al punto de ruptura (Ci/Co=0,2).

$$\eta_{Al_2O_3} = \frac{345,6 kg * 100}{486 kg} = 70,1\%$$

$$\eta_{SiO_2} = \frac{461,5 kg * 100}{480 kg} = 96,6\%$$

Cálculo de los Parámetros para Estimar el Tiempo de Regeneración de los Lechos

En esta sección se presenta la estimación del tiempo de purga del lecho conformado por 1800 kg de Al₂O₃ y el formado por 6000 kg de SiO₂. Se muestra el cálculo de la regeneración para el primer lecho y solo se reporta el resultado para el segundo.

Velocidad de desorción del H₂O

$$Vd = 0,26 \frac{cm^3_{H_2O}}{cm^3_{Al_2O_3} s} * \frac{(0,9m * 2,5m^2) * (1-0,25)}{1,15 \frac{m^3}{kg}} = 0,38 \frac{kg}{s}$$

Tiempo de regeneración para el lecho de Al₂O₃

$$tr = \frac{486 kg}{3600 \frac{s}{h} * 0,38 \frac{kg}{s}} = 0,36 \text{ horas}$$

Velocidad de desorción del C₄H₈O

$$Vd = 0,04 \frac{cm^3_{C_4H_8O}}{cm^3_{SiO_2} s} * \frac{(3,3m * 2,5m^2) * (1-0,35)}{2,9 \frac{m^3}{kg}} = 0,020 \frac{kg}{s}$$

Tiempo de regeneración para el lecho de C₄H₈O

$$tr = \frac{480 kg}{3600 \frac{s}{h} * 0,020 \frac{kg}{s}} = 6,6 \text{ horas}$$

En un procedimiento análogo al descrito para la desorción de H₂O sobre Al₂O₃, tenemos para la desorción de la C₄H₈O del lecho de SiO₂ se necesitan 7 horas de desorción. En total, para la etapa de purga se deben considerar 7 horas como mínimo.

Símbolos Usados

A_f	[m ²]	Área de flujo
C_i/C_o	[-]	Concentración relativa
$I_{abi(0,2)}$	[kg]	Impurezas adsorbidas a punto de ruptura del lecho i
$I_{abi(sat)}$	[kg]	Impurezas adsorbidas a la saturación del lecho i

K_{di}	$\left[\frac{m^3}{kg} \right]$	Coefficiente lineal de adsorción del sólido adsorbente
K_{ga_i}	$\frac{cm^3_i}{cm^3_i s}$	Coefficiente global de transferencia de masa de la especie i
\dot{m}_i	$\frac{kg}{h}$	Flujo másico de la especie i
Q_{oi}	[-]	Capacidad de adsorción del lecho i
Q	$\left[\frac{m^3}{h} \right]$	Caudal
t	S	Tiempo
T	K	Temperatura
tr	H	Tiempo de regeneración
V_d	$\left[\frac{kg}{s} \right]$	Velocidad de desorción
V_f	$\left[\frac{m}{s} \right]$	Velocidad de flujo
X	[kg]	Masa de adsorbente
Z	Cm	Altura de lecho
Z'	[-]	Parámetro de altura
	$\left[\frac{kg}{m^3} \right]$	Densidad de la especie i
	$\left[\frac{m^3}{kg} \right]$	Volumen específico de la especie i
ϵ	[-]	porosidad
η_i	[-]	Uso de lecho i
	[-]	Parámetro tiempo

Tecnocientífica URU No. 17

Maracaibo - Venezuela