

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

No. 16 Enero - Junio 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 Brieva

Profesor Luis Rojas
Profesora Russet Riquelme
Profesor Cezar García
Profesora Jenny Márquez

Profesor Alfredo Villalobos
Editor – Jefe

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)
Dr. Jorge Sánchez (Venezuela)
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. Nelson Molero
Director de la Escuela de Ingeniería Química

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

Ing. Carlos Belinskif
Director de la Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones

Arq. Carlos Aguilar
Director de la Escuela de Arquitectura

Contenido

Presentación	9
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. <i>Ilianeth Godoy, Elena Padilla y Waldo Urribarri.</i>	11
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 <i>Natalia Esis, Yolanda Hernández y Oladis Tronconis.</i>	21
Ciudad y planificación. Caso: Maracaibo City and planning. Case: Maracaibo <i>María Isabel Medina</i>	31
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 <i>Karina Martínez, Cezar García, José González, Juan Hernández y Gabriela Carruyo.</i>	39
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 <i>Jesús Ocando, Rocío Ortega y María E. Troconis.</i>	51
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 <i>Sofia Massari, María E. Da Costa y Douglas Romero.</i>	61
Índice acumulado	69
Normas para la presentación de artículos	85
Guides for submitting articles	89

Presentación

La Universidad como Fenómeno Social.

La Universidad no debe ser definida como simple estructura dedicada a la formación de recursos humanos para el ejercicio de profesiones en las diferentes áreas de la ciencia, cultura y educación. Así como tampoco deben existir asociaciones con la cotidianidad del lenguaje empresarial, ni confusiones con los indicadores de productividad para los procesos mecánicos. La Universidad aparece integrada a la sociedad como la raíz de su crecimiento y destino, a través de una búsqueda metodológica de la ciencia y tecnología. La universidad dentro de esta concepción es insustituible por cualquier otra estructura de la sociedad civil o militar y debemos luchar por excluir de ella los pensamientos pragmáticos, limitativos de su misión histórica.

La aparición de factores exógenos a la Universidad, suelen ser por naturaleza perturbadores y provocadores de crisis internas que podrían obligar al cuestionamiento y evaluación de sus diferentes programas y, en especial de la pertinencia social y validez científica de los mismos. Sin embargo, debe advertirse sobre la sentencia de Lossada, el límite de la Universidad no es otro que la sabiduría e inteligencia de su comunidad.

La Universidad en tiempos de crisis del país, requiere mas fortaleza interna para enfrentar los señalamientos que suelen hacer los eternos enemigos de la educación en general. Por otro lado, es mandatorio corregir y rectificar ciertas conductas aisladas de sectores de la comunidad universitaria que solo logran disminuir y desprestigiar el poder transformador que como fenómeno social significa la Universidad.

La Universidad fragmentada, sin una comunidad integrada y sin capacidad en

la convocatoria de protesta, serán esfuerzos sin resonancia y con la equivalente perdida de tiempo hábil de estudios, investigación y extensión. El país espera y reclama que las Universidades lideren las acciones y movimientos que arrojen la salida institucional y democrática a la crisis socioeconómica, moral y política del país. Corresponde en consecuencia a las Universidades trazar los senderos de convergencia nacional amparada en el prestigio intelectual y moral que pocas instituciones pueden mostrar públicamente hoy al país.

Hay quienes sostienen que el porvenir de nuestros pueblos tiene que forzosamente ser el porvenir de los hombres de ciencia. Esto establece la natural vinculación entre la Universidad y su región, el compromiso moral y primario de resolver los problemas de Ciencia y Tecnología para un desarrollo armónico y autóctono.

Profesor Cezar García.

Miembro del Comité Editorial.

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

Ilianeth Godoy, Elena Padilla y Waldo Urribarri.

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

Correo electrónico: ichgodoy@hotmail.com / elhapidillam@gmail.com

Recibido: 14-01-2019 **Aceptado:** 22-10-2019

Resumen

El trabajo tuvo como objetivo determinar las condiciones óptimas en la obtención de películas plásticas biodegradables a partir de quitosano en función de la ductilidad del producto. El estudio fue de tipo descriptivo, con diseño experimental. Se utilizó la técnica de observación directa. Como instrumento se utilizaron las tablas de registros de datos así como el software Statgraphics Centurion XVI.II. Con base en estos elementos se comprobó la pureza del quitosano comercial utilizado, debido a que se determinó que este cuenta con un grado de desacetilación de 67.2175%, valor que se encuentra dentro de los rangos designados para quitosano. Así mismo, se constató que las variables con un efecto significativo sobre la ductilidad de las películas son la concentración de quitosano con efecto positivo lineal, la concentración de almidón y glicerina en forma lineal, así como sus interacciones no fueron significativas estadísticamente, en cambio en las concentraciones cuadráticas si fueron influyentes negativamente presentando puntos máximo característico. Por último, se obtuvieron las condiciones óptimas del proceso de obtención de las películas las cuales fueron, concentración de quitosano 2,1 %p/v concentración de almidón 1,61 %p/v y concentración de glicerina 1,81 %v/v generando un % de elongación de 11.2333 ± 1.25 con error experimental de 19.8862% al ser comparado con el valor arrojado por el software, pero manteniéndose dentro de los límites, con un coeficiente de determinación de 91.0475.

Palabras claves: Películas plásticas biodegradables, quitosano, ductilidad.

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

Abstract

The objective of the work was to determine the optimal conditions in obtaining biodegradable plastic films from chitosan based on the ductility of the product. The study was of a descriptive type, with an experimental design. The technique of direct observation was used. As an instrument, the data record tables were used as well as the Statgraphics Centurion XVI.II software. Based on these elements, the purity of the commercial chitosan used is verified, since it was determined that it has a degree of deacetylation of 67.2175%, a value that is within the ranges designated for chitosan. Likewise, it was verified that the variables with a significant effect on the ductility of the films are the concentration of chitosan with linear positive effect, the concentration of starch and glycerin in linear form, as well as their interactions were not statistically significant, however in the quadratic concentrations if they were negatively influential presenting characteristic maximum points. Finally, the optimal conditions of the film obtaining process were obtained, which were chitosan concentration 2.1% w / v starch concentration 1.61% w / v and glycerin concentration 1.81% v / v generating a% elongation of 11.2333 ± 1.25 with experimental error of 19.8862% when compared to the value thrown by the software, but remaining within the limits, with a coefficient of determination of 91.0475.

Key words: Biodegradable plastic films, chitosan, ductility.

Introducción

En Venezuela de 20 a 24 mil toneladas de residuos que se producen diariamente en el país, solo entre 10% y 15% se reciclan, los plásticos y la materia orgánica generada en el país son pocos reciclables en comparación con los demás desechos Espinoza [1]. Con respecto a la materia orgánica; la industria procesadora de mariscos (camarones, cangrejos, etc.), es altamente generadora de desechos sólidos.

En la actualidad, existen diversas alternativas tecnológicas que permiten el aprovechamiento de estos desechos. Según Pastrana [2], estos residuos contienen en general un 14%-35% de quitina asociada con proteínas, lípidos, pigmentos y depósitos de calcio.

La quitina no posee una amplia gama de usos en la industria química debido a su insolubilidad en agua, disolventes orgánicos y ácidos diluidos, el uso más importante de la quitina es su modificación quitina a quitosano, la cual consiste en eliminar en un grado entre 70% y 90% los grupos acetilos unidos a los grupos aminos de la molécula, mediante un procedimiento denominado desacetilación Márquez et al; [3]. El quitosano posee mejores propiedades de reactividad y solubilidad que la quitina. Se ha descrito como un polímero catiónico lineal, biodegradable de alto peso molecular de fácil aplicación y es ambientalmente amigable Lárez, [4].

Se han desarrollado estudios del quitosano como materia prima en la generación de productos químicos en distintos tipos de industrias, sin embargo, son pocos los estudios realizados para su uso como polímero para la producción de películas plásticas biodegradable.

Es por ello que con la presente investigación se pretende aportar un estudio en el área de la producción de películas plásticas biodegradables de origen natural, con buenas propiedades mecánicas, estableciendo las influencias de las variables manipuladas como lo son concentración de quito sano, almidón de maíz y glicerina para la determinación de las óptimas para su obtención basadas en su ductilidad.

Metodología

Determinación del grado de desacetilación.

La determinación del grado de desacetilación del quitosano utilizado con el fin de corroborar su pureza. El quitosano es de origen comercial y fue donado por la empresa Innovaquito.

Se realizó por medio de una valoración potenciométrica. En la cual se disolvió el quitosano en 0.3M HCl y luego se valoró con 0,1 M NaOH. La valoración se llevó a cabo midiendo el cambio de pH por mL de base añadida. La adición se realizó de forma lenta y con agitación continua para homogenizar la solución y evitar la precipitación del quitosano, luego se obtuvo una curva de pH con dos puntos de inflexión correspondientes al ácido consumido para la protonación de los grupos amino libres; para determinar el grado de desacetilación del quitosano se utilizó la ecuación 3.2

$$\%NH_2 = \frac{16.1(V_2 - V_1)}{W} f \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

V_1 = Es el punto de inflexión menor (mL)

V_2 = Es el punto de inflexión mayor (mL)

f = Es la molaridad de la solución NaOH (mol/L)

W = La masa de la muestra (g)

16.1 = Valor del miliequivalente entre el ácido clorhídrico y el quitosano.

Obtención de películas plásticas biodegradables.

El procedimiento de la obtención de las películas se realizó de acuerdo al método expuesto en Zamudio et al. [5] con algunas modificaciones necesarias para la adaptación a este trabajo de investigación tomando en consideración a Gonzales [6].

Primeramente, se elaboró la solución de formación de películas (SFP) cada solución se formó utilizando un contenido de almidón y glicerina de acuerdo con los valores determinados por el programa *Statgraphics Centurion XVI.II* y el resto con agua destilada para formar lotes de 25ml. Después de elaborada la mezcla, se sometió a un calentamiento y a agitación por 30 min a una temperatura de 90 °C

Luego se disolvió quitosano necesario según concentraciones determinadas por el programa *Statgraphics Centurion XVI.II* en un volumen de solución de ácido acético de 25 mL a una concentración no variable de 5%. Se agitó en una plancha magnética a 40°C durante un periodo de 30 min.

Se adicionó a la SFP y se homogenizó, mezclando durante 15 min. Las soluciones se vertieron en placas Petri donde se dejaron reposar durante 48 horas a temperatura ambiente. Seguidamente, fueron colocadas en un horno a 80° C por aproximadamente 2 horas.

Posteriormente se procedió a la determinación de la ductilidad de las diferentes películas plásticas obtenidas siguiendo el procedimiento según Infante y González [7].

1. Se midió el índice de longitud inicial (L_0) del material alrededor del punto de quiebre intencionado.
2. Se aplicó una fuerza de tracción al material lentamente hasta el quiebre.
3. Se acoplaron las piezas rotas y se midió la longitud del quiebre (L_p).
4. Se procedió a realizar el cálculo del porcentaje de elongación utilizando la ecuación 3.1

$$\%Elongacion = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100 \quad \text{Ec 2}$$

Finalizados los ensayos con la obtención de su % de elongación se procede a determinar el efecto que tienen los factores concentración de quitosano, glicerina y almidón para la obtención de las películas plásticas, para ello se utilizó el programa estadístico *Statgraphics Centurion XVI.II* y de los resultados obtenidos se generó el diagrama de Pareto para la respuesta estudiada, utilizando un nivel de confianza del 95% con el fin de determinar si los factores son estadísticamente significativos, además de presentar el comportamiento gráfico de los principales factores influyentes y una ecuación predictiva ajustada a los datos experimentales.

Determinación de las condiciones óptimas.

Mediante el uso del software *Statgraphics Centurion XVI.II* se construyeron las superficies de respuesta para de las películas plásticas a partir de quitosano en función de la ductilidad. Las condiciones arrojadas por el programa se validaron experimentalmente, realizando un ensayo triplicado a las condiciones óptimas obtenidas y comparando con el valor de la ductilidad predicho por software mediante el cálculo del % de error promedio para el ensayo triplicado y su desviación estándar.

Resultados

Corroborar la pureza del quitosano comercial mediante la determinación del grado de desacetilación.

El grado de desacetilación indica el contenido de grupos amino que se encuentran presentes en una muestra de quitosano siendo determinado por titulación potenciométrica, la cual define las propiedades fisicoquímicas que diferencian la quitina del quitosano Parada et al. [8]. En la figura 1 se puede apreciar que la curva de titulación obtenida presenta dos puntos de inflexión, este mismo comporta-

miento fue reportado por Parada et al, [8]. La diferencia existente entre los puntos de inflexión en la curva de titulación corresponde a la cantidad de ácido requerido para protonar los grupos aminos del quitosano Parada et al. [8].

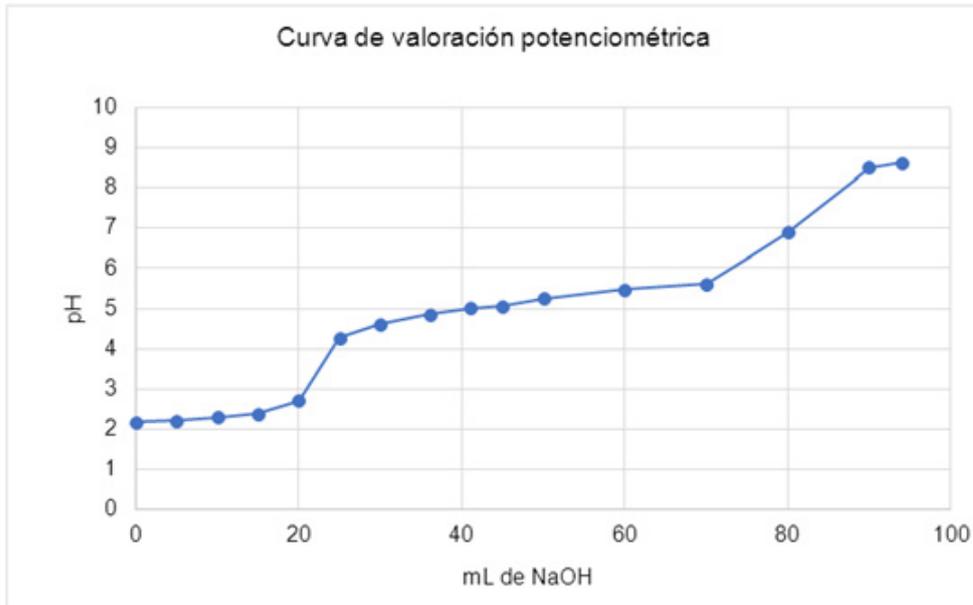


Figura 1. Curva de valoración potenciométrica del quitosano para la obtención del grado de desacetilación

Como se reporta en la Tabla 1 el grado de desacetilación obtenido fue de 67.2175%, cifra que es muy aproximada a valores anteriormente reportados en determinaciones de grado de desacetilación para muestras de quitosano comercial tal como se evidencia en la Tabla 2, además, este valor deja en evidencia que el quitosano comercial utilizado en la investigación se encuentra entre los valores de grado de desacetilación comúnmente establecidos para quitosano los cuales van desde 60 a 98% (Benhabiles, 2012)

Tabla 1. Datos obtenidos para determinar el grado de desacetilación.

Muestra	NH ₂	V ₁	V ₂	
1g	67.2175%	70ml	20ml	0.1M

Tabla 2. Grado de desacetilación obtenido para quitosano Innovaquito y comercial

Grado de desacetilación	
Quitosano obtenido	Quitosano comercial (Parada et. al, 2004)
67.2175%	67.20%

Describir el efecto de las variables a ser manipuladas en la ductilidad de las películas plásticas.

La obtención de las películas se realizó de acuerdo al procedimiento previamente planteado, luego se procedió a la medición del porcentaje de elongación, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3. Porcentaje de elongación de películas plásticas

Ensayo	Quitosano (%p/v)	Almidón (%p/v)	Glicerina (%v/v)	Porcentaje de elongación		
				L _r (mm)	L _o (mm)	Elongación (%)
1	1.0	1.0	2.0	48	47	2.1276
2	0.66	1.5	1.8	-	-	0
3	2.0	1.0	2.0	83	78	6.4102
4	1.5	1.5	1.3	78	77	1.2982
5	1.0	1.0	1.5	41	39	5.1282
6	2.0	2.0	2.0	81	76	6.5789
7	1.5	1.5	1.8	77	71	8.4507
8	2.0	2.0	1.5	45	48	6.6667
9	1.0	2.0	1.5	30.5	30	1.6667
10	2.3	1.5	1.8	45.5	42	8.3333
11	1.5	2.3	1.8	61	60	1.6667
12	1.0	2.0	2.0	30	30	0
13	1.5	1.5	1.8	65.1	60	8.5001
14	1.5	0.66	1.8	28	27	3.7037
15	2.0	1.0	1.5	29	28	3.5714
16	1.5	1.5	2.2	51	50	2.0000

Los datos reportados en la Tabla 3. se procesaron en el software *StatgraphicsCenturion XVI.II*, obteniendo el análisis de la varianza (ANOVA) que se muestra en la Tabla 4, con el que se determinó la significancia de cada efecto. El análisis se llevó a cabo con un nivel de significancia de 0.05, determinado si el factor estudiado es estadísticamente significativo o no. Si el valor - $P \leq 0.05$, el factor tiene un efecto directo sobre la respuesta estudiada, en este caso la ductilidad. Si el valor- $P > 0.05$ no hay relación entre el factor y la respuesta.

Tabla 4. Análisis de Varianza para el % de elongación

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Q	58,6827	1	58,6827	28,73	0,0017
B:A	2,40747	1	2,40747	1,18	0,3193
C:G	0,0403944	1	0,0403944	0,02	0,8928
AA	12,4485	1	12,4485	6,10	0,0485
AB	9,81245	1	9,81245	4,80	0,0709
AC	6,88205	1	6,88205	3,37	0,1161
BB	26,2234	1	26,2234	12,84	0,0116
BC	0,32	1	0,32	0,16	0,7059
CC	38,8709	1	38,8709	19,03	0,0048
Error total	12,254	6	2,04234		
Total (corr.)	136,879	15			

Nota: Q: quitosano, A: almidón, G: glicerina.

Se observó cuatro efectos estadísticamente significativos (Valor - $P \leq 0.05$) sobre el % de elongación en los rangos de valores estudiados para cada factor (resaltados en negrita), los cuales corresponden a la concentración de quitosano y los términos cuadráticos para la concentración de quitosano, almidón y glicerina.

En base a los resultados obtenidos del análisis ANOVA se construyó el diagrama de Pareto, el cual se presenta en la Figura 2. Este demuestra la magnitud e importancia de los efectos; En el diagrama

se visualizan distintas barras las cuales representan los distintos factores e interacciones entre ellos, la línea vertical representa la línea de significancia, indicando que si alguna barra pasa dicha línea este factor o interacción tiene un efecto estadísticamente significativo, con un nivel de confianza del 95%, sobre el % de elongación de las películas obtenidas.

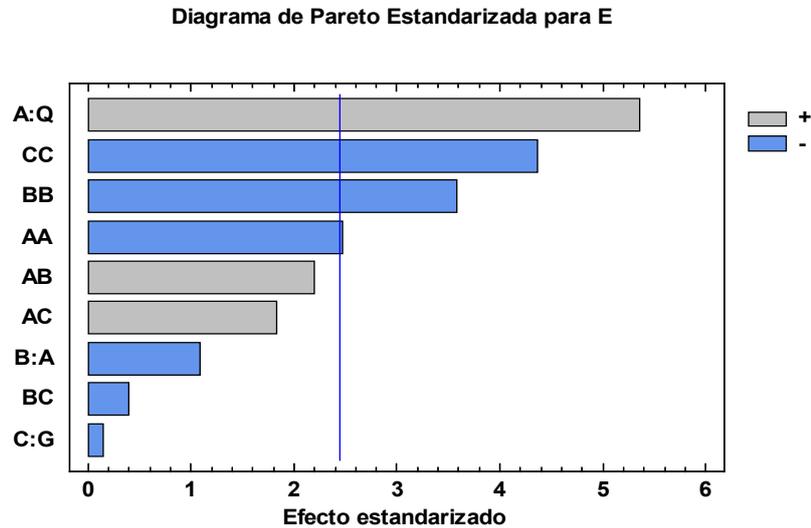


Figura 2. Diagrama de Pareto

En la Figura 2 se observó los efectos estandarizados de los factores independientes que afectan la ductilidad de las películas obtenidas, reflejando como principal variable influyente el quitosano en su forma lineal positiva indicando a medida que la concentración de quitosano aumenta, el % de elongación también lo hace; mientras que el término cuadrático tanto para la concentración de almidón como para la glicerina ejerce un efecto negativo, a medida que la concentración disminuye el % de elongación aumenta, pero como el término es cuadrático significa que llega un punto en la disminución de la concentración en donde el % de elongación empieza a disminuir también, resultando en que el incremento no es lineal sino que hay un punto máximo después del cual no hay mejoría en la ductilidad.

Se puede considerar que el término cuadrático para la concentración de quitosano no tuvo un efecto estadísticamente significativo en el rango de valores estudiados, teniendo un efecto negativo en la respuesta. Tanto las interacciones de las variables como los términos lineales de almidón y glicerina no fueron estadísticamente significativos.

En la Figura 3 se confirma lo expuesto pues se ve un aumento prácticamente lineal para la concentración del quitosano pudiéndose observar una pequeña curvatura, también deja expuesto el comportamiento cuadrático de la concentración de almidón y glicerina, teniendo ambos un punto máximo.

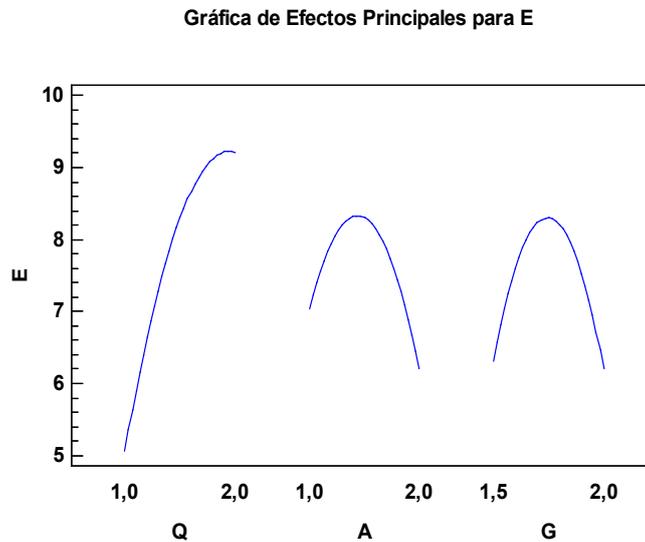


Figura 3. Gráfico de efectos principales para el % de elongación

Los valores obtenidos se ajustaron a un modelo matemático para el porcentaje de elongación (E) en términos de cada factor estudiado, el cual se muestra en la Ecuación 3, cuyas variables se presentan en sus unidades originales, donde Q es concentración de quitosano (%p/v), A es concentración de almidón (%p/v) G es concentración de Glicerina (%v/v)

$$E = -96,9755 - 1,57388Q + 15,5047A + 105,761G - 4,63677Q^2 + 4,43QA + 7,42QG - 6,72979A^2 - 1,6AG - 32,7739G^2 \quad \text{Ec. 3}$$

El modelo posee un coeficiente de determinación (R^2) de 91.0475 de la variabilidad presentada en % de elongación de las películas plásticas obtenidos experimentalmente y los predichos por el modelo, indicando que el modelo presentado es adecuado para describir el comportamiento de los datos observados en el proceso de obtención en el rango de valores estudiados.

Determinar las condiciones óptimas para la obtención de películas de plástico biodegradable a partir del quitosano en función de la ductilidad de la película plástica obtenida utilizando la metodología de superficie de respuesta

A partir de los datos obtenidos y suministrados al software *StatgraphicsCenturion XVI.II*, se construyeron las superficies de respuesta para el porcentaje de elongación las cuales se presentan en la Figura 4, 5 y 6 en donde se presenta el comportamiento de las variables dentro de la región de valores estudiada y en ellas se puede visualizar la región en donde la respuesta es maximizada.

Las superficies de respuesta indican de forma gráfica el comportamiento discutido en la fase anterior, donde se nota una relación proporcional entre la concentración de quitosano y porcentaje de elongación, donde la región óptima se encuentra dentro del rango de 2 a 2,4 %p/v. Con respecto a la concentración de almidón y glicerina se evidencia un comportamiento de parábola donde sus puntos máximos se encuentran en los rangos de 1,4 a 2%p/v y 1,5 a 1,9%v/v respectivamente.

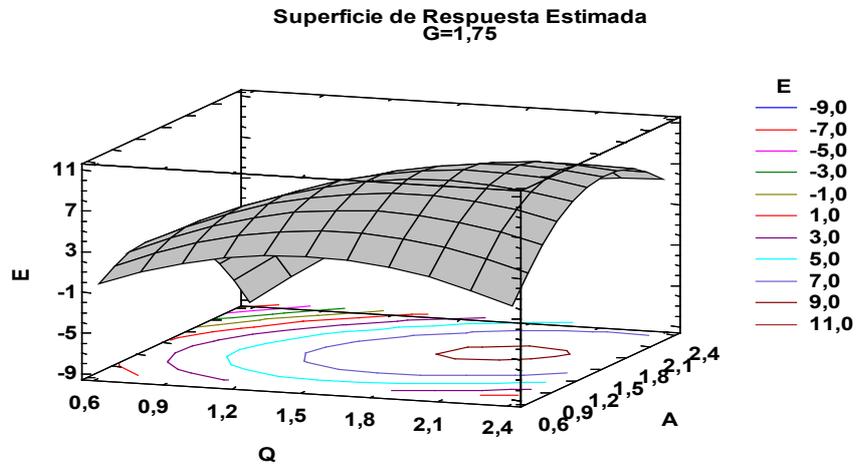


Figura 4. Superficie de respuesta con concentración de glicerina constante

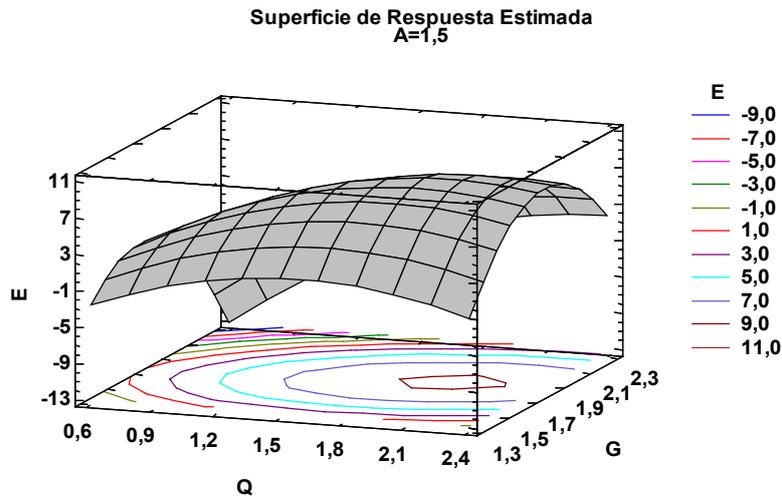


Figura 5. Superficie de respuesta con concentración de almidón constante

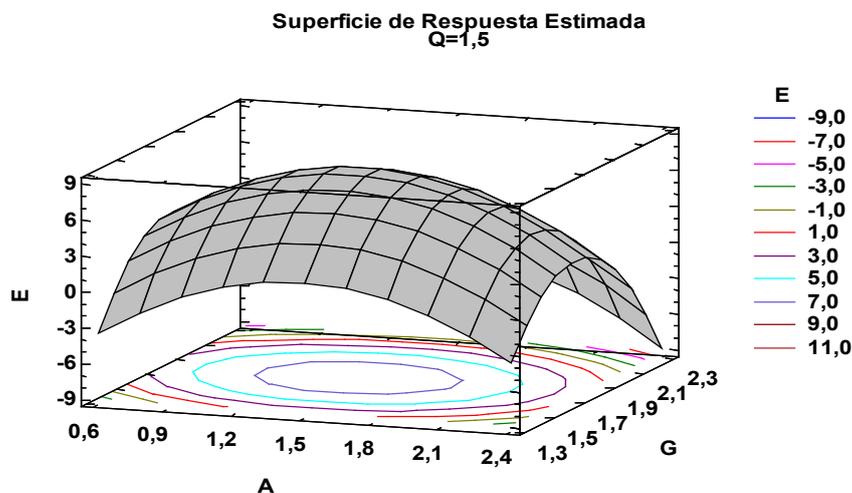


Figura 6. Superficie de respuesta con concentración de quitosano constante

En la Tabla 5 se presentan las condiciones óptimas y el valor óptimo predicho por el modelo matemático para el % de elongación. Estas condiciones se utilizaron en un ensayo de confirmación para validar experimentalmente el modelo matemático obtenido. El valor obtenido experimentalmente fue de 11.23 ± 1.25 %, cifra mayor al esperado obteniéndose así un error de 19.8862%. A pesar del porcentaje de error obtenido, el valor experimental se encuentra dentro de los límites estimados por el software.

Tabla 5. Condiciones óptimas, valor óptimo predicho por el modelo matemático para el % de elongación y valor obtenido experimentalmente

Factores	Valores óptimos	Valores estimados para E			E experimental (%)	Error (%)	DS
		Linf	Optimo	Lsup			
Q (%p/v)	2.04	7.36	9.37	11.4	11.2333	19.8862	± 1.25
A (%p/v)	1.61						
G (%v/v)	1.81						

Conclusiones

- Se comprobó la pureza del quitosano comercial utilizado, debido a que se determinó que este cuenta con un grado de desacetilación de 67.2175%, valor que se encuentra dentro de los rangos designados para quitosano.

- Las variables con un efecto significativo sobre la ductilidad de las películas son la concentración de quitosano con efecto positivo lineal, la concentración de almidón y glicerina en forma lineal, así como sus interacciones no fueron significativas estadísticamente, en cambio en las concentraciones cuadráticas si fueron influyentes negativamente presentando puntos máximo característico.

- Se obtuvieron las condiciones óptimas del proceso de obtención de las películas las cuales fueron, concentración de quitosano 2,1 %p/v concentración de almidón 1,61 %p/v y concentración de glicerina 1,81 %v/v generando un % de elongación de 11.2333 ± 1.25 con error experimental de 19.8862% al ser comparado con el valor arrojado por el software, pero manteniéndose dentro de los límites, con un coeficiente de determinación de 91.0475.

Referencias Bibliográficas

- [1]. Espinoza, G., En Venezuela solo se recicla entre 10 y 15% de la basura, El Carabobeño Diario del Centro, Valencia (2012). 22/05/2012
- [2]. Pastrana, E., Importancia industrial de la quitina. Bioquímica, facultad, USCO. (2010). Obtenido de: [http://eduardo-pastrana.blogspot.com/\(2010\)](http://eduardo-pastrana.blogspot.com/(2010))
- [3]. Márquez, M., Martínez, G., Santoni, N., Matos, M., Arnal, M., Müller, A.J., Rosales, C., Sabino, M., Ajami- Henríquez, D., (Editores: Marvelis Ramírez), Potencial uso de quitina y quitosano en materiales compuestos y nanocompuestos para aplicaciones biomédicas. Biomateriales, Polímeros Petroquímicos y sus Mezclas: Características y Nuevos Hallazgos. CDCHT- ULA., Mérida, Venezuela (2006). ISBN: 980-11-1003-1. pp. 227- 263.
- [4]. Larez, C. Quitina y Quitosano: Materiales del pasado para el presente y futuro. Avances de Química (1), (2006), 15-21
- [5]. Zamudio, P. García, L. Ramos, A. Tirado, J. Bello, L. Salgado, R., Soluciones formadoras de película a base de almidón oxidado de avena mezcladas con quitosano: caracterización reológica y propiedades mecánicas de sus películas, Revista Iberoamericana de Polímeros, 14(6), (2013).
- [6]. Gonzales, I., Efecto de la adición de quitosano en las propiedades mecánicas, permeabilidad al vapor de agua y oxígeno, brillo y microestructura en films comestibles a base de almidón de trigo. Título a obtener: máster en ciencia e ingeniería de los alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España (2018). (Recuperado el 25/09/2018)
- [7]. Infante, J. y González, M., Formulación de plástico biodegradable de la cáscara de plátano de la familia Musa Paradisiaca L. Hartón. Trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Químico, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela (2018).
- [8]. Parada, L., Crespín, G., Miranda, R., Katime, I., Caracterización del Quitosano por viscosimetría capilar y valoración poenciométrica. Revista Iberoamericana, 5 (1), Madrid. España (2014).

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

Natalia Esis^{1*}, Yolanda Hernández² y Oladis de Rincón²

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

²Centro de Estudios de Corrosión. Facultad de Ingeniería., Universidad del Zulia. Maracaibo, estado Zulia, Venezuela

Correo Electrónico: natyesis@hotmail.com

Recibido: 17-01-2019

Aceptado: 22-10-2019

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo evaluar las propiedades durables de morteros activados alcalinamente con silicato de sodio y silicato de calcio, para utilizarlos como sustituto parcial del cemento, en ambientes agresivos. Se prepararon tres mezclas de mortero con relación agua/cemento igual a 0,6: una mezcla patrón, una mezcla con 30% de sustitución de cemento por escoria de níquel activada alcalinamente con 4 % de silicato de sodio (en masa de escoria); y una mezcla con 30% de sustitución de cemento por escoria de níquel activada con 4% de silicato de calcio (en masa de escoria). Se determinaron propiedades mecánicas (resistencia a la compresión), propiedades físico-químicas (trabajabilidad, resistividad eléctrica, absorción capilar, porosidad efectiva, difusión de cloruros, carbonatación y pH) y propiedades electroquímicas (potencial de corrosión y velocidad de corrosión). Los resultados muestran que la mezcla con silicato de calcio, a los 137 días de fabricación alcanzó la resistencia mecánica de diseño. Adicionalmente, los resultados electroquímicos indican, hasta el momento, pasividad de la armadura en las mezclas evaluadas. Es necesario evaluar por mayor periodo de tiempo en el ambiente agresivo, para determinar si las probetas con silicato de calcio siguen manteniendo un comportamiento electroquímico similar a la mezcla patrón.

Palabras claves: Escoria de níquel activada alcalinamente, durabilidad de mezclas de morteros, activador alcalino, morteros con sustitución parcial del cemento.

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

Abstract

This investigation has the objective of evaluating the durable properties of alkali-activated mortars with sodium silicate and calcium silicate, to use them as partial substitutes of cement, in aggressive environments. 3 mortar mixes were prepared: one pattern, another mix that contains 30% of substitution of cement by alkali-activated nickel slag, with 4% of sodium silicate (on mass slag), and lastly a mix that contains 30% of substitution of cement by alkali-activated nickel slag, with 4% of calcium silicate (on mass slag). To this effect the test tubes were elaborated with a water/cement relation ($w/c=0,60$). The evaluation was made through accelerated procedures and the mechanical properties, the physical-chemical properties and lastly the electrochemical properties were determined. The mix with calcium silicate like alkali, after 137 days of done the mixes, allowed to increase the mechanical resistance of design. Additionally, the electrochemical results show, until now, passivity of the rebar, however, it's recommended to perform a study for longer period of time in aggressive environment to determine if the mortars with calcium silicate like alkali maintain the same behavior, similar to the pattern.

Key words: Alkali-activated nickel slag, mortar mix durability, alkaline activator, mortars with partial substitution of cement.

Introducción

El uso de desechos industriales como sustituto parcial del cemento, ha despertado interés en distintos centros de investigación por la necesidad de reducir el impacto ambiental generado y también la dependencia que se tiene sobre los recursos naturales agregados como fuente principal en los materiales que componen el cemento. La escoria de níquel es un desecho industrial que se produce por la explotación minera de ferroníquel. Actualmente su almacenamiento ha presentado una problemática difícil de resolver.

A nivel mundial, la escoria de níquel no se ha evaluado electroquímicamente. El Centro de Estudios de Corrosión de La Universidad del Zulia ha sido pionero en la evaluación de esta escoria. En el año 2012 se comenzó un proyecto de investigación, donde Montiel [1] empleó la escoria de níquel como sustituto del cemento, evaluando el efecto de la variación de los porcentajes de sustitución de cemento por escoria, así como el comportamiento de las mezclas al utilizar diferentes relaciones a/c; encontrando que, en ambientes marinos, el uso de la escoria solo es adecuada para concretos de buena calidad (a/c = 0,4) y bajos contenidos de la misma (< 20%).

Es por ello, que surge la necesidad de mejorar las propiedades de la escoria de níquel, alcalinizándola con distintos agentes. Por lo tanto, en el año 2018 se decidió evaluar la sustitución de cemento por escoria de níquel alcalinizada, utilizando como agentes el hidróxido de sodio e hidróxido de calcio, en el cual se observó una leve mejoría con respecto a la mezcla patrón, motivado a que se empleó una concentración del 1% con respecto al peso de escoria [2].

Por tal motivo, en busca de que el comportamiento de la escoria con respecto a la mezcla patrón sean más similares, la presente investigación se basa en evaluar la durabilidad de morteros preparados con escoria de níquel activada alcalinamente como sustituto parcial del cemento en ambientes agresivos, utilizando los activadores silicato de calcio y silicato de sodio, al 4% en base a la masa de escoria.

Fundamentos teóricos

El cemento Portland posee altos porcentajes de silicatos, y en su minoría se encuentran aluminatos, ferroaluminatos y sulfatos. Las propiedades de endurecimiento del cemento se logran mediante las reacciones que se producen al mezclar este producto con agua. En la reacción química principal del cemento (Ecuación 1), los reactantes que se encuentran son los silicatos, específicamente el silicato tricálcico y el silicato dicálcico, que al reaccionar con el agua producen silicatos hidratados (responsables de la resistencia mecánica) e hidróxidos de calcio (responsables a la resistencia a la corrosión) [3].



Los materiales puzolánicos son aquellos que son ricos en óxido de silicio. Por más que la escoria de níquel no se considere como un material puzolánico, su comportamiento es similar, debido a que este desecho se encuentra compuesto, en su mayoría, por óxido de silicio.

De esta manera, al sustituir una parte de cemento por escoria, se da origen a una reacción puzolánica (Ecuación 2).



Produciéndose calcio, silicio y agua; sin embargo, en proporciones distintas, de forma que, la escoria consume el calcio del hidróxido de calcio producido por la reacción del cemento y el agua. De esta manera, se incrementa la resistencia a la compresión, pero la resistencia a la corrosión se ve afectada negativamente.

Por lo tanto, se desea aumentar la alcalinidad de la mezcla. Es por tal motivo que se decide evaluar la escoria de níquel activada alcalinamente, para mejorar sus propiedades de la escoria y asegurar que se den todas las reacciones de forma adecuada, ya que se a través de la alcalinización se elevaría la reserva alcalina.

Parte experimental

Ensayos físico-químicos, mecánicos y electroquímicos de las probetas de morteros con escoria de níquel alcalinizada con silicato de sodio y silicato de calcio

Para la elaboración de los morteros se utilizó cemento Pórtland tipo II (de la cementera “Cementos Catatumbo”); escoria de níquel proveniente del Estado Aragua (de la minera “Lomas de Níquel”), agregado fino el cual se utilizó arena de río; los agentes alcalinizantes silicato de sodio y silicato de calcio, cuya formación se debe a la mezcla entre dióxido de silicio con óxido de sodio e hidróxido de calcio respectivamente; y como agente cementante se utilizó agua de uso doméstico.

El diseño de mezcla se determinó bajo la norma ACI 211.1 [4] considerando como características primordiales el asentamiento de 10 cm y la relación $a/c=0,60$, con ello se determinó la resistencia a la compresión de diseño, la cual resultó ser $260,90 \text{ kg/cm}^2$. Se dosificaron y se calcularon las diferentes proporciones necesarias de cada elemento de la mezcla de mortero (agregado fino, cemento y agua).

Para la realización de los ensayos se diseñaron probetas con distintas características, las cuales se especifican en la Tabla 1.

Tabla 1. Dimensionamiento de las probetas para cada tipo de ensayo.

	Ensayos	Tipos de Probetas	Cantidad	Dimensiones
Mecánicos	Resistencia a la compresión	Cúbicas	36	5x5x5 (cm)
Físico-químicos	Absorción capilar y porosidad efectiva	Cilíndricas		10x5 (cm)
	Profundidad de carbonatación natural	Cilíndricas	9	10x5 (cm)
	Difusión natural de Ion Cloruro (D3)	Cilíndricas		10x5 (cm)
	Resistividad eléctrica	Cilíndricas		10x5 (cm)
Electroquímicos	Potencial de corrosión	Prismática armada		10x20x5 (cm)
	Velocidad de corrosión	Prismática armada	9	10x20x5 (cm)

Al cumplirse 24 horas luego de realizada la mezcla, fueron sacadas de moldes y envueltas en papel periódico cubiertos de agua, para luego ser ingresadas en bolsas plásticas, asegurándose que las probetas mantuvieran la humedad a lo largo del tiempo de curado, el cual fue de 28 días. Luego fueron sacadas de las bolsas plásticas y debidamente identificadas.

Resistencia a la compresión: Se realizó a los 28 días y a los 137 días de fabricación, bajo la norma ASTM C39/ C39M [5]. Se utilizó la máquina para compresión, cuya función es ejercer fuerza a la parte superior e inferior de la probeta, y de esta manera evaluar la tensión de ruptura de cada una de ellas.

Absorción capilar: Para este ensayo se utilizó el método de Fagerlund [6]. La sorción capilar es la capacidad que tiene la probeta de absorber agua a través de los poros capilares, y la porosidad efectiva, es la porosidad relacionada con los poros capilares, es decir, los que se encuentran interconectados. Para realizar este ensayo, se secan en horno a una temperatura constante de $50 \text{ }^\circ\text{C}$, hasta peso constante. Luego, son recubiertas por la periferia de la probeta con parafina, dejando la cara superior e inferior desnudas. Se registra su peso inicial (W_0) y se ingresan en un recipiente cerrado que contiene en su interior una esponja saturada en agua, registrando el peso a los 5, 10, 15, 30 minutos, 1, 2, 3, 4, 5, 6 horas, y luego cada 24 horas, hasta llegar a peso constante.

pH: Este ensayo se realizó bajo la norma ASTM E70 [7], utilizando 5 gramos de muestra en polvo del núcleo de las probetas cúbicas; se disolvió en 25 mililitros de agua destilada, se agitó por 3 minutos y luego de dejó reposar por el mismo tiempo. Se filtró y el residuo acuoso obtenido se utilizó para medir la alcalinidad de la muestra, por medio de un pH metro. Para el análisis del pH se debe tomar en consideración dos factores importantes. El primero es que el cemento naturalmente posee un pH

entre 12 a 13 por los hidróxidos de calcio resultantes de la reacción del cemento con el agua [3]. Como segundo factor, el acero al encontrarse en un medio alcalino se pasiva, formando una película que protegerá a la armadura de agentes agresivos. Al sustituir una parte de cemento por escoria, la composición de hidróxidos de calcio se ve afectada, por lo que se alcaliniza para elevar las reservas alcalinas. Siendo vital la evaluación del pH de cada una de las muestras, para garantizar el buen funcionamiento de los álcalis utilizados.

Profundidad de carbonatación: Las probetas fueron colocadas en la estación de ensayos del Centro de Estudios de Corrosión de la Universidad del Zulia, la cual se encuentra en una avenida principal, donde las concentraciones del CO₂ en el ambiente son altas y constantes. Fueron expuestas durante 90 días. Al culminar el período de exposición, se cortaron transversalmente y se rociaron con fenolftaleína al 1%, luego se hicieron 12 mediciones, en cada uno de los cortes, de las zonas incoloras, lo que indica que en esa parte la probeta se encuentra carbonatada.

Difusión natural de ion cloruro (D3): Para este ensayo se utilizó la probeta cilíndrica de 10 cm de diámetro x 5 cm de longitud, a la cual se le insertó en la parte superior un tubo PVC de 3" de diámetro, con la finalidad de introducir en él 200 ml de solución de NaCl 1 M durante 90 días [8]. Al culminar ese período, las probetas fueron cortadas en lonjas de 1 cm de espesor, obteniendo 4 lonjas en total para cada probeta. Luego, fueron trituradas y al polvillo resultante se le determinó la cantidad de cloruros a través del método de Mohr.

Ensayos electroquímicos: Las probetas prismáticas utilizadas para los ensayos electroquímicos, se fabricaron con dos barras de acero de 3/8" de diámetro en su interior, recubiertas en sus extremos con pintura y dejando un área de 10 cm centrales desnudos para su evaluación. El equipo utilizado para determinar el potencial y la velocidad de corrosión fue el GECOR 10.

Luego del período de curado, las probetas fueron colocadas en el Laboratorio de Concreto del Centro de Estudios de Corrosión de La Universidad del Zulia, hasta su pasivación, es decir, valores de potenciales de corrosión más positivos de -200 mV vs. Cu/CuSO₄ [9] y de velocidad de corrosión menores a 0,1 μA/cm² [10]. Después de su pasivación fueron colocadas en la estación de ensayos del Centro de Estudios de Corrosión de La Universidad del Zulia, y rociadas semanalmente con una solución de NaCl al 3,5 %p/p. Se evaluaron durante 14 semanas, el potencial y la velocidad de corrosión, analizando la evolución del comportamiento de la armadura. La evaluación

Resultados y discusión de resultados

Caracterización de los agregados

Agregado fino: los resultados de la caracterización de los agregados se encuentran dentro de los límites permisibles, el módulo de finura de dicho agregado es de 3, la absorción es 2,16%, la humedad de 0% y el peso unitario compacto es de 1604,1038 Kg/m³.

Escoria de níquel y cemento: luego del proceso de molienda de la escoria de níquel. Se caracterizó la finura de la escoria y el cemento obteniendo así 1848 m²/Kg y 4327 m²/Kg respectivamente. También se caracterizó el peso específico obteniendo en escoria 3430 Kg/cm³ y en cemento 3000 Kg/cm³. Luego de que la escoria de níquel fue molida, se obtuvo la finura de la muestra y se encuentra por debajo del límite permisible, en comparación al valor del cemento que se posiciona por encima de este rango. El peso específico de la escoria de níquel es superior a la del cemento. Estos resultados indican que si la molienda de la escoria es superior se puede llegar a cumplir con los límites permisibles del cemento. Esta finura podría lograrse aumentando el tiempo de molido de la muestra de escoria en la máquina de ángeles.

Diseño de mezcla

A partir del asentamiento y la relación a/c que se seleccionaron, se determinó una resistencia a la compresión teórica de 260,90 kg/cm². Para 1 m³ de mortero se utilizó: 222,20 kg/m³ de agua; 341,66 kg de cemento; y 796,95 kg de agregado fino.

Trabajabilidad de las mezclas

Los agentes alcalinizantes mostraron un comportamiento adecuado, siendo incluso mejor que el patrón; la mezcla alcalinizada por silicato de calcio arrojó un valor del 99%, siendo ésta la más próxima al criterio de evaluación, que se sitúa en el 100%. De igual forma, la mezcla alcalinizada por silicato de sodio tuvo un valor del 130%, siendo la más parecida al patrón que se situó en un valor del 143%.

Resistividad eléctrica

En la Figura 1 se muestran los datos obtenidos de resistividad que se midieron por el método de Wenner a los 28 días de curado.



Figura 1. Resistividad eléctrica a los 28 días de curado.

Se pueden clasificar a todas las mezclas preparadas como de una alta agresividad para el acero de refuerzo [10]; lo cual era de esperarse, dada la alta relación a/c. No obstante, se nota una menor resistividad para la mezcla patrón.

Resistencia a la compresión

Con base en el diseño estructural elaborado bajo la norma ACI 211.1[4], la resistencia a la compresión que éstas presenten debe ser igual o mayor que la resistencia a la compresión teórica. En la Figura 2 se muestran los valores obtenidos.

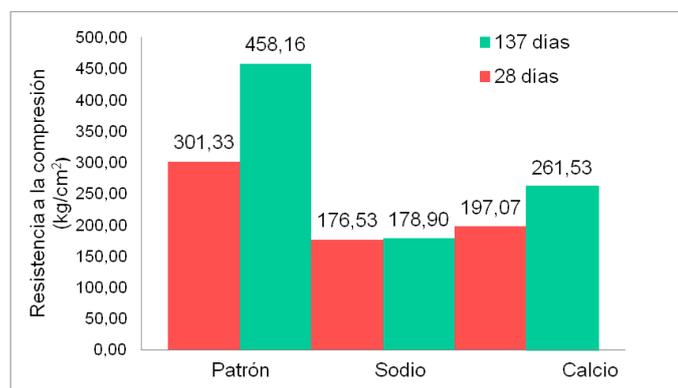


Figura 2. Resistencia a la compresión a los 28 y 137 días de curado.

A los 28 días de curado, únicamente la probeta patrón (elaborada sin escoria ni agentes alcalinizantes), alcanzó un valor promedio de 301,33 kg/cm², superando de esta manera el valor especificado en el diseño de mezcla (260,9 kg/cm²). Sin embargo, al transcurrir los días y realizar el ensayo, se obtiene

un incremento considerable. Las probetas realizadas con silicato de calcio como agente alcalinizante, alcanzan un valor promedio de 261,53 kg/cm², de acuerdo al valor especificado en el diseño de mezcla.

Absorción capilar

En la Figura 3 y 4 se observan los valores de los ensayos de porosidad efectiva y sorción capilar, respectivamente, los cuales comprenden el estudio de absorción capilar.

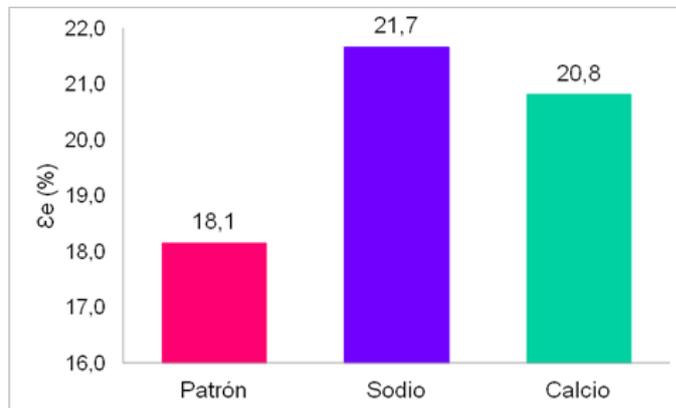


Figura 3. Porosidad efectiva de cada una de las mezclas realizadas.

En los concretos, los porcentajes de porosidad menor o iguales a 10% indican buena calidad y compacidad, porcentajes entre 10% y 15% indican concretos de moderada calidad y mayores a 15% indican concretos de durabilidad inadecuada [10]. En este estudio se realizaron morteros, por lo que los valores de porosidad permitidos serán más altos porque el agua puede penetrar con mayor facilidad por no contener agregado grueso. Comparativamente se observa que la muestra con silicato de sodio presenta la mayor porosidad entre las tres mezclas.

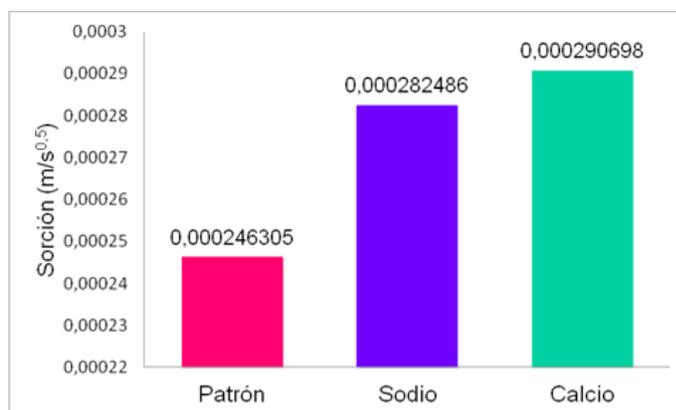


Figura 4. Valores obtenidos de sorción para cada una de las mezclas realizadas.

La relación agua cemento es un factor importante en el análisis de absorción capilar, ya que es una medida de su compacidad y mientras mayor sea ésta, mayor será la protección de la armadura.

Determinación de iones cloruros

La determinación de iones cloruros tiene una gran relación con la absorción capilar y la porosidad efectiva. Mientras más permeable y poroso sea el mortero, la penetración de agentes externos será mayor. Sin embargo, comparando los resultados en la Figura 5, el perfil de iones cloruros sigue un comportamiento similar para todas las mezclas; sin embargo, el contenido de estos iones es mucho menor

para el patrón que para las mezclas con adiciones; lo cual, como ya se indicó, era lo esperado, dada la mayor porosidad efectiva para estas últimas.

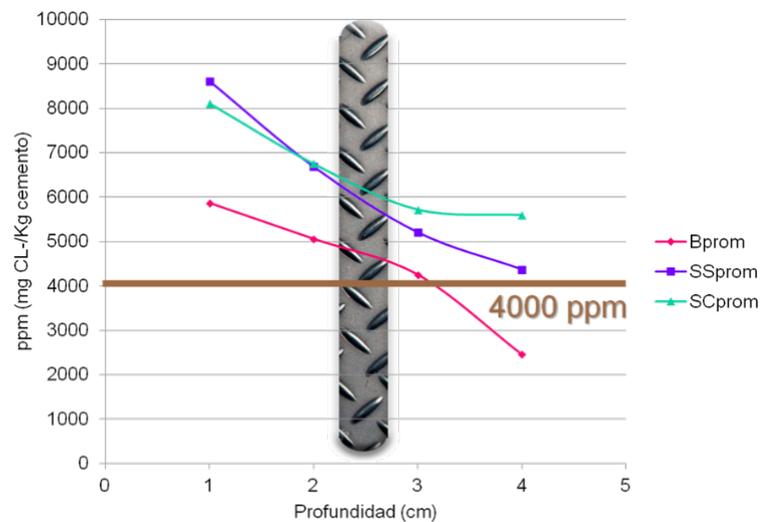


Figura 5. Perfil de los iones cloruro de las 3 mezclas elaboradas

Análisis de pH

En cuanto al pH no se observó una variación significativa; ya que en la mezcla patrón el pH fue de 12,05 y en las mezclas con sustitución fue de 11,99 y 11,87 para las que contenían calcio y sodio, respectivamente. De tal manera que, los álcalis cumplieron su papel de mantener la alcalinidad de la mezcla; no obstante, la carbonatación fue mayor en estas últimas dada la mayor porosidad efectiva.

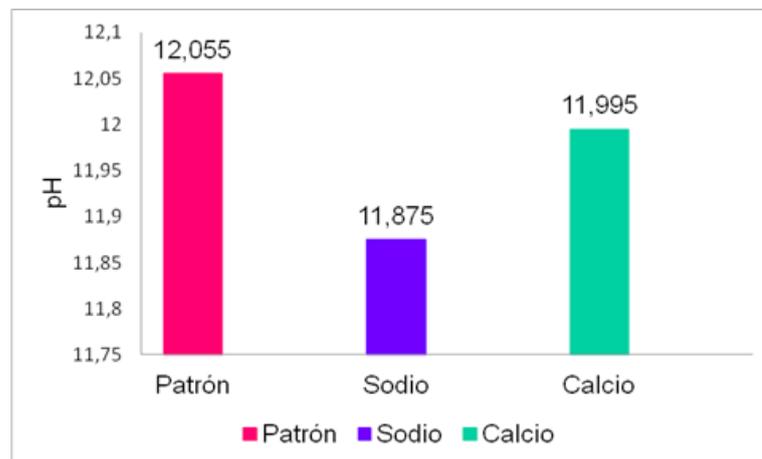


Figura 6. Evaluación del pH en los diferentes morteros.

Carbonatación natural

En la Figura 7 se observa que la probeta patrón es la menos carbonatada, siguiendo la de calcio y por último la de sodio, como era de esperarse; dado que al no tener la misma concentración de Ca, la reserva alcalina no será la misma, siempre y cuando no se incremente el contenido de Na y K.

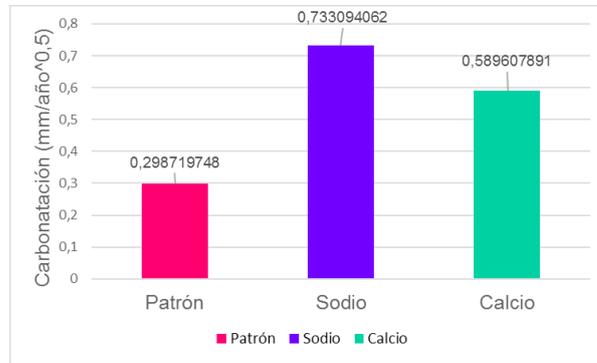


Figura 7. Velocidad de carbonatación luego de 90 días.

Potencial de corrosión y velocidad de corrosión

Al evaluar las propiedades electroquímicas (Figuras 8 y 9), factor fundamental al hablar de propiedades durables, hasta el momento de la última evaluación, todo el acero embebido en las diferentes mezclas se encuentra pasivado. No obstante, se observó una menor velocidad de corrosión en las mezclas con los álcalis. Sin embargo, es necesario esperar mayor tiempo de exposición para poder obtener resultados definitivos.

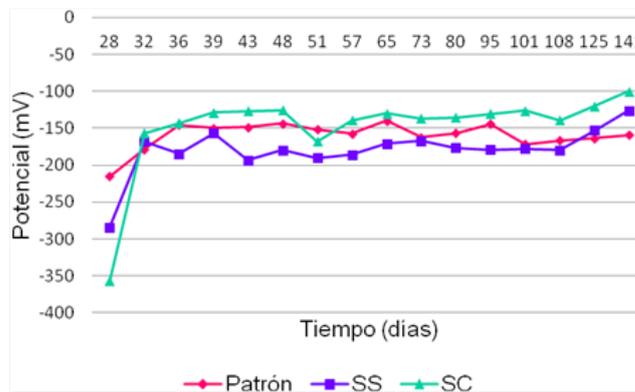


Figura 8. Variación del potencial promedio en el tiempo, de cada una de las mezclas elaboradas

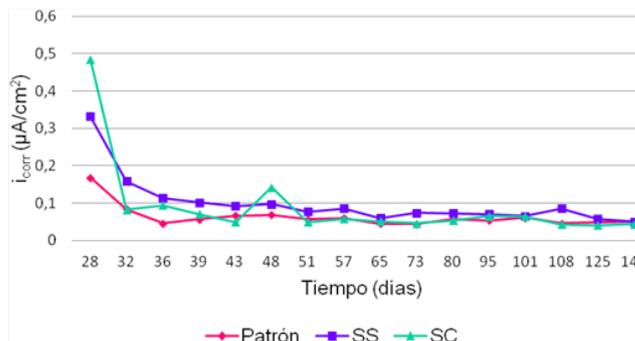


Figura 9. Variación de la velocidad de corrosión promedio en el tiempo, para cada una de las mezclas elaboradas.

A través de la Tabla 2, se puede comparar el comportamiento de las mezclas alcalinizadas con respecto a la mezcla patrón.

Tabla 2. Comparación, con respecto al patrón, del efecto de las propiedades durables en cada una de las mezclas elaboradas.

	SS	SC
Resistividad eléctrica	Mejora	Mejora
Resistencia a la compresión	No mejora	No mejora*
Absorción capilar	No mejora	No mejora
Porosidad efectiva	No mejora	No mejora
pH	Similar	Similar
Carbonatación Natural	No mejora	No mejora
Penetración iones cloruro	No mejora	No mejora
Velocidad de la corrosión	Similar	Similar
Potencial de corrosión	Similar	Similar

*Menor al patrón pero alcanzó la de diseño a los 137 días de evaluación.

Otro efecto que es importante mencionar es que, dado el alto contenido de silicatos, es posible que a mayores edades se produzcan cambios en la matriz del cemento que permitan mejorar su comportamiento; particularmente el de la mezcla que ya contiene Ca en la sustitución.

Conclusiones

Las mezclas con sustitución de 30% de cemento por escoria activada no mejoran las propiedades físico-químicas con respecto a las probetas de la mezcla patrón. A los 137 días de fabricación del concreto, el activador silicato de calcio permitió alcanzar la resistencia mecánica de diseño. Sin embargo, la activación alcalina de la escoria del níquel permitió mantener el pH del mortero, independientemente de la mezcla utilizada. Los resultados electroquímicos, obtenidos luego de 14 semanas de exposición a un ambiente marino acelerado, muestran pasividad de la armadura en todas las mezclas evaluadas; siendo menores las velocidades de corrosión en el mortero que contiene escoria de níquel activada con silicato de calcio. Por lo que se puede concluir que, la escoria de níquel activada sigue siendo una opción en la búsqueda de alternativas efectivas para la sustitución de cemento en mezclas de morteros y /o concretos.

Referencias Bibliográficas

- [1] Montiel, M., Evaluación de la durabilidad del concreto armado en ambientes marinos, utilizando escoria de níquel como sustituto parcial del cemento. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Maracaibo (2012).
- [2] Bracho, M., Evaluación de escoria de níquel activada alcalinamente como sustituto parcial del cemento en concreto expuesto a ambientes agresivos. Trabajo especial de grado para optar por el título de máster en corrosión. La Universidad del Zulia (LUZ). Maracaibo, Venezuela (2018).
- [3] Escalante, J., Materiales alternativos al cemento Portland. Unidad Saltillo del Cinvestav, Mexico, (2002).
- [4] Norma ACI 211.1, Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight and mass concrete, (2009).
- [5] Norma ASTM C39/C39M., Método de ensayo estándar para esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto, (2014).

- [6] Fagerlund, G., On the capilarity of concrete. Nordic Concrete Research, No 1, Oslo paper No. 6, (1986).
- [7] Norma ASTM E70., Standard Test Method for pH of Aqueous Solutions With the Glass Electrode, (2007).
- [8] RILEM TC 178-TMC., Analysis of water soluble chloride contend in concrete, (2002)
- [9] Norma ASTM C 876, Standard test method for half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete, (1995).
- [10] Durar, Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado, 2da edición, CYTED, México, (1998).

Ciudad y planificación. Caso: Maracaibo

María Isabel Medina

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

Correo Electrónico: mcmariaisabbel@gmail.com

Recibido: 29-04-2019

Aceptado: 22-10-2019

Resumen

El artículo presenta la realidad de las ciudades actuales, resultado de la interacción de actores y fuerzas que intervienen desdibujando las características originales del espacio urbano, como se generan factores naturales o provocados por el poblador y el gobierno local, transformando las conformaciones morfológicas que crean nuevos espacios; se revisará el caso de la ciudad de Maracaibo, urbe con una dinámica relevante en relación a las políticas determinadas por su Alcaldía y el quehacer cotidiano de sus habitantes. La metodología empleada está basada en la investigación documental cuyo resultado plantea la fundamentación teórica determinante sobre la cual se construirán los elementos estructurantes de la contemporaneidad de la ciudad y su evolución. Todo será posible en la medida que los gobiernos asuman esa realidad y la implantación de políticas públicas orientadas a concreción de ciudades como espacios óptimos, donde se busca el desarrollo del hombre que requiere la satisfacción de sus necesidades, libres de las presiones de la ciudad. Ello conlleva a la conciliación de intereses en pro del bienestar común, la garantía de la continuidad de esas acciones y la incorporación del poblador como actor principal en la toma de decisiones, ¿quién puede determinar que necesita sino el hombre mismo?

Palabras claves: Ciudad híbrida, fragmentación, globalización, gobernabilidad, gobernanza planificación, GGV

City and planning. Case: Maracaibo

Abstract

The article presents the reality of current cities, the result of the interaction of actors and forces that intervene blurring the original characteristics of the urban space, how natural factors are generated or provoked by the villager and the local government, transforming the morphological conformations that create new spaces; The case of the city of Maracaibo will be reviewed, a city with a relevant dynamic in relation to the policies determined by its City Hall and the activities of its inhabitants. The methodology used is based on documentary research whose result set out the determining theoretical foundation on which the structuring elements of the contemporaneity and its evolution will be built. Everything will be possible to the extent that governments assume that reality and the implementation of public policies aimed at the realization of cities as optimal spaces, where the development of man is sought that requires the satisfaction of their needs. This leads to the conciliation of interests in favor of the common welfare, the guarantee of the continuity of those actions and the incorporation of the settlers as the main actor in the decision-making, who can determine what they need but the man himself?

Key words: Hybrid city, fragmentation, globalization, governance, governance planning, VMG

Introducción

Ciudades Actuales

En el siglo XXI, es evidente la existencia de inquietantes grietas en el modelo democrático implantado en las ciudades latinas. La realidad actual se caracteriza por la convergencia de crisis múltiples y simultáneas, financiera-inmobiliaria, energética, climático-ambiental y, de gobernanza-valores y principios; frente a los devastadores golpes de la crisis económica, muchos Estados occidentales han apostado a la búsqueda de soluciones inmersos en intereses partidistas, chantajeados por poderosos grupos de presión, asustados por el creciente malestar social. Berggruen y Gardels [1] exponen que “El desafío de las democracias es doble, por un lado, debe satisfacer las demandas de mayor participación

ciudadana, por el otro, hacia arriba, lograr aislar de la presión cortoplacista la toma de decisiones esenciales para el futuro de la colectividad”.

Es indudable que en el mundo actual, global, las ciudades asumen un papel predominante por ser las aglutinadoras de la población, la continuidad espacial que generaron en su “hinterland” inmediato; según Carrión [2], se desdibuja hoy en el territorio que se ubica en un espacio que no necesita de la continuidad territorial para existir; en ese contexto avanza lo local hacia su globalización. Esta realidad tiende a transformar el concepto de ciudad y de local, desde su dimensión socio-demográfica y espacial lo que deriva en otras realidades del espacio construido según la volubilidad de la interacción de sus habitantes y el quehacer de estado.

Las ciudades se desarrollan como entes híbridos, resultado de la mezcla de las formas complejas-heterogéneas y las cambiantes dinámicas territoriales que caracterizan el hacer ciudad en Latinoamérica formal e informal. Ello no solo es producto de la pérdida de los bordes y entremezcla en las periferias, también coadyuva la densificación reconducida por los asentamientos en las zonas de mejores condiciones que se adapten a los patrones marcados por las consideraciones globales impuestos a los desarrollos territoriales.

Sin embargo, es importante resaltar que ello no implica la pérdida del conjunto de rasgos inherentes a la identidad básica de las localidades; por el contrario, como afirma De Matos [3], “existe evidencia acerca de que en virtud de estos procesos cada ciudad se transforma, preservando muchos de los rasgos establecidos y consolidados a lo largo de su historia, que son los que la distinguen de otras ciudades”. Se trata de elementos relacionados con la identidad urbana histórica de cada localidad: la idiosincrasia de sus habitantes, la morfología original del lugar de emplazamiento, las modalidades de la vida urbana cotidiana evolucionadas según las vivencias propias de cada localización; esa identidad permanecerá más allá de los impactos de la globalización.

Fundamentos Teóricos

1. Ciudad resultante: como transformarla

Las ciudades proveniente de las transformaciones por la asociación de factores externos: Globalización enfocada a la semejanza de los espacios asumiendo la pérdida de las identidades locales, los bajos índices de Gobernanza y los escenarios generales que han expuesto a las localidades a nuevas realidades que originan cambios; y fusiones internas dadas por los movimientos naturales de los habitantes que buscan afianzar su modo de vida, son organismos ecotransformadores dinámicos, suma de esfuerzos por adaptarse a los nuevos requerimientos de la globalización. Los resultados son entes volubles, que asumen un carácter más flexible y cambiante, semejante a medios líquidos, según Bauman [4] “los sólidos conservan su forma y persisten en el tiempo: duran, mientras que los líquidos son informes y se transforman constantemente: fluyen. Como la desregulación, la flexibilización o la liberalización de los mercados”.

Los escenarios deben ser ajustados desde la perspectiva de las fluctuaciones con herramientas apropiadas que evidencien las caracterizaciones del territorio, ese instrumento debe tener una naturaleza analítica-conceptual, capaz de explicar “complejidad y dinamismo del territorio y, la multidimensionalidad y diversidad socio-espacial y genética que caracteriza las ciudades contemporáneas” [5]. En el caso de Venezuela y Latinoamericana, su transformación ha derivado en ciudades híbridas dispersas, la autora “mezcla de fragmentos con genes tipológicos heterogéneos, formales e informales y múltiples ‘entres’, que coexisten, se yuxtaponen y entretejen desde el espacio público, en un continuo espacio-temporal redefinido en mutación y expansión permanente”, Ferrer [6].

Estas nuevas ciudades deben valorarse de forma que se puedan determinar los escenarios reales que permitirán la toma de decisiones acertadas; es desde la Planificación Estratégica donde se pueden obtener las imágenes de esos territorios partiendo de la composición modular proporcionada por la suma de las partes de un gran todo fragmentado.

La información base para la planificación debe ser coherente con la realidad territorial, determinada según se entienda que las ciudades se han transformado en Ciudades Híbridas Fragmentadas, que mutan de lo informal a lo formal como entes disgregados socialmente, basados en los principios de exclusión y polarización; toda vez que son elementos dinámicos y deben plantearse desde la lectura de la genética territorial, como entes con características particulares:



Fig. 1: Morfología Actual de las Ciudades Latinas

De no preverse la implementación de herramientas apropiadas se continuara con ciudades divididas en espacios suburbanos autogobernables, compuestos por subsistemas económicos, sociales y físico-construidos, con flujos bidireccionales en los cuales prevalecen la cohesión de las acciones, ciudadanos y territorios, sin visión compartida para lograr el desarrollo y la infraestructura meta-natural, Ferrer y Ávila [5]. Los planes que se generen deben promover mejorar la vida del habitante, exaltando los derechos constitucionales de Dotación de servicios y equipamientos, y acceso a oportunidades de educación, salud y recreación.

La genética que caracteriza las ciudades está relacionada con la Ontología Territorial, estipulando como sus dimensiones la física ambiental, la economía social, la política y la cultura, todo ello define las características propias y su código genético. De todo ello se debe extraer las características del genoma urbano de las ciudades híbridas, toda vez que ellas definen nuestra ciudad como espacios multiplurales con múltiples espacios de autonomía política, fragmentados y dominado por fuerzas centrípetas y centrifugas. La sostenibilidad se relaciona con las características variadas y mezcladas de los genes tipológicos, su gobernanza sociopolítica, su concreción física y los espacios multidimensionales creados [5].

2. Maracaibo: ciudad y gobierno

Casi todas las democracias latinas han dado giros interesantes en lo transcurrido del Siglo XXI, con el despertar de los pueblos demandando sus necesidades, la globalización que genera matrices comunes de requerimientos y de planteamientos base de las políticas públicas ajustadas a las realidades particulares de cada región, las modalidades morfológicas transformada, las modificaciones económicas y energéticas mundiales, han llevado a los gobiernos a reevaluar sus propuestas y a la apertura a la participación de la multiplicidad de actores que construyen las ciudades, logrando una mayor transparencia de sus gestiones. Las ciudades se mercadean como herramienta de gestión, y así que lo atractivo de una ciudad, para las empresas y para las personas, descansa tanto en variables económicas, como en lo construido, lo social y medioambiental.

Los gobiernos buscan legitimarse por su desempeño lo que fortalece la gobernanza transversando de lo local a lo global, los gobiernos y los flujos se adaptan mejor a lo global, lo acercan al ciudadano y aumenta la capacidad de trabajar e intervenir y para ello deberá evaluarse la Gobernanza como elemento determinante de la pertinencia de las acciones de los gobernantes de turno, toda vez que demuestran acciones asertivas o no sobre los quehaceres diarios de ciudad. Esta será medida a través de seis Indicadores de Gobernanza Mundial (IGM/WGI) determinados por Kaufmann [7], a saber:

1. Voz y rendición de cuentas.
2. Estabilidad política y ausencia de violencia.
3. Eficacia del gobierno.

4. Calidad del marco regulatorio.
5. Estado de derecho/imperio de la ley.
6. Control de la corrupción.

Ello conlleva a la Alcaldía de Maracaibo a asumir, desde 1989, según Ferrer [5], un nuevo estilo de gobierno, en el cual se focaliza su actuación en la identificación de problemas y ejecución de soluciones - apoyándose en la gestión visible (GGV). Esta nueva práctica de gestión pública “es en esencia una forma de gobierno impulsada por políticas que conlleva un determinado paisaje-forma de gobernanza”.

Esas acciones de gobierno no han sido contundentes, las posibilidades de lograr gestiones dignas que transversen hacia un apuntalamiento del desarrollo local mediante la implantación de proyectos concretos que signifiquen la consolidación de lo visible como la traspolación de las necesidades de sus habitantes se han visto afectadas la posición país hacia los índices de gobernanza, los recursos destinados a minimizar situaciones desbordadas por las condiciones imperantes en la región y el país, y la manipulación del poder por un grupo reducido orientando las acciones a intereses de pocos. Será entonces desde la buena voluntad política que esa gestión visible logre concretar mejoras en los ámbitos urbanos, que impulse el desarrollo integral de la ciudad como ente aglutinador de la interacción diaria de pobladores que tienen necesidades y que deben salir a ese espacio a obtener lo requerido, pobladores que manejan sentidos específicos de una identidad desarrollada en un espacio determinado que han aprendido a leer como propio y cada día se les hace más desconocido.

Se requiere una firme decisión política, tanto de los gobiernos comprometidos con valores de transparencia, participación y colaboración de los ciudadanos, como de las propias organizaciones sociales, que deben imaginar e implementar mecanismos que promuevan el interés de los habitantes por un mayor involucramiento en la gestión de lo público.

De esta manera, toda reflexión sobre la Gobernanza debe partir de un hecho básico, fundamental: que los sistemas formales democráticos no han logrado incluir y proporcionar una ciudadanía real e igualdad de derechos a las grandes mayorías y de que éstas están llegando a la conclusión de que eso tiene que ver justamente con las “formas” democráticas. Que no se puede cambiar las injusticias, exclusiones y desigualdades, sin cambiarse las instituciones formales democráticas hasta ahora vigentes.

3. Planificación en Venezuela

Para determinar las acciones pertinentes en relación a la planificación de las ciudades, es necesario reconocer los actores participantes en la toma de decisiones según los niveles de gobierno existentes. Venezuela es un país descentralizado, con una conformación de multiniveles político-territoriales de competencia administrativa pública: Nacional, Estatal-Regional y Municipal-Local. En este momento político la interrelación entre esos niveles es discontinua y muchas veces abrupta, lo que conlleva a un desarrollo desequilibrado y de muy bajo impacto en aquellas regiones que adversan las líneas de pensamiento del poder central. Ello define una política urbana formulada a través de los planes de ordenación del territorio, ordenación urbanística y planes de desarrollo económico-social, incorporando los principios de políticas centralistas, jerárquicas y las líneas de gestión vertical y en cascada (Ver figura 2).



Fig. 2: Planificación según niveles

La reforma de leyes y planes en Venezuela se ha realizado de forma vertiginosa a través de las Leyes Habilitantes, no logrando siempre resultados exitosos que apunten al desarrollo del territorio o a gestión participativa de los actores pertinentes; de allí se derivan las leyes relacionadas con los Consejos Comunales, hecho que desvirtúa los niveles políticos-administrativos y las acciones eficientes sobre la materia, lográndose ciudades más diluidas y fragmentadas. La centralización a la que se ha apuntado es riesgosa para lograr un desarrollo cónsono con los principios establecidos en la prácticas actuales tanto políticas como económicos, toda vez que se deben fortalecer las potencialidades locales para aglutinar esfuerzos sin recargar al estado con la hegemonía de las directrices a seguir.



Fig. 3: Multipluralidad del Marco Normativo de la Ordenación del Territorio en Venezuela

4. ¿Ciudad planificada?

La génesis de la planificación para Maracaibo radica en la necesidad de implantación de líneas de desarrollo claramente racionales, enmarcadas en el control de la expansión de una ciudad pujante, plegada a los criterios de gestión impuestos por un nivel central, quien dictamina las pautas a seguir e impone modelos ajenos a las realidades particulares de las regiones.

Los modelos aplicados desde la Planificación centralizada, hasta el nuevo control asumido por los gobiernos locales, que en Maracaibo concluyen en la década de los 90 del s. XX con la separación de las áreas del sur de la ciudad y la constitución del nuevo Municipio de San Francisco, estuvieron signados por los mismos elementos, la complacencia de las minorías en perjuicio del ciudadano común y de la ciudad en sí; según Ferrer [9] se han obtenido planes ineficaces que generaron una ciudad con una ocupación no planificada del 60% , desbordada de los límites impuestos por las gestiones públicas, resultando una ciudad que difiere con los objetivos de esos planes, donde el quehacer diario y la dinámica de sus habitantes han impuesto los nuevos patrones para el desarrollo, sin orden, sin criterios aparentes, solo como contextualidad de su hábitat cotidiano.

La realidad se hace evidente en los bordes que se despliegan, en los sectores que se saturan y se transforman en nuevos espacios que responden a otros intereses y luchan por mantener su vigencia ante la rápida y multiplural actualidad que genera los cambios morfológicos adecuando ese presente con caras al futuro. Pero ese ciudadano que requiere de respuestas no logra concretar, realmente su cotidianidad lo envuelve en actividades dirigidas hacia su supervivencia, le corresponde al gobierno local la tarea de impulsar el desarrollo hacia la ciudad actual que se necesita.

La planificación urbana debe no solamente ajustar a Maracaibo a lo que los marabinos requieran, sino que se necesitan instrumentos que vuelquen el desarrollo urbano hacia la generación de espacios sostenibles apuntalados por respuestas claras hacia el hacer ciudad de estos pobladores específicos. “El desarrollo de las últimas décadas ha introducido una separación extrema de funciones por barrios, la urbanización discontinua y la ocupación extensiva del territorio”, Echebarría y Aguado [8], se debe revertir lo producido con la introducción de nuevos lineamientos que garanticen políticas sociales, económicas, ambientales y culturales que regulen la vida económica y social de sus ciudadanos.

Conclusiones

La necesidad de cohesión entre las tendencias reales de desarrollo de la ciudad y las respuestas que exige el poblador obligan a una franca implantación de instrumentos renovados, que frenen la expansión de Maracaibo y la adopción de los modelos difusos de urbanizaciones y barrios, la exclusión de sectores menos pudientes y de servicios específicos fuera de la ciudad, el abandono de los territorios saturados y desgastados, los modelos urbanos preestablecidos y aplicados por conductas aprendidas y heredadas, la negación de las raíces claras del marabino y el desconocimiento de una identidad social que define y delimita lo que el usuario reconoce. Esto está motivado, en parte, por una serie de factores como son el aumento del costo del suelo, las condiciones de inseguridad que propician los cierres de vías, la predominancia del paisaje construido, las distancias cada vez mayores y la insuficiencia de equipamiento e infraestructura adecuada al crecimiento poblacional.

Todo esto provoca que las ciudades se conviertan en espacios inhóspitos para sus habitantes, si se continua a este ritmo en la difusión de la ciudad, en vez de optar por una ciudad más humana, no como resultado del quehacer de ese poblador que reclama ese territorio como propio, sino de la interacción de esas necesidades con la planificación que se produce como elemento regularizador del desarrollo. La solución de esos dilemas está íntimamente ligada a la planificación urbana eficiente, en la que partiendo de un análisis territorial, económico y sociológico exhaustivo se adopten medidas orientadas a construir una ciudad “de y para sus habitantes”.

Primero, se debe revisar la normativa vigente sincerando los criterios fundamentales con la comparecencia de los actores claves involucrados, gobierno-poblador, que busquen unas introducir crite-

rios de eficiencia en el diseño urbano y la compaginación de usos territoriales basados en la realidad marabina.

En segundo lugar, evaluar la pertinencia de la ciudad que se plantea con el ciudadano que la ocupa, y como la identidad de ese poblador influye en el sentido de pertenencia que desarrollara en consecuencia de los elementos que reconozca.

En tercer lugar, la adecuación de los espacios ya consolidados para que armonicen con la tendencia propuesta por los planes, donde confluyan los diferentes usos territoriales, definidos por el desarrollo real y la dinámica actual de la ciudad.

En cuarto lugar, propiciar las intervenciones urbanas a través de métodos alternativos que busquen generar acciones puntuales que motiven al habitante a asumir el espacio como suyo y que la interacción recicle los espacios, motorizando la regeneración de nuevos espacios urbanos multiplurales, adaptables a la naturaleza cambiante del hombre como eje de ocupación. Por último, recuperar la ciudad para los peatones, favoreciendo de este modo su concienciación ambiental.

Todo será posible en la medida que los gobiernos asuman esa realidad y la implantación de políticas públicas orientadas a concreción de ciudades como espacios óptimos, donde se busca el desarrollo armónico del hombre que requiere la satisfacción de sus necesidades básicas, libres de las presiones propias de la ciudad. Ello conlleva a la conciliación de diferente interés en pro del bienestar común, la garantía de la continuidad de esas acciones y la incorporación del poblador como actor primordial en la toma de decisiones, quien puede determinar que necesita sino el hombre mismo?

Referencias Bibliográficas

1. Berggruen, N. y Gardels, N. *Gobernanza Inteligente para el Siglo XXI: Una vía intermedia entre Occidente y Oriente*. Editorial Taurus, España (2013).
2. Carrión, F. *La Ciudad construida. Urbanismo en América Latina*. Flacso-Ecuador. Junta de Andalucía, (2001)
3. De Mattos, C. A. *Transformación de las ciudades latinoamericanas: ¿Impactos de la globalización?*. Eure (Santiago), (2002).
4. Bauman, Z., *Modernidad líquida*, Fondo de Cultura Económica: Argentina, (2005).
5. Ferrer y Arroyo, M. y Ávila de Montero, N. *Planificación y Gestión Local: Una Joint Venture. Innovación en Tecnología Urbana*. Revista de Ciencias Sociales (Ve) diciembre, año/vol. IX, número 003. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela, (2003).
6. Ferrer y Arroyo, M. *Gobernar la complejidad urbana desde la sostenibilidad. Evaluación del gobierno de la gestión visible utilizando indicadores de gobernanza (Venezuela)*. Tesis, Doctorado en Ciencias Ambientales. ETSII-UPM, Madrid, (2012)..
7. Kaufmann, D., Kraay, A., Mastruzzi, M., & Mundial, B. *Governance matters IV: nuevos datos, nuevos desafíos*. Banco Mundial, <http://www.worldbank.org/wbi/governance/pdf/synthesis-es.pdf>. (2005)
8. Echebarría Miguel, C. y Aguado Moralejo, I. *La planificación urbana sostenible* Univ. del País Vasco. Fac. de CC. Económicas y Empresariales. Bilbao, (2003)
9. Ferrer y Arroyo, M. *Genética territorial. Análisis y Evaluación del Genoma de la Ciudad Híbrida*. Doctorado en arquitectura. DEPG. FADLUZ, (2014).

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

Karina Martinez¹, Cezar Garcia^{2,3}, Jose Gonzalez⁴, Juan Hernandez⁴ y Gabriela Carruyo⁴.

¹Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela. karinaisabelmartinez@hotmail.com

²División de Postgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia.

³Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta.

⁴Laboratorio de Carbón, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia.

Recibido: 19-06-2019

Aceptado: 22-10-2019

Resumen

El objetivo de esta investigación fue obtener una correlación generalizada para una columna de base plana y cónica para fluidización en aire del carbón proveniente de la mina Cerrejon. Se determinaron las propiedades de fluidización, velocidad mínima y caída de presión en un lecho de forma cilíndrica y base cónica con ángulos de 30, 45 y 60 grados, incorporando un distribuidor tipo sombrero, variando la altura del lecho y el tamaño de partículas de carbón con granulometrías de -20+40, -45+50, -40+90. La comparación entre datos experimentales y calculados indica que su aplicabilidad está limitada a los efectos cilíndricos de base plana y al sistema fluido-sólido correspondiente, exceptuando la correlación de Wen Yu que mostró desviaciones de 0.34% para $D_i/D_c=0.6053$ y 6.96% para $D_i/D_c=0.2763$. Las pruebas realizadas muestran que al incrementarse el valor de la relación diámetro del distribuidor al diámetro del cono D_i/D_c , el valor de la velocidad disminuye en esa medida.

Palabras clave: Fluidización, velocidad mínima, sistema gas-sólido, carbón Cerrejon.

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

Abstract

The objective of this research was to obtain a generalized correlation for a flat base column and conical for fluidization in air of coal from the mine Cerrejon. Properties of fluidization, minimum velocity and pressure drop in a bed of cylindrical form and conical base were determined with angles of 30, 45 and 60 degrees, incorporating a cap type distributor, varying the bed height and size of coal particles with particle sizes of -20 +40, -45 +50, -40 +90. The comparison between experimental and calculated data indicates that its applicability is limited to flat-bottomed cylindrical effects and the corresponding fluid-solid system, except the correlation of Wen Yu who showed deviations of 0.34% for $D_i/D_c=0.6053$ and 6.96% for $D_i/D_c = 0.2763$. Tests show that by increasing the value of the ratio diameter of the distributor to the diameter of the cone D_i/D_c , the value of the velocity decreases to that extent.

Keywords: Fluidization, minimum velocity, gas solid system, Cerrejon coal.

Introducción

El desarrollo de técnicas de manipulación de sólidos ha permitido el establecimiento de nuevos procesos químicos, la comercialización exitosa de los sólidos fluidizados en la industria del petróleo, en la gasificación del carbón y en la extracción de metales entre otros. La habilidad operacional del lecho fluidizado para aproximarse a condiciones isotérmicas es una ventaja vigente de control de temperatura sobre otras maneras de conducir procesos de conversión de energía, física o química (1-5)

Debido a los fenómenos de transporte de momento de los sólidos y los fluidos, además de los procesos de transferencia de calor y masa, se dificulta la obtención de criterios uniformes de diseño para lechos fluidizados. El diseño a gran escala de lechos fluidizados se basa primordialmente en experiencias y en pruebas de ensayo y error con los carentes criterios de diseño uniforme (6-8)

Muchas investigaciones han demostrado que el contacto gas-sólido es más eficiente en la vecindad del distribuidor que en niveles superiores del lecho, por lo que es importante su diseño en el comportamiento físico y químico del lecho. Es así como Manieh et al. (9) en 1976 estudiaron la velocidad mínima de fluidización para partículas de mineral de carbón del Guasare y hierro de Matanzas utilizando como agentes fluidizantes aire y agua y una base cónica de 80°. Ellos concluyeron que la velocidad mínima de fluidización aumenta con el diámetro de la partícula, con la altura y el peso del lecho, con la densidad de los sólidos y con la densidad y velocidad del fluido. A pesar de usar geometría de base de lecho cónica no incluyeron esta variable en el modelo matemático.

Por otra parte, García et al. (10) estudiaron las propiedades de fluidización del mineral de hierro de Matanzas en lechos cilíndricos de base cónica usando aire como agente fluidizante para partículas con tamaños entre los tamices 30 y 50, con factor de forma 0.94 y porosidad del lecho estático de 0.39. Entre las variables analizadas se incluyen columnas con diferentes relaciones diámetro del distribuidor y diámetro de columna. Los resultados experimentales demuestran que la disminución de la relación Distribuidor/Columna determina una mayor velocidad de fluidización y una disminución en la caída de presión.

Ferrer (11) estudió los mecanismos de transferencia de momento en lechos fluidizados de base cónica, formulando un modelo matemático que toma en cuenta como variable la geometría cónica del lecho, donde concluye que las correlaciones para determinar los valores de velocidad mínima de fluidización dados por la literatura sólo son aplicables a los lechos cilíndricos de base plana con algunas excepciones; con respecto al ángulo del cono, el que represento un proceso uniforme de fluidización fue el ángulo de 45°.

Debido a lo antes expuesto se considera estudiar las condiciones mínimas de fluidización en lechos de base cónica, con tres ángulos de cono diferentes, variando el diámetro de partículas del carbón proveniente de las minas del Cerrejón para determinar el mejor ángulo de cono que permita un régimen de fluidización uniforme y establecer un modelo matemático que tome en cuenta los parámetros involucrados en esta modificación del diseño del equipo de fluidización.

Metodología

El desarrollo del proceso experimental consiste en determinar para cada geometría cónica los parámetros de velocidad lineal y caída de presión con la finalidad de determinar las condiciones mínimas de fluidización, en función de variables, diámetro del cilindro diámetro del distribuidor, altura del lecho de carbón y granulometría.

Las pruebas de fluidización se realizan usando carbón mineral extraído de las minas del Cerrejón con granulometría de -20+40, -45+50 y -40+90. El agente fluidizante es aire y se efectúan pruebas con carga de mineral en tres recipientes cónicos de 60°, 45° y 30° y en base plana; todas las pruebas se hacen por triplicados.

1.1 Parámetros del proceso de fluidización

Para cada tamaño de partícula en el lecho de la base cónica se analiza el efecto de la altura: 2; 3.5; 5; 7 y 9 cm por intermedio de la variación de la velocidad del agente fluidizante con un rango entre 4.25 y 37.38 m³/h y la caída de presión para cada uno de los ángulos de la base cónica. Este procedimiento se realiza para cada granulometría hasta obtener la relación entre la caída de presión y la velocidad. Posteriormente se procede a la construcción de la columna de fluidización con el siguiente ángulo de la base cónica y se repiten los ensayos. Finalmente se incorporara el efecto comparativo para las diferentes granulometrías para los lechos cilíndricos de base plana a las mismas condiciones operacionales

1.2. Propiedades Físicas

- i. Agente fluidizante: aire atmosférico, densidad, viscosidad absoluta.
- ii. Sólido a fluidizar: Carbón Mineral, Densidad, porosidad, esfericidad (factor de forma) y diámetro promedio.

Las determinaciones del caudal se realizarán mediante un rotámetro estándar previamente calibrado y la caída de presión mediante un manómetro diferencial en U conectado uno en la parte cónica y el otro a la parte cilíndrica y conteniendo agua como líquido indicador.

1.3 Unidad de Fluidización

La unidad de fluidización del mineral de carbón, se encuentra constituida por: una caja de aire o soplado, un soporte de lecho, una sección cónica y una sección cilíndrica además de las tuberías de conexión al compresor, el rotámetro y el manómetro diferencial.

Descripción del equipo de fluidización

a. Caja de aire: La caja de aire o de soplado, esta formada por dos secciones, una a continuación de la otra. Una sección cilíndrica y otra cónica la cual está ubicada debajo de la malla de soporte. La caja de soplado tiene por función distribuir el flujo del agente fluidizante de una forma más uniforme sobre la malla de soporte

b. Envase del lecho: Está constituido por una sección inferior cónica con la relación de diámetro del distribuidor al diámetro de la sección cilíndrica constante, seguida de una sección cilíndrica de 120 cm de altura y 38 cm de diámetro.

c. Tope: Consiste de una tapa en forma cónica con un orificio en la parte superior externa y una campana en su parte interna, la cual sirve para evitar el arrastre de las partículas hacia el medio exterior.

d. Tomas de presión y velocidad: Se encuentran colocadas a lo largo de todo el equipo, tanto en la sección cilíndrica como en el cono.

Calibración del rotámetro

Consiste en tomar el cilindro de vidrio y colocar un flotador capaz de medir el rango de velocidades necesario para el desenvolvimiento de los ensayos experimentales luego se procede a medir con un medidor de velocidad lineal o un medidor de volumen húmedo el 10% del caudal máximo fijado inicialmente para los ensayos o pruebas, luego se procede a graduar el cilindro de vidrio hasta llegar al 100% del caudal máximo.

1.4 Selección y caracterización del mineral

Selección del tamaño de las partículas

Para lograr obtener los resultados adecuados del experimento para el mineral escogido, se necesitará primero fijar una técnica adecuada de preparación y selección de las muestras. Este proceso de preparación conlleva a una serie de etapas tales como: reducción mecánica del tamaño de partículas, tamizado y separación de fracciones con el propósito de elaborar muestras representativas en cantidad y calidad

Caracterización del mineral

- a. Determinación de la densidad

La densidad del mineral de carbón se determinará por el método del desplazamiento miscible. El cual consiste en medir un volumen de un líquido de densidad menor al sólido, luego se procede a medir el peso de la muestra previamente secada a 105°C, se agrega a un cilindro graduado y se observa el volumen de líquido desplazado el cual representa el volumen real de sólido.

$$\rho_r = \frac{m}{V_b - V_d} \quad (1)$$

Donde:

ρ_r = Densidad real del sólido, gr/ml

V_{Lo} = Volumen inicial del líquido, ml.

V_d = Volumen desplazado, ml

m = Peso de la muestra, gr

b. Determinación de la fracción vacía.

La fracción de vació se determina por un método similar al de la densidad que consiste en medir el volumen desplazado por el sólido usando un líquido de menor densidad, dicho valor representa el volumen real que ocupa el sólido y luego se mide el volumen aparente determinándose el volumen ocupado por los intersticios o volumen vació midiendo dicho volumen se conoce la fracción de vació por la relación entre el volumen vació y el volumen aparente.

$$\epsilon = \frac{V_{vacío}}{V_{aparente}} = \frac{V_{aparente} - V_{real}}{V_{aparente}} \quad (2)$$

c. Determinación del factor de forma

El factor de forma se determina a partir de la densidad real y el peso de una partícula de carbón, éste se obtiene por la media aritmética del peso de mil partículas escogidas aleatoriamente. Una vez obtenido el peso promedio se divide por la densidad real del sólido y así se obtiene el volumen promedio de una partícula. Luego se calcula el volumen de una partícula esférica con un diámetro promedio igual al promedio de la abertura de los dos tamices donde quedan atrapadas las partículas, según la siguiente expresión:

$$V_e = \frac{\pi * D_p^3}{6} \quad (3)$$

Una vez obtenidos ambos volúmenes descritos anteriormente se calculó el factor de forma por la siguiente expresión:

$$\phi = \frac{V P}{V e} \quad (4)$$

Resultados y Discusión

Los principales parámetros para el diseño de una unidad de fluidización son la velocidad mínima de fluidización y la caída de presión, no solo para el diseño sino para su operación. Se han demostrado las ventajas de esta técnica en lo que respecta al intercambio o transferencia tanto de masa como de calor, sin embargo la geometría del equipo, tamaño y esfericidad de partícula y la buena distribución del fluido en la base o soporte de lecho producen variaciones o afecta significativamente la velocidad relativa fluido-sólido

Selección de la muestra

Luego de cumplidas las etapas de reducción mecánica y tamizado se obtuvo la proporción de diámetros que se indica en la tabla 1. De los resultados obtenidos se puede apreciar que el mayor porcentaje de partículas de carbón esta en el rango de diámetros de granulometría de 40, 50 y 90 mesh.

Tabla 1. Análisis granulométrico de las partículas de carbón

Tamiz (mesh)	Tamiz (mm)	Peso (gr)	%Retenido	%Acumulado
20	0.841	1250	4.00	4.00
40	0.420	5843	18.73	22.73
45	0.354	3615	11.59	34.32
50	0.297	6021	19.30	53.62
30	0.160	11450	36.70	90.32
Receptor		2025	6.49	96.81
Pérdida		996	3.19	100
Total		31200	100	

Propiedades físicas de la muestra

Siguiendo la metodología experimental se obtuvieron a partir de las muestras de carbón la densidad real y aparente del mismo, necesarias para el cálculo de los parámetros de fluidización como lo son la fracción de vacío y factor de forma, para los diferentes tamaños de partículas resumiéndose en la tabla 2.

Tabla 2. Propiedades físicas de la muestra

Diámetro de partícula (mm)	Densidad (ρ) (g/ml)	Fracción de vacío (ϵ)	Factor de forma (ϕ)
-0.841+0.420	1.1054	0.50	0.69
-0.354+0.297	1.1273	0.53	0.83
-0.420+0.160	1.1250	0.48	0.76

De los resultados obtenidos puede decirse que la fracción de vacío estuvo en rango comprendido entre 0.48 y 0.53 observándose con esto que el fluido tendría poca dificultad para fluir y las caídas de presión encontradas serian bajas para el sólido estudiado. El factor de forma presentó valores entre 0.69 y 0.83, correspondiente a partículas de forma paralelepípeda y esférica.

Comportamiento de las variables del proceso

Para un mismo diámetro de partículas y un mismo ángulo de cono, se observo que a medida que se aumenta la altura del lecho se incrementa la caída de presión de la misma manera velocidad mínima de fluidización aumenta con dicha altura, tal como se observa en las Tablas 3-5.

Tabla 3. Parámetros experimentales de fluidización para $D_p=0.631\text{mm}$

Ángulo	Altura (cm)	D_i/D_c	V_{mf} (cm/s)	ΔP (cm H_2O)	Remf
30°	2	0.2763	2.7045	0.8	1.0607
	3.5	0.2763	2.9125	0.8	1.1422
	5	0.2763	3.3286	1.0	1.3045
	7	0.2763	3.5419	1.1	1.3891
	9	0.2763	3.7447	1.2	1.4686
45°	2	0.6053	2.4964	1.1	0.9791
	3.5	0.6053	2.5801	1.3	1.0119
	5	0.6053	3.1206	1.5	1.2239
	7	0.6053	3.4594	1.5	1.3567
	9	0.6053	3.5419	1.6	1.3891

Cont. de la Tabla 3.

60°	2	0.7763	2.0804	1.2	0.8159
	3.5	0.7763	2.3720	1.3	0.9303
	5	0.7763	2.9125	1.5	1.1422
	7	0.7763	3.1206	1.7	1.2239
	9	0.7763	3.3707	2.0	1.3219
Base Plana	2	1	3.0378	0.8	1.1914
	3.5	1	3.2459	0.9	1.2730
	5	1	3.5419	1.0	1.3891
	7	1	3.8285	1.2	1.5015
	9	1	4.3688	1.2	1.7134

Al comparar para el mismo tamaño de partículas el efecto de las diferentes bases cónicas se observo que al incrementarse el ángulo del cono, la caída de presión se incrementa para la misma altura de lecho mientras que la velocidad mínima de fluidización disminuye.

En relación a la variación del tamaño de partículas sobre la caída de presión y la velocidad mínima de fluidización para condiciones operacionales de igual altura de lecho y ángulo de cono, se aprecia que el aumento del tamaño de partículas genera disminución de la caída de presión y aumento de la velocidad mínima de fluidización

Los ensayos de fluidización en columnas de base plana para la misma granulometría y altura de lecho de carbón mineral muestra el comportamiento anterior en columnas de base cónica, esto es, la caída de presión aumenta con la altura de columna y la disminución del tamaño de partícula, mientras la velocidad de fluidización mínima aumenta con el incremento de la altura del lecho y con el aumento del tamaño de partícula. Al comparar los diferentes ángulos con los valores para base plana, se observo que la caída de presión en columna de base plana resulto similar a la caída de presión en columna cónica de 30°, para los distintos diámetros de partículas, en tanto la velocidad mínima de fluidización fue mayor que las obtenidas con la base cónica.

Tabla 4. Parámetros experimentales de fluidización para $D_p=0.326\text{mm}$

Ángulo	Altura (cm)	Di/Dc	Vmf (cm/s)	ΔP (cm H ₂ O)	Remf
30°	2	0.2763	2.9464	0.9	0.5058
	3.5	0.2763	2.7045	1.1	0.5480
	5	0.2763	2.9962	1.5	0.6071
	7	0.2763	3.3286	1.7	0.6744
	9	0.2763	3.5419	2.0	0.7177
45°	2	0.6053	2.4136	1.1	0.4890
	3.5	0.6053	2.5801	1.5	0.5228
	5	0.6053	2.8297	1.7	0.5734
	7	0.6053	3.0794	1.9	0.6239
	9	0.6053	3.7447	2.0	0.6744
60°	2	0.7763	1.8723	1.3	0.3794
	3.5	0.7763	2.1636	1.6	0.4384
	5	0.7763	2.6633	2.1	0.5396
	7	0.7763	2.9546	2.2	0.5987
	9	0.7763	3.2004	2.8	0.6485

Cont. de la Tabla 4

Base Plana	2	1	2.8297	1.2	0.5734
	3.5	1	3.0794	1.2	0.6239
	5	1	3.3707	1.4	0.6830
	7	1	3.6204	1.3	0.7336
	9	1	3.8701	1.7	0.7842

Al analizar los resultados obtenidos cuando se mantiene constante la altura del lecho y el ángulo de cono, variando el diámetro de partícula, se observó que a medida que se incrementa el tamaño de partícula la velocidad mínima de fluidización aumenta y la caída de presión disminuye, este comportamiento de la caída de presión puede explicarse, ya que a medida que se incrementa el tamaño de partículas aumenta también la fracción de vacío que se traduce en mayor espacio libre para que el fluido, en este caso el aire, fluya con menos dificultad, por lo cual la menor resistencia a flujo es percibida como una menor caída de presión.

En general al incrementarse el ángulo de cono la caída de presión aumenta y la velocidad mínima disminuye para un diámetro de partícula y una altura constante. Una explicación de este fenómeno podría estar ligado con las distintas fuerzas a las que están sometidas las partículas de sólido, que influyen en la forma como estas se aglomeran en los límites del soporte de lecho, esto quiere decir que a medida que la base cónica tenga una mayor pendiente, las partículas superiores tienden a ejercer más peso sobre las inferiores y como resultado una mayor compactación que se traduce en un incremento de la caída de presión.

Tabla 5. Parámetros experimentales de fluidización para $D_p=0.290\text{mm}$

Ángulo	Altura (cm)	D_i/D_c	V_{mf} (cm/s)	ΔP (cm H ₂ O)	$Remf$
30°	2	0.2763	2.2471	1.2	0.4050
	3.5	0.2763	2.4964	1.7	0.4499
	5	0.2763	2.7045	2.0	0.4875
	7	0.2763	3.0378	2.2	0.5475
	9	0.2763	3.4123	2.4	0.6150
45°	2	0.6053	2.0804	1.4	0.3750
	3.5	0.6053	2.2055	1.6	0.3975
	5	0.6053	2.4552	2.0	0.4425
	7	0.6053	2.6217	2.3	0.4725
	9	0.6053	2.9962	2.6	0.5400
60°	2	0.7763	1.7894	1.9	0.3225
	3.5	0.7763	2.1636	2.0	0.3899
	5	0.7763	2.3300	2.2	0.4199
	7	0.7763	2.4964	2.3	0.4499
	9	0.7763	2.8297	3.0	0.5100
Base Plana	2	1	2.6217	1.3	0.4725
	3.5	1	2.9125	1.8	0.5250
	5	1	3.2043	2.03	0.5776
	7	1	3.5419	2.2	0.6384
	9	1	3.7036	2.4	0.6676

Se establecieron comparaciones entre los valores experimentales de velocidad mínima de fluidización con valores calculados a partir de las ecuaciones teóricas dadas por la literatura para las condiciones de fluidización del carbón mineral en lechos de base cónica y aire atmosférico como agente fluidizante. Del análisis comparativo de las ecuaciones de Kunii-Levenspiel (12), Wen Yu (13), Leva

(14), Johnson (15), Baerg et al. (16), Van Hereden et al. (17), Frantz (18), Pillai-Raja Rao (19), Miller-Logwinuk (20), Kumar-Sen Gupta (21) Broadhurst-Becker (22), Talkwalker et al (23), Todes (24), Goroshko et al (25), Davies- Richardson (26) y Ergun (27), tabla 6; se destaca:

i) Todas las correlaciones teóricas o empíricas fracasaron en la predicción de la velocidad mínima de fluidización del sistema carbón mineral-aire en lechos de base cónica para tamaños de partículas entre 0.631 mm y 0.326 mm;

ii) Para partículas de carbón de tamaño 0.290 mm y altura de lecho de 7 cm, la ecuación de Wen Yu se aproxima al valor experimental con un error del 1% para la columna cónica de 30°, 13% para el ángulo de 45° y 17% para la columna cónica de 60°

iii) Otras correlaciones con errores comparables con la ecuación de Wen-Yu para el lecho de partículas de tamaño 0.290 mm, Miller Logwinuk con 2.58% de error, Todes con 4.7% y Pallai.Raja Rao con 12.6%.

Tabla 6. Comparación de la velocidad mínima de fluidización experimental y teórica para el ángulo de 30° y altura del lecho de 7 cm.

	Dp=0.0631 cm; Vmf,E=3.5419 cm/s		Dp=0.0326 cm; Vmf,E=3.3286 cm/s		Dp=0.029 cm; Vmf,E=3.0378 cm/s	
Autor	V m f , T (cm/s)	%Desviación	V m f , T (cm/s)	%Desvia- ción	V m f , T (cm/s)	%Desvia- ción
Kunii y Levenspiel	18.3114	80.6574	9.1385	63.5761	4.0626	25.2252
Wen y Yu	13.9859	74.6752	3.8071	12.5686	3.0065	1.0304
Leva	56.1015	93.6866	31.6870	89.4954	11.5062	73.5986
Johnson	210.3197	98.3159	112.2059	97.0335	44.3693	93.1534
Baerg <i>et al.</i>	13.8486	74.4241	6.2966	47.1365	4.4389	44.1458
Van Hereden <i>et al.</i>	1.5787.10	33.5543	4.4667.10 ⁻³	99.8658	3.2012.10 ⁻³	99.8946
Frantz	24.5767	85.5884	6.6900	50.2451	5.2833	42.5018
Pillai- Raja Rao	16.1768	78.1051	4.4035	24.4101	3.4775	12.6441
Miller y Logwinuk	14.5313	75.6257	3.9478	16.68747	3.1183	2.5815
Kumar-Sen Gupta	124.6142	97.1577	33.9213	90.1873	26.7883	88.6600
Broadhurst-Becker	4.3432.10 ⁻⁴	99.9877	1.1540.10 ⁻⁴	99.9965	9.0555.10 ⁻⁵	99.9970
Talwalker et al	17252.9122	99.9795	1880.5438	99.8230	1144.6923	99.7346
Todes	12.1674	70.8902	3.9602	15.9487	3.188	4.7114
Goroshko et al	5.0530.10 ⁻⁵	99.9986	5.2024.10 ⁻⁵	99.9984	4.9509.10 ⁻⁵	99.9984
Davies-Richardson	17.9998	80.3226	4.8997	32.0652	3.8694	21.4917
Ergun	0.5821	83.5653	0.2905	91.2696	0.1291	95.7802

Correlación propuesta: Ecuación modificada de la ecuación de Ergun para lecho de base cónica.

La mayor parte de la información básica concerniente al estado incipiente de fluidización, ha sido obtenida a través de pruebas experimentales desarrolladas por muchos investigadores, y quienes han propuesto un número de correlaciones de predicción de las condiciones mínimas de fluidización basándose en el establecimiento de modificaciones a la ecuación de Ergun; ajustando las constantes A y B al sistema en particular y a los criterios de cada autor.

En virtud a lo antes expuesto se consideró ajustar las constantes A y B de la ecuación de Ergun (27) utilizando los valores experimentales obtenidos de la geometría cónica.

Así, de la ecuación de Ergun se recomienda para la fluidización incipiente del mineral de carbón, las siguientes expresiones para el número de Reynolds mínimo de fluidización de base cónica

A=6.6851 y B=-0.3904

Al reescribir la ecuación de Ergun, resulta:

$$g_c * \frac{\Delta P}{L o_{mf}} \frac{\rho_f * \varphi^3 * D_p^3}{\mu^2 * (1 - \epsilon_{mf})} = 6.6851 * \frac{(1 - \epsilon_{mf}) * \varphi * R_{emf}}{\epsilon_{mf}^3} - 0.3904 * \frac{\varphi^2 * R_{emf}^2}{\epsilon_{mf}^3}$$

Correlación ajustada de la caída de presión para lechos de base cónica

Al considerar el balance de fuerzas entre el fluidizante y el peso del lecho en cada geometría cónica, resulto el siguiente factor geométrico donde:

$$\frac{\Delta P}{L} = \beta * (1 - \epsilon_{mf}) * (\rho_s - \rho_g) * \frac{g}{g_c}$$

Por consiguiente, de manera simplificada, la caída de presión de base cónica en el punto de fluidización mínima, se puede expresar de la siguiente manera:

$$\frac{\Delta P}{L} = \alpha * (1 - \epsilon_{mf}) * (\rho_s - \rho_g) * \frac{g}{g_c} * (Di / Dc)^n$$

Con Dc, diámetro de la sección cilíndrica y Di, diámetro del distribuidor

$\alpha=1.428299$ y $n=0.2968$, obtenidos por ajustes de los datos experimentales, correspondientes a la geometría cónica.

Al reescribir la ecuación de la caída de presión en el punto de fluidización mínima resulta:

$$\frac{\Delta P}{L} = 1.428299 * (1 - \epsilon_{mf}) * (\rho_s - \rho_g) * \frac{g}{g_c} * (Di / Dc)^{0.2968}$$

Ecuación generalizada para columnas de base cónica

En el presente trabajo se propone una correlación generalizada, el factor Ri definido como el cociente entre la velocidad mínima de fluidización para lechos de base cónica y la velocidad mínima para lechos de base plana, a las mismas condiciones de operación para el sistema gas-sólido.

$$Ri = \frac{Remf, Cónica}{Remf, Plana} = \alpha * (Di / Dc)^k + \beta$$

Los coeficientes α , β y k se obtienen por mínimos cuadrados, obteniéndose la siguiente correlación:

$$Ri = -0.3222 * (Di / Dc)^{3.1656} + 0.8939$$

En comparación con la correlación Ri obtenida para el mineral de hierro por García et al. (10)

$$Ri = -0.39942 * (Di / Dc)^{3.000} + 0.60058$$

Donde:

Remf, Cónica = Número de Reynolds en el punto de fluidización mínima para lechos de base cónica.

Remf, Plana= Número de Reynolds en el punto de fluidización mínima para lechos de base plana

Di= Diámetro del orificio de entrada del fluido

Dc= Diámetro de la sección cilíndrica

α , β y k = Coeficientes dependientes del ajuste de los datos experimentales

Conclusiones

1. La fluidización del mineral de carbón con aire como agente fluidizante en lechos de base cónica, para diámetros de partículas de 0.631, 0.326 y 0.290 cm, factores de forma de 0.69, 0.83 y 0.76 y porosidad del lecho estático de 0.50, 0.53 y 0.48, muestra un comportamiento de fluidización agregativa uniforme, sin presencia del spouting y del slugging.

2. La velocidad mínima de fluidización mostró el siguiente comportamiento con las variables del sistema carbón aire:

Aumenta al aumentar el diámetro promedio de la partícula de carbón

En la base plana la velocidad mínima de fluidización es mayor que en la base cónica

Disminuye con el incremento del ángulo del cono

3. La caída de presión para el sistema carbón-aire exhibió el siguiente comportamiento con las variables de fluidización:

Para un mismo diámetro de partícula y un mismo ángulo de cono, la caída de presión aumenta a medida que aumenta la altura del lecho durante el proceso de fluidización y de la misma manera la velocidad mínima de fluidización aumenta con la altura del lecho.

La caída de presión aumenta al aumentar el ángulo de cono

La caída de presión en el punto mínimo de fluidización disminuye al aumentar el diámetro promedio de partícula

4. El ángulo de cono que represento un proceso uniforme de fluidización fue el de 60° y partículas de carbón de 0.631 y 0.326 mm con respecto a la caída de presión y velocidad mínima de fluidización

5. Al comparar los valores experimentales de velocidad mínima de fluidización con los valores estimados por las diferentes correlaciones de la literatura, se concluye que las ecuaciones existentes, no son aplicables para estimar la velocidad mínima de fluidización en lechos cónicos, cada correlación ofrece valores diferentes.

6. Las diferentes correlaciones ajustadas para estimar las condiciones mínimas de fluidización en lechos de base cónica para el sistema carbón mineral-aire se presentan a continuación:

Ecuación modificada de Ergun para lechos cónicos

$$g_c * \frac{\Delta P}{L o_{mf}} \frac{\rho_f * \varphi^3 * D_p^3}{\mu^2 * (1 - \epsilon_{mf})} = 6.6851 * \frac{(1 - \epsilon_{mf}) * \varphi * R_{emf}}{\epsilon_{mf}^3} - 0.3904 * \frac{\varphi^2 * R_{emf}^2}{\epsilon_{mf}^3}$$

Caída de presión en el estado incipiente de fluidización

$$\frac{\Delta P}{L} = 1.428299 * (1 - \epsilon_{mf}) * (\rho_s - \rho_g) * \frac{g}{g_c} * (Di / Dc)^{0.2968}$$

Ecuación generalizada para columnas cilíndricas de bases cónicas

$$Ri = -0.3222 * (Di / Dc)^{3.1656} + 0.8939$$

Referencias Bibliograficas

- [1] Wen-Ching Yang, (Noyes Publications), Fluidization, Solids handling, and processing, Industrial Applications , New Jersey, (1998).
- [2] Epstein N., Applications el liquid-solid fluidization, International Journal of Chemical Reactor Engineering, Volume 1, Reviews, (2003).
- [3] Smith P.G., (Wiley-Blackwell) Applications of Fluidization to food processing, New York, (2007).
- [4] Luckos A., Denton G. and Den Hoed P., Current and Potential applications of Fluid-bed Technology in the ferroalloy Industry, INFACON XI, , New Delhi, India, (2007), 123-132
- [5] Pugsley T. and Mahinpey N., Review of fluidized bed gasification technology, 4th International Freiburg Conference on IGCC and Xtl technologies, May 3-6, Dresden, Germany, (2010).
- [6] Davidson J. and Harrison D., (Academic Press), Fluidization, London (1971).
- [7] Wakao N. and Kagueli S.,(Rout ledge Editorial) Heat and Mass transfer in Packed Beds, First Edition, New York (1982).
- [8] Wen-Ching Yang (Marcel Dekker Publisher), Handbook of Fluidization and Fluid-Particle Systems, (2003).
- [9] Manich A. (Asesor), Melendez A. y Arambulo G., Propiedades de Fluidization del carbón de Gua-sare y del Mineral de Hierro de Matanzas, Trabajo Especial de Grado, Escuela de Ingeniería Química, Luz, Maracaibo, (1976).
- [10] García C., Ferrer J. and Rodríguez D., Fluidization en lechos de base cónica, Rev. Tec. Ing. Univ. Zulia, Volumen 3, N° 2, (1990), 95-104
- [11] Ferrer J. L., Mecanismos de transferencia de momento en lechos fluidizados de base conica, Tesis de Maestría en Ingenieria Quimica, LUZ, Maracaibo (1995).
- [12] Kunni D. and Levenspiel O., (Elsevier), Fluidization Engineering, Butterworth-Heinemann, New-ton, MA, Second Edition, (1991).
- [13] Wen C.Y. and Yu Y.H., Mechanics of Fluidization, Chem Eng. Progress. Symp. Series, 62, 100-111, 1996.
- [14] Lev. M., Fluidization, McGraw-Hill Book Co, New York, 1959.
- [15] Johnson E., Institute of Gas Engineers Report, Publication N° 318/719, London, 1949-1950.
- [16] Baerg A., Klassen J. and Gisher P.E., Heat Transfer in a Fluidized Solids Bed, Canadian J. Res., F28, 187-307, 1950.
- [17] Van Heerder C., Nobel A.P. and Van Krevelen D. W. Studies on Fluidization I-The Critical Mass Velocity, Chem. Eng. Sei, 1(1), 38-49, 1951.

- [18] Frantz J., Minimum Fluidization Velocities and Pressure Drop in Fluidized Beds, Chem. Eng. Prog. Symp. Series, 62, 21-31, 1966.
- [19] Pillai b. C. and Roja Rao H., Pressure Drop and Minimum Fluidization Velocities en Air-Fluidized Beds, Indian J. Technology, 9, 77-86, March 1971.
- [20] Miller C.O and Logwinuk A.K, Fluidization Studies on Solid Particles, Ing. Eng. Chem., 43(5), 1220-1226, 1951.
- [21] Kumar A. and Sen Gupta P., Prediction of Minimum Fluidization Velocity for Multicomponent Mixtures, Ind. J. Technology, 12(5), 225(1974).
- [22] Broadhurst T.E. and Becker H.A., Onset of Fluidization and Slugging in Beds of Uniform Particles, AICHE, 21(2), 287-247, 1975.
- [23] Talkwalkar A., Babu S.P. and Shah B., Fluidization: Application on Coal Conversion Process, AICHEJ Symposium Series, 74, 176-186, 1978.
- [24] Todes O.M. and Tsitovich O.B., Apparatuses with a Fluidized Granular Bed, Khimiya, Leningrad, Russia, 1981.
- [25] Goroshko V.D., Rozenbaum R.B., and Todes O.M., Approximate Hydraulic Relationships for suspended beds and hindered Fall, Izvestiya Vuzov, Neft. i. Gaz Interchange between bubbles and the continuous phase in a Fluidized Bed, Trans. Inst. Chen. Eng., 44, 293-305, 1966.
- [26] Davies- Richardson FALTA REFERENCIA
- [27] Ergun S., Fluid flow through packed columns, Chem. Eng. Progress, 48, 89-94, 1952.

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

Jesús Ocando, Rocío Ortega y Maria E. Troconis.

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

Correo electrónico: jesusocandomara@gmail.com y rociortega97@gmail.com

Recibido: 25-06-2019

Aceptado: 22-10-2019

Resumen

El objetivo general de la presente investigación fue la validación de un método analítico para la determinación espectrofotométrica de fenoles totales en muestras de agua naturales empleando la microextracción con gota directamente suspendida. Se determinaron los parámetros de calidad del método analítico. Posteriormente se procedió a evaluar la veracidad del mismo mediante la aplicación del estudio de efecto matriz y las pruebas de recuperación. Finalmente, los parámetros obtenidos fueron comparados con los reportados por el método estándar 5530C. Se encontró que la linealidad del método fue de 99,91%, límite de detección y cuantificación de 0,2380 y 0,7932 $\mu\text{g/L}$ respectivamente, un rango dinámico lineal comprendido entre 0,2380-350 $\mu\text{g/L}$, y la desviación estándar relativa obtenida en el estudio de precisión se encontró entre 1,20 y 4,25 %. En el estudio de efecto matriz se evidenció que no existe una diferencia significativa entre las pendientes de la curva de calibrado y adición patrón. En los estudios de recuperación sobre las muestras de agua del lago se obtuvieron excelentes porcentajes comprendidos entre el 98,92-101,89 %. La comparación realizada permitió evidenciar las ventajas que presenta el método validado con respecto al método estándar permitiendo una reducción significativa de los volúmenes de solvente y muestra necesarios para la determinación de fenoles.

Palabras clave: Fenoles totales, determinación espectrofotométrica, microextracción con gota directamente suspendida, método analítico.

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

Abstract

The general objective of this research was the validation of an analytic method for the spectrophotometric determination of total phenols in natural water using directly suspended droplet microextraction. Quality parameters of the analytic method were obtained by the construction of the calibration curve. Afterwards, the veracity of the method was evaluated through application of the matrix study effect and recovery tests. Finally the obtained parameters were compared to the ones reported by the standard method. The method's linearity was found to be 99.91%, while the detection and quantification limits were of 0.2830 and 0.7937 $\mu\text{g/L}$ respectively; the linear dynamic range was found to be between 0.2380-350 $\mu\text{g/L}$ and the relative standard deviation between 1.20 and 4.25%. During the matrix effect study it was evidenced that there is no significant difference between the slopes of the calibration and the standard addition curve. In the recovery studies over the samples of water from the lake, excellent percentages were obtained comprehended between 98.92-101.89%. The comparison allowed to evidence the advantages that the validated method presents over

the standard method permitting a significant reduction in the volumes of solvent and samples necessary for the determination of phenols.

Key words: Total phenols, spectrophotometric determination, directly suspended droplet microextraction, analytic method.

Introducción

Los fenoles totales son compuestos orgánicos aromáticos que contienen el grupo hidroxilo como su grupo funcional. Están presentes en aguas naturales, como resultado de la contaminación ambiental y de procesos naturales de descomposición de la materia orgánica. La débil acidez del grupo fenólico ha determinado que se agrupen químicamente junto a los ácidos carboxílicos y a los taninos, conformando así el grupo de los ácidos orgánicos. La presencia de estos compuestos está asociada a efluentes industriales, principalmente de las industrias químicas donde destacan la petroquímica, farmacéutica y la industria de los alimentos.

La determinación de los fenoles en muestras de agua es de suma importancia debido a que a ciertas concentraciones resultan tóxicos para el ecosistema marino, afectando directamente a los peces y otros organismos acuáticos donde se destacan principalmente moluscos, algas y bacterias, provocando que el poder autodepurador del cauce de agua disminuya de forma muy sensible. Algunos componentes fenólicos pueden afectar directamente al hombre debido a que son considerados potencialmente cancerígenos, además causan alteraciones en las propiedades del agua alterando el gusto y olor de la misma a concentraciones muy bajas.

La principal forma de determinar el analito en estudio consiste en el método estándar 5530C, el cual se fundamenta en la reacción de los compuestos fenólicos extraídos mediante una extracción líquido-líquido con la 4-aminoantipirina para formar un complejo coloreado susceptible a medidas espectrofotométricas. Sin embargo, recientemente se han realizado diversas investigaciones que utilizan técnicas de miniaturización como la microextracción con gota directamente suspendida (DSDME) y la microextracción líquido-líquido dispersiva (DLLME) permitiendo disminuir considerablemente los volúmenes de muestra y reactivos a utilizar.

En base a estas premisas, se plantea como objetivo general la validación un método analítico para la determinación espectrofotométrica de fenoles totales en muestras de aguas naturales empleando la microextracción con gota directamente suspendida; aportando a la comunidad científica una excelente alternativa para la determinación de estos compuestos en el Lago de Maracaibo, el cual representa una fuente de agua vital para la región.

Metodología Experimental

Estudio preliminar

El desarrollo del presente trabajo estuvo basado en la investigación realizada por Portillo [1], donde se optimizaron las variables experimentales que afectan la formación del derivado fenólico así como las variables de la DSDME.

Para la formación del derivado fenólico se realizó una optimización univariante obteniendo como resultados los mostrados en la Tabla 1, mientras que para la DSDME fue necesaria una optimización multivariante para determinar las variables que afectan de manera significativa la extracción, esta se realizó con un diagnóstico 2^5 y un diseño Box-Behnken, siendo los resultados los mostrados en la Tabla 2.

Tabla 1. Resultados obtenidos durante la optimización univariante para la formación del derivado fenólico.

Variable	Condición óptima
pH	9,5
Concentración del reactivo derivatizante 4-AAP (%m/v)	0,010
Tipo de agente oxidante	$K_2S_2O_8$
Concentración del agente oxidante (%m/v)	0,014
Temperatura (°C)	35,0
Tiempo de reacción (min)	15,0

Tabla 2. Resumen de las condiciones óptimas de la DSDME.

Variables	Condición óptima
pH	9,5
Temperatura de extracción (°C)	35,0
Volumen de muestra (mL)	6,0
Volumen de gota (μ L n-octanol)	70,0
Efecto salino, NaCl (%m/v)	15,0
Velocidad de agitación (rpm)	900,0
Tiempo de extracción (min.)	30,0

Solución patrón y muestreo

Se utilizó una solución madre de fenol de 1000 mg/L, preparada y estandarizada con tiosulfato de sodio tal como lo indica el Standard Methods for Examination of Water & Wastewater (2005). Las soluciones intermedias de fenol fueron preparadas a lo largo del trabajo por dilución de la solución madre en agua desionizada. Las muestras de agua del Lago de Maracaibo, fueron recolectadas en la zona del estrecho del cuerpo lacustre cerca de los vertidos de aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad de Maracaibo, San Francisco y Santa Rita, en botellas de plástico de 2 L previamente lavadas y esterilizadas (Figura 1). Se tomaron 2 litros de muestra en cada una de tres zonas del Lago de Maracaibo de manera superficial. Culminada la recolección, una porción de cada muestra fue destinada al análisis fisicoquímico y el resto fueron filtradas a través de un filtro de membrana de celulosa de 0,45 μ m, finalmente fueron conservadas a 4 °C hasta su análisis.



Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de toma de muestras de agua en la zona del estrecho del Lago de Maracaibo: a) Santa Rita, b) San Francisco, c) Maracaibo.

Procedimiento Experimental

Para obtener la formación del derivado fenólico se colocó en un vial con capacidad de 7,0 mL, una alícuota de 6,0 mL de fenol a la concentración requerida, se agregó un agitador magnético, se sumergió el vial en un baño de glicerina a 35 °C; se ajustó la velocidad de agitación a 700 rpm y el pH de la solución a 9,5 unidades con 100,0 µL del amortiguador $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ 0,5 M, luego se añadieron 60,0 µL 4-APP al 1,0 %m/v y 56,0 µL $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ al 1,5 %m/v para obtener una concentración final de 0,010 %m/v y 0,014 %m/v respectivamente. Seguidamente, se cerró el vial con tapa de rosca y se esperó 15 minutos para permitir la formación del derivado fenólico y desarrollo del color.

Una vez finalizada la reacción para la formación del derivado fenólico, se mantuvo el vial dentro de la solución de glicerina a 35 °C y agitación de 700 rpm. A continuación, se procedió a abrir cuidadosamente el vial y se añadieron $0.9000 \pm 0,0001$ g de NaCl para obtener una concentración en la solución de 15 %m/v, manteniendo en agitación constante durante 10 min. Luego se agregaron 70,0 µL del solvente orgánico inmiscible (n-octanol) en el vórtice. Seguidamente, se cerró el vial y se incrementó la velocidad de agitación hasta 900 rpm durante 30 min para definir el vórtice de la mezcla. Culminado el tiempo de la extracción, se retiraron 60,0 µL del solvente extractor empleando una microjeringa y finalmente, fue transferido a la microcelda de cuarzo para su posterior análisis a 468 nm.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se procesaron utilizando el software *Statgraphics* versión 3.1 (Starpoint Technologies, Inc.), a su vez fueron utilizados el programa *Microsoft Excel 2010* y el programa ALAMÍN versión 1.0. Con los cuales se realizaron la regresión estadística de la curva de calibrado, un test de student y el test de comparación de una media experimental con un valor de referencia, ambos al 95% de confianza.

Resultados y Discusión

Establecimiento de los parámetros de calidad del método analítico

La Figura 2 muestra la curva de calibrado construida al graficar, en el eje de las abscisas la concentración del analito y en el eje de las ordenadas, la señal de la absorbancia obtenida. La misma se construyó en el intervalo de 1,0 – 350,0 µg/L tratando cada alícuota por triplicado.

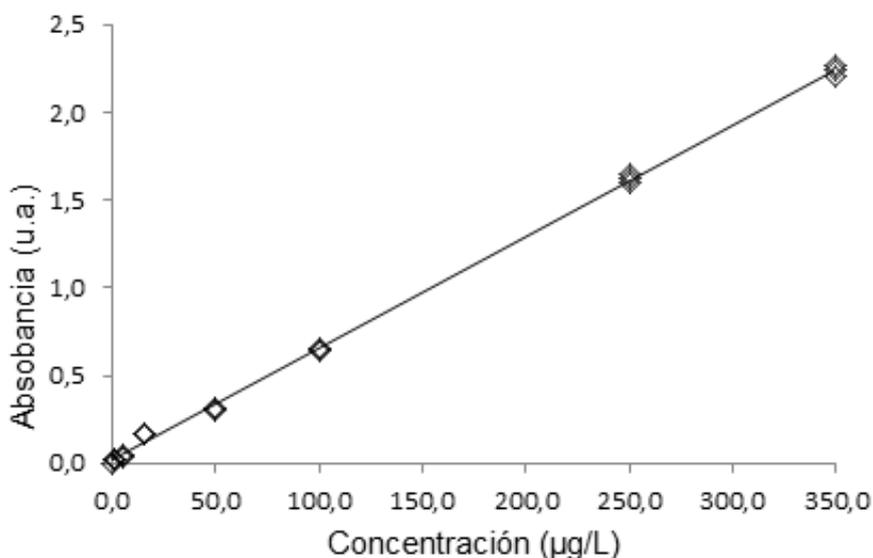


Figura 2. Curva de calibrado para fenol empleando la microextracción con gota directamente suspendida.

En la Tabla 3 se presentan los principales parámetros estadísticos obtenidos de la curva de calibrado mediante el método de mínimos cuadrados utilizando el software estadístico Statgraphics.

Tabla 3. Parámetros estadísticos obtenidos de la curva de calibrado para fenol empleando la microextracción con gota directamente suspendida (DSDME).

Analito	a	S _a	b	S _b	r ²
Fenol	0,02002	0,0077	0,0063	5×10 ⁻⁵	0,9991

Nota: a: Intercepto; S_a: Desviación estándar del intercepto; b: Pendiente; S_b: Desviación estándar de la pendiente; r²: Coeficiente de correlación.

En la Tabla 3 se observó el coeficiente de correlación fue de 0,9991, lo que representa un excelente ajuste de los datos experimentales con el modelo lineal. Coeficientes de correlación superiores a 0,98 indican la capacidad del método analítico para producir resultados directamente proporcionales a la concentración de analito, dentro de un rango dado.

La precisión del método analítico se evaluó a partir de la repetibilidad de la señal analítica obtenida de manera independiente de diez (10) extracciones a tres niveles de concentración: 1,0; 50,0 y 250,0 µg/L respectivamente. La Tabla 4 presenta los resultados obtenidos para cada nivel de concentración expresados en términos de porcentaje de desviación estándar relativa (% DER).

Tabla 4. Valores de precisión evaluados bajo condiciones de repetibilidad para fenoles empleando la DSDME.

Concentración (µg/L)	% DER
1,0	4,25
50,0	1,63
250,0	1,20

Valores cercanos fueron presentados en la investigación de Peña-Pereira et al. [2], quienes determinaron fosfatos utilizando la misma técnica de microextracción acoplada con espectrofotometría UV-VIS. A su vez, Sarafraz-Yazdi et al. [3], obtuvieron valores entre 6,35 y 7,3 % para la determinación de benceno, tolueno, etilbenceno y O-xileno utilizando la DSDME. Con base a esto, se evidencia que los resultados son satisfactorios para la determinación de fenoles totales en muestras de agua.

En la Tabla 5 se presentan los valores de los parámetros de calidad del método analítico validado donde se destacan límites de detección y cuantificación que están en concordancia con los reportados por otros métodos analíticos determinación de fenoles y diferentes compuestos orgánicos empleando la derivatización con la 4-AAP y la DSDME, como las investigaciones de Nassiri et al. [4] y Lavilla et al. [5]. Por lo cual se puede calificar como un método de gran utilidad para la determinación de fenoles a niveles de trazas en muestras de agua.

Tabla 5. Valores obtenidos de los parámetros de calidad del método analítico validado.

Analito	LD (µg/L)	LQ (µg/L)	Rango dinámico lineal (µg/L)	Linealidad (%linealidad)	Sensibilidad (L/µg)
Fenoles Totales	0,2380	0,7932	0,2380 – 350,0	99,91	0,0063

A su vez se presenta un alto valor de linealidad el cual confirma que los datos experimentales se ajustan de gran manera al modelo lineal propuesto indicando el cumplimiento de la Ley de Lambert-Beer. Por otra parte, el rango dinámico lineal resultó similar a los reportados por Lavilla et al. [5]. Finalmente, el valor encontrado de la sensibilidad del método indica la capacidad del mismo para discriminar entre pequeñas diferencias en la concentración de fenoles totales.

Evaluación de la veracidad del método analítico empleando estudios de efecto matriz y recuperación en muestras de agua del Lago de Maracaibo del Edo. Zulia.

Inicialmente, se realizaron pruebas preliminares sobre las muestras de agua del Lago de Maracaibo mencionadas anteriormente, obteniéndose como resultado que no se detectó el analito estudiado en las muestras analizadas (Figura 3); bien sea porque no se encontraban presentes en las mismas o porque su concentración estaba por debajo de los límites de detección del método analítico propuesto.

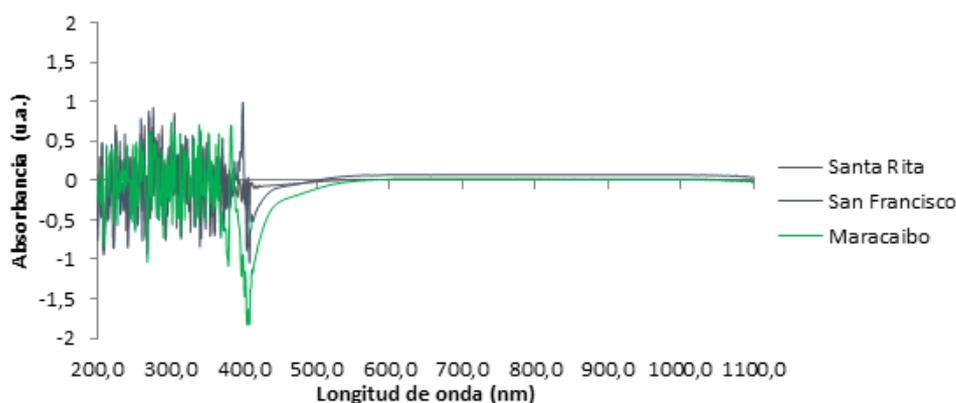


Figura 3. Espectros de absorción de las muestras de agua de lago.

Mediante la aplicación del método se encontraron los valores de absorbancia necesarios que permitieron la construcción de las curvas de calibrado y las curvas de adición patrón, utilizadas para determinar la existencia o no del efecto matriz en las muestras reales mediante la realización de un estudio estadístico de comparación entre las pendientes de ambas curvas. La Tabla 6 reporta los diversos parámetros estadísticos obtenidos de las curvas de calibrado construidas con agua desionizada, así como los parámetros correspondientes a las curvas de adición de patrón en las muestras de agua. En esta, se incluyen los valores de la $t_{calculada}$ y $t_{crítico}$, producto de la comparación estadística de las pendientes de los calibrados (test de Student al 95% de confianza).

Tabla 6. Parámetros estadísticos obtenidos de la comparación de las pendientes de las curvas de calibrado y de las curvas de adición patrón.

Parámetros	Santa Rita		San Francisco		Maracaibo	
	C.C.	A.P.	C.C.	A.P.	C.C.	A.P.
r^2	0,9938	0,9928	0,9857	0,9970	0,9968	0,9967
a	0,0026	0,0205	0,0042	0,0182	0,0013	0,0153
S _a	0,0011	0,0012	0,0018	0,0008	0,0007	0,0008
S _(R,C)	0,0024	0,0022	0,0038	0,0015	0,0016	0,0014
b	0,0076	0,0083	0,0080	0,0087	0,0070	0,0075
S _b	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0001	0,0002
S _p	0,0002		0,00025		0,00015	
t _{calc}	1,9334		1,7513		2,5820	
t _{crit}	2,9210		2,9210		2,9210	

Nota: C.C.: Curva de calibrado; A.P.: Curva de adición patrón; r: Coeficiente de correlación; a: Intercepto; S_a: Desviación estándar del intercepto; S_(R,C): Desviación estándar de los residuales; b: Pendiente; S_b: Desviación estándar de la pendiente; S_p: Desviación estándar ponderada; t_{calc}: t de student calculado; t_{crit}: t de student crítico.

De los datos obtenidos, para el test de Student a un nivel de confianza del 95%, queda demostrado que las pendientes no difieren estadísticamente, ya que el valor de la $t_{calculada}$ en todos los casos resultó ser menor que el valor del $t_{crítico}$, indicando que no existe una diferencia significativa entre las pendientes

por lo cual no hay presencia del efecto matriz y por lo tanto, la determinación de fenoles en las muestras estudiadas puede realizarse utilizando la curva de calibrado.

Como otra forma de continuar evaluando la exactitud del método analítico, se realizó un estudio de porcentaje de recuperación sobre las muestras de agua del Lago de Maracaibo, recolectadas en los municipios Santa Rita, San Francisco y Maracaibo. La cuantificación se realizó aplicando el método de patrones externos. Una vez obtenidas las absorbancias se calcularon las concentraciones encontradas y los porcentajes de recuperación respectivos para cada muestra y nivel de concentración por sextuplicado. Dichos datos fueron tratados estadísticamente con el programa Statgraphics versión 3.1. En las Tablas 7, 8 y 9, se presentan los resultados obtenidos para el estudio de recuperación de fenoles y los parámetros estadísticos evaluados.

Tabla 7. Resultados obtenidos para el estudio de recuperación en las muestras de agua de Lago tomadas en el municipio Santa Rita.

Concentración añadida (µg/L)	Concentración encontrada (µg/L)		Recuperación (%)		t	p
2,00	2,01	2,04±0,05	100,37	101,89±2,40	1,92	0,112
	1,99		99,33			
	2,02		101,08			
	2,10		104,81			
	2,10		104,97			
	2,02		100,76			
50,00	50,20	50,22±0,99	100,40	100,44±1,96	0,55	0,605
	51,02		102,04			
	50,90		101,80			
	48,73		97,46			
	51,09		102,18			
	49,38		98,76			
300,00	304,02	298,90±6,63	101,34	99,63± 2,21	0,40	0,701
	291,90		97,30			
	299,31		99,77			
	294,81		98,27			
	294,18		98,06			
	309,18		103,06			

Tabla 8. Resultados obtenidos para el estudio de recuperación en las muestras de agua de Lago tomadas en el municipio San Francisco.

Concentración añadida (µg/L)	Concentración encontrada (µg/L)		Recuperación (%)		t	p
2,00	1,99	2,03±0,04	99,57	101,41±3,86	1,79	0,133
	2,09		104,33			
	2,06		103,14			
	2,02		101,24			
	2,00		99,81			
	2,01		100,37			

Cont. de la Tabla 8

50,00	50,99	50,61±0,70	101,99	101,22±1,41	2,12	0,087
	50,35		100,70			
	50,34		100,68			
	49,47		98,93			
	51,09		102,18			
	51,41		102,82			
300,00	291,21	296,76±5,85	97,07	98,92±1,95	1,36	0,233
	301,50		100,50			
	294,00		98,00			
	292,68		97,56			
	306,27		102,09			
	294,90		98,30			

Tabla 9. Resultados obtenidos para el estudio de recuperación en las muestras de agua de Lago tomadas en el municipio Maracaibo.

Concentración añadida (µg/L)	Concentración encontrada (µg/L)		Recuperación (%)		t	p
2,00	2,03	2,03±0,04	101,63	101,57±1,99	2,41	0,060
	1,97		98,60			
	2,07		103,46			
	2,06		103,14			
	2,06		102,83			
	1,99		99,73			
50,00	50,38	49,79±0,76	100,75	99,59± 1,52	0,67	0,534
	50,85		101,71			
	49,83		99,67			
	49,14		98,28			
	48,80		97,61			
	49,75		99,50			
300,00	293,88	298,22±4,17	97,96	99,41±1,39	1,05	0,342
	295,44		98,48			
	304,29		101,43			
	296,55		98,85			
	302,49		100,83			
	296,64		98,88			

Los datos obtenidos fueron evaluados estadísticamente mediante el test de comparación de una media experimental con un valor de referencia al 100%. La evaluación estadística de los resultados con un nivel de probabilidad del 95%, arrojó valores p mayores a 0,05 en todos los casos. En este sentido la concentración encontrada no difiere con respecto a la concentración añadida y por lo tanto se puede asegurar que el método es exacto.

Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Lavilla et al. [5], para la determinación de fenoles mediante DLLME para todas las matrices ambientales estudiadas en dicha investigación. Así mismo Peña-Pereira et al. [2], realizó la determinación de fosfatos obteniendo variaciones en el porcentaje de estudio de recuperación entre 95 y 104% mediante la misma técnica de microextracción (DSDME) al igual que Sarafray-Yazdi et al. [3], quienes obtuvieron para la determinación de

benceno, tolueno, etilbenceno y O-xileno valores de recuperación entre 88 y 98%. Araujo-Sánchez et al. [6], reportan que valores encontrados entre los obtenidos en la presente investigación indican que el método puede considerarse válido para la detección y cuantificación de fenoles en las matrices ambientales estudiadas.

Comparación de los parámetros obtenidos con los reportados en el método estándar 5530C

En la Tabla 10 se comparan los parámetros principales del método validado y del método estándar 5530C, donde se destacan los principales parámetros estadísticos como lo son el LD y LQ, así como también el volumen de muestra requerido, reactivos a utilizar y volumen de los mismos, para realizar la determinación espectrofotométrica de los fenoles totales.

Tabla 10. Comparación de los principales parámetros del método validado y el método estándar 5530C.

Parámetros	Método validado	Método estándar 5530C
LD ($\mu\text{g/L}$)	0,2380	1,0
LQ ($\mu\text{g/L}$)	0,7932	3,3
Volumen de muestra (mL)	6,0	500,0
Volumen de solvente extractor (mL)	0,07 (n-octanol)	50 (triclorometano)
Volumen de solución amortiguadora (mL)	0,1 (amonio-amoníaco)	22 (fosfato-amonio)
Volumen de 4-AAP (mL)	0,06	3,0
Volumen de agente oxidante (mL)	0,056 (peroxidisulfato de potasio)	3,0 (ferrocianuro de potasio)
Tiempo de preparación (min)	45 (15 derivatización + 30 microextracción)	15 (sin incluir 2 extracciones más filtrado de los extractos)

De la tabla anterior se puede observar que al comparar los límites de detección y cuantificación obtenidos en el método validado resultaron ser menores que los reportados por el método estándar 5530C, lo que significa que el método validado presenta una gran ventaja para la determinación de cantidades en trazas del analito de estudio. Desde el punto de vista económico, es una excelente alternativa en comparación al método estándar debido a la significativa reducción de los volúmenes especialmente de solventes extractor que se reduce de una cantidad de 50 mL a unos 0,7 mL, de la misma manera sucede con el agente derivatizante que se reduce de 3,0 mL a 0,06 mL

Una diferencia fundamental entre ambas metodologías es el volumen de muestra necesario ya que mientras que el método validado requiere de 6,0 mL para cada determinación, la metodología estándar necesita unos 500,0 mL. Es importante destacar la diferencia entre los tiempos de preparación en lo cual ambas metodologías presentan un tiempo de derivatización de 15 min, sin embargo, el método estándar luego de la preparación la muestra debe someterse a dos extracciones además del filtrado de las mismas antes de la determinación espectrofotométrica; mientras que para el método validado se realiza la microextracción seguidamente de la derivatización, permitiendo realizar la determinación espectrofotométrica sin necesidad de un filtrado.

Conclusiones

Se lograron establecer los parámetros de calidad del método analítico encontrándose límites de detección y de cuantificación de adecuada sensibilidad a niveles de trazas, con una precisión comparable a otros métodos.

La validación del método analítico sobre muestras de agua del Lago de Maracaibo evidenció que no existe la presencia de efecto matriz y demostró que el método validado genera resultados de adecuada exactitud.

La comparación de la metodología validada mediante DSDME y espectrofotometría UV-VIS con la establecida en el método estándar 5530C demostró ser una propuesta innovadora desde el punto de vista económico, ecológico y práctico para la determinación de fenoles en muestras de agua.

Referencias Bibliográficas

- [1] Portillo, J., Propuesta de un método analítico para la determinación de fenoles mediante microextracción con gota directamente suspendida acoplada a espectrofotometría UV-VIS. Programa de Maestría en Química Analítica. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela: (2017).
- [2] Peña-Pereira, F., Cabaleiro, N., De la Calle, I., Costas, Marta., Gil, S., Lavilla, I., Bendicho, C. Directly suspended droplet microextraction in combination with microvolume UV-vis spectrophotometry for determination of phosphate. *Talanta*, 85, (2011), 1100-1104.
- [3] Sarafraz-Yazdi A., Amiri A.H., Es'haghib Z., Separation and determination of benzene, toluene, ethylbenzene and o-xylene compounds in water using directly suspended droplet microextraction coupled with gas chromatography-flame ionization detector. *Talanta*, 78, (2009), 936-941.
- [4] Nassiri, M., Zahedi, M., Pourmortazavi S., Yousefzade, M. Optimization of dispersive liquid-liquid microextraction for preconcentration and spectrophotometric determination of phenols in Chabahar Bay seawater after derivatization with 4-aminoantipyrine. *Marine Pollution Bulletin*, 86, (2014), 512-517.
- [5] Lavilla, I., Gil, S., Costas, M., Bendicho, C. (2012). Dispersive liquid-liquid microextraction combined with microvolume spectrophotometry to turn green the 5530 APHA standard method for determining phenols in water and wastewater. *Talanta*, 98: 197-202.
- [6] Araujo, L., Sánchez, G., Cubillán, D., Mercado, J., Troconis, M., Prieto, A. (2012) determinación de kresoxim-metil y trifloxystrobin en muestras de agua mediante microextracción con gota suspendida y cromatografía de gases espectrometría de masa. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 3, (2012), 97-106.

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

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

Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta. Av. El milagro, Vereda del Lago, municipio Maracaibo, Venezuela.

Correo electrónico: sofimassari97@gmail.com

Recibido: 11-07-2019

Aceptado: 22-10-2019

Resumen

Se desarrolló una bebida funcional con elevados beneficios a la salud y al medio ambiente, a partir del suero de leche, el cual a pesar de que posee excelentes propiedades nutricionales no se le ha dado el valor adecuado, es por ello que se formuló una bebida con lactosuero, jugo de fresa, azúcar, saborizante artificial y conservante. La fresa proporciona un efecto antioxidante elevando aún más el valor de la bebida. El suero de leche y el jugo de fresa fueron caracterizados físico-químicamente antes de ser elaboradas las bebidas. Fueron nueve las formulaciones preparadas en distintas proporciones. Mediante un análisis estadístico realizado a un panel de 10 jurados, se determinó la formulación de mayor aceptación con una relación de 50 % suero concentrado, 50 % jugo de fresa, 8 % p/v de azúcar y 150 ppm de conservante. La estabilidad durante almacenamiento se monitoreó a temperatura de refrigeración ($7 \pm 1^\circ\text{C}$), lográndose determinar que para el día 14, el producto sigue conservando óptimas sus propiedades y cumple con los criterios de calidad. A pesar de ser el suero de leche caracterizado como un subproducto de poca importancia, representa un futuro comprometedor para la industria alimentaria.

Palabras claves: Suero de leche, jugo de fresa, bebida funcional.

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

Abstract

A functional drink was developed with high benefits to health and the environment, from whey, which although it has excellent nutritional properties has not been given the appropriate value, that is why a drink was formulated with whey, strawberry juice, sugar, artificial flavoring and preservative. The strawberry provides an antioxidant effect raising the value of the beverage even more. Whey and strawberry juice were characterized physico-chemically before drinks were brewed. There were nine formulations prepared in different proportions. By means of a statistical analysis made to a panel of 10 juries, the formulation of greatest acceptance was determined with a ratio of 50% concentrated serum, 50% strawberry juice, 8% w / v sugar and 150 ppm preservative. The stability during storage was monitored at refrigeration temperature ($7 \pm 1^\circ\text{C}$), being able to determine that by day 14, the product continues to maintain optimal properties and meets the quality criteria. In spite of the fact that whey is characterized as a minor by-product, it represents a compromising future for the food industry.

Key words: Whey, strawberry juice, functional drink.

Introducción

Durante varios siglos el hombre ha buscado procesar y darle uso a la leche de vaca con fines alimenticios. A medida que transcurría el tiempo se empezaron a derivar otro tipo de alimentos a partir de la leche como el queso. Luego de obtenerse este sólido, quedaba remanente un residuo líquido, el cual fue denominado suero del queso.

El lactosuero ha experimentado a través de los años un acelerado proceso de revalorización, destacando su utilidad como base en la creación de un abanico de productos en la industria de alimentos y bebidas. Es este un efluente industrial con un alto índice nutricional y funcional, logrando atribuir a la

población una correcta ingesta proteica. Este subproducto rico en proteínas, contiene 6 g de ellas por cada litro [1], sin embargo, todavía no se aprovecha en su totalidad de forma eficiente este alimento.

Las proteínas del lactosuero poseen un elevado valor nutritivo debido a su contenido en lactosa, minerales, vitaminas y aminoácidos azufrados. A pesar de estas bondades, durante muchos años no se usaron para consumo humano, sino que sirvieron de alimento para animales o fueron arrojados a efluentes naturales, provocando una importante contaminación del medio ambiente. Es inevitable exponer lo peligroso que puede ser desechar este componente, calculando que el efecto contaminante de 1.000 litros de suero del queso es equivalente al que producirían 400 personas.

Teniendo en cuenta los adelantos tecnológicos industriales y la gran preocupación por la disminución al medio ambiente, este trabajo de investigación busca formular una bebida nutricional a base de suero de leche y jugo de fresa que contribuya no solo a cumplir con las propiedades físico-químicas, microbiológicas y organolépticas, sino a procurar la salud misma del consumidor.

Fundamentos teóricos

Suero de leche: El suero es el líquido resultante de la coagulación de la leche en la fabricación del queso tras la separación de la caseína y de la grasa. [2].

El suero procedente de fuentes distintas muestra cierta variación en su composición, generalmente contiene el 50 % aproximadamente de los sólidos totales que aparecen en la leche completa. [3]. En la Tabla 1, puede observarse la composición del suero fresco, bien sea obtenida mediante coagulación o acidificación.

Tabla 1. Composición del suero fresco. [2]

	Suero por Coagulación	Suero por acidificación
Agua	93-94 %	94-95 %
Lactosa	6-7 %	5-6 %
Ácido Láctico	4,5-5 %	3,8-4,2%
Proteínas	0,8-1 %	0,8-1 %
Ácido cítrico	0,1 %	0,1 %
Cenizas	0,5-0,7 %	0,7- 0,8 %
pH	6,45	Alrededor de 5

Clasificación de los tipos de suero de leche: Según Ranken [3], el suero se obtiene durante la elaboración de distintos tipos de quesos, por lo que pueden identificarse cuatro tipos principales.

a) Suero de queso dulce; procedente de la fabricación de quesos coagulados mediante cuajo a pH 6 - 6,4, por ejemplo, cheddar.

b) Suero de queso ácido; procedente de la elaboración de quesos coagulados a pH 4,5 como resultado de la producción de ácido láctico por bacterias iniciadoras, por ejemplo, cottage.

c) Suero de caseína ácida, procedente de la fabricación de caseína ácida (pH 4,5).

d) Suero de caseína obtenida por cuajo; procede de la obtención de caseína mediante cuajo (pH 6,6).

Proteínas del suero de leche: Las principales proteínas del suero de la leche son β -lactoglobulina, α -lactoalbumina, albumina del suero sanguíneo, inmunoglobulinas y peptonas proteasas, que representan aproximadamente el 50, 20, 6, 12 y 12 %. [3]

El lactosuero representa el 90 % de la leche, este ha sido desechado durante la elaboración del queso, salvo una pequeña proporción que se utiliza para alimentar animales. No obstante se ha logrado mediante procedimientos de filtración de geles, ultrafiltración, osmosis inversa, etc., recuperar la β -lactoglobulina y la α -lactoalbumina, sin desnaturalizarla. [4]

En los últimos años se ha producido un cambio en la filosofía de la utilización del suero al reconocerse que representa una fuente potencial valiosa de proteína y lactosa. [4]. Según Spreer [2], la salida más favorable en el aprovechamiento de las grandes cantidades del suero de leche remanente, estaría representada por la bebida a base de suero de leche.

Parte experimental

Inicialmente se determinaron las propiedades físico-químicas de los principales componentes que conforman la bebida nutricional, siendo: el suero de leche y el jugo de fresa.

Una vez adquiridas las fresas naturales, se procedió a lavarlas con agua purificada, con la finalidad de disminuir cualquier posibilidad de contaminación. Luego fueron llevadas al extractor de jugos Oster marca 3157 y de 400w, logrando obtener un jugo de fresa concentrado. Una vez extraído fue almacenado en un congelador marca Whirlpool a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, en envases de vidrio debidamente esterilizados en agua durante 15 minutos al igual que cada una de las tapas usadas en dichos recipientes, posteriormente se llevaron a refrigeración, con la finalidad de prevenir el crecimiento de bacterias, levaduras u hongos.

Para el suero de leche, este se concentró empleando la técnica de baño maría, a una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta obtener la mitad de su volumen original.

Determinación de propiedades físico-químicas: Para el jugo de fresa y el suero de leche, el pH se determinó según la norma COVENIN 1315-79, utilizando un pHmetro de marca Daklton pH 510. La gravedad específica en el jugo de fresa fue determinada según (COVENIN, 1116-77) y en el caso de suero de leche a través de la fórmula:

$$d_r(25^{\circ} / 25^{\circ}) = (M1 - M0) / V \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde: M0: peso de la probeta vacía, en gramos. M1: peso de la probeta con muestra, en gramos. V: volumen de la muestra en mililitros, dividiendo dicho resultado entre la densidad del agua, se obtiene el valor de la gravedad específica adimensional.

La acidez titulable del jugo de fresa se determinó acorde a (COVENIN, 1977b) y la del suero según (COVENIN, 658-97). Para la determinación de azúcares totales, en el caso del jugo de fresa se construyó una curva de calibración a partir de soluciones con concentraciones conocidas de glucosa y el índice de refracción que estas mostraban en el refractómetro, a diferencia para el suero de leche la curva fue a partir de concentraciones de lactosa. Una vez elaborada es posible con la absorbancia, determinar la concentración de azúcares en la muestra agregando unas gotas en el equipo, obteniendo así el índice de refracción, para luego ser hallado en el rango de la curva de calibración el porcentaje de azúcar total.

Las cenizas del jugo de fresa fueron determinadas llevando a un mechero la muestra, donde fue incinerada en su totalidad. Una vez realizado esto se calcularon las cenizas por la fórmula:

$$C = (M1 - M0) / (M2 - M0) \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde: M0: peso del crisol vacío, en gramos. M1: peso del crisol con cenizas, en gramos. M2: peso crisol más muestra, en gramos, para el suero según (COVENIN, 368-97).

En el caso de la humedad tanto para el jugo de fresa como el suero de leche, se tomó un crisol el cual fue pesado. Posteriormente se agregó la muestra secándola en una estufa a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 25 min y se trasladó al desecador para proceder a obtener el resultado de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$H(\%) = (M1 - M0) / m \times 100 \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Donde, M0: peso del crisol más muestra incinerada, en gramos. M1: peso del crisol vacío, en gramos. m: peso de la muestra, en gramos.

Posterior a la caracterización se prepararon las formulaciones, utilizando suero concentrado, jugo de fresa, azúcar, 150 ppm de benzoato de sodio y sabor artificial de fresa a razón de 1 ml por litro de bebida. Los ingredientes son mezclados en una licuadora, embotellados y sellados. Las botellas son pasteurizadas a una temperatura de 65-70 °C por 15 minutos y enfriadas a temperatura ambiente. Luego las formulaciones son llevadas a refrigeración ($8\pm 1^\circ\text{C}$), para conservar su estabilidad y propiedades.

En la Tabla 2, se muestran las proporciones que fueron utilizadas para el suero concentrado, el jugo de fresa y azúcar, necesarias para la elaboración de las nueve formulaciones evaluadas.

Tabla 2. Proporciones usadas para la realización de las formulaciones.

Formulación	Suero Concentrado (mL)	Jugo de fresa (mL)	Azúcar (%p/v)
F1	60	40	7
F2	50	50	7
F3	40	60	7
F4	60	40	8
F5	50	50	8
F6	40	60	8
F7	60	40	9
F8	50	50	9
F9	40	60	9

Las formulaciones fueron enfriadas a 4 °C para su evaluación sensorial realizada por un panel de 10 jurados, siendo el color, sabor, olor y consistencia las propiedades analizadas en cada una de las formulas. Una vez finalizada las encuestas estas fueron usadas como material de estudios para conocer la bebida con mayor aceptabilidad, se recurrió a realizar análisis estadísticos, siendo el método ANOVA el más óptimo. Se procesaron los datos con el análisis de varianza de kruskal-wallis usando el paquete estadístico Statistix Release 9 de la Nh-Analytical software.

Seguida a identificar la bebida de mayor aceptación mediante el análisis estadístico se determinaron las propiedades físico-químicas de la misma.

La determinación de pH se realizó según lo establecido por la norma COVENIN 1315-79. El análisis de la acidez titulable fue llevado a cabo según la norma COVENIN 658-97. Las cenizas se desarrollaron en base a lo descrito en la norma COVENIN 368-97. Para la determinación de azúcares totales, se construyó una curva de calibración a partir de soluciones con concentraciones conocidas de glucosa y el índice de refracción que estas mostraban en el refractómetro.

El análisis de proteínas se basó en la acidificación con ácido nítrico, la muestra de 80 ml de suero concentrado, se procedió a filtrar con una bomba al vacío logrando obtener en el papel de filtro las proteínas, por medio de diferencias del peso del papel antes y después se llevarse a la estufa se conocieron la cantidad de proteínas contenidas en la muestra. Finalmente, tanto la humedad como la gravedad específica se determinaron bajo la misma metodología realizada al suero de leche.

Por último, se monitoreo la estabilidad de la formulación de mayor aceptación durante almacenamiento a temperatura de refrigeración ($7\pm 1^\circ\text{C}$), evaluando los días 0, 7 y 14 respectivamente, en orden de determinar el conteo total de bacterias bajo la norma COVENIN 902.

Resultados

Distintas propiedades físico-químicas fueron evaluadas tanto para el suero de leche como para el jugo de fresa antes de ser realizadas las formulaciones establecidas, arrojando los resultados que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Propiedades físico-químicas del suero de leche y jugo de fresa.

Propiedades	Jugo de fresa	Suero de leche
pH (acidez iónica)	4.19	5.30
Gravedad específica	0.943	1.0377
Acidez titulable (%)	0.883	0.405
Azúcares totales (%)	7.773	10.95
Humedad (%)	8.417	16.497
Cenizas (% p/p)	3.26	6.48

A través de los resultados arrojados por el método estadístico del ANOVA para conocer la bebida de mayor aceptación, se puede observar que las propiedades con mayor significancia fueron consistencia ($p=0.000$) y olor ($p=0.0016$), en comparación a las otras dos restantes con menor significancia, siendo color ($p=0.2025$) y sabor ($p=0.0819$).

La F5 posee mayor aceptabilidad en consistencia a diferencia de la F6 que sobresale en olor. Para el sabor la bebida favorecida fue la F5 con una media de 53.167, tomándose esta formulación como la de mayor aceptabilidad para los jurados. Posteriormente, se procedió a caracterizarla físico-química y microbiológicamente, según lo mostrado en la Tabla 4.

Tabla 4. Propiedades físico-químicas y microbiológicas de la bebida de mayor aceptación.

Propiedades	Bebida de mayor aceptación F5
pH (Acidez iónica)	4.40
Gravedad específica	1.0548
Acidez titulable (%)	0.679
Azúcares totales (%)	23.99
Humedad (%)	16.31
Cenizas (%)	7.62
Proteínas (%)	0.5865
Conteo total de bacterias (ufc/ml)	11×10^2

En la Tabla 5, se visualizan valores obtenidos del conteo total de bacterias durante el monitoreo de la estabilidad de la fórmula cinco durante almacenamiento.

Tabla 5. Estabilidad de la formulación de mayor aceptación durante almacenamiento.

Días de almacenamiento	Conteo total de bacterias (ufc/ml)
0	11×10^2
7	77×10^2
14	81×10^2

Discusión de resultados

El jugo de fresa analizado posee una acidez baja, esto debido a la alta presencia de ácido cítrico, destacando que un pH bajo ayuda a la conservación de la bebida. La gravedad específica del mismo fue de 0.943, cociente entre el jugo de fresa y el agua. La acidez titulable del jugo de fresa fue de 0.883 % basado en ácido cítrico, siendo lo suficientemente bajo para contribuir a la inactivación de los microorganismos patógenos. Un valor de 7.773 % de azúcares totales fue el determinado en el jugo de fresa, aportado por factores como el tipo de cultivo del cual fue obtenido las fresas y a su vez el tiempo de maduración que tuvieron las mismas antes de ser usadas. El porcentaje de humedad resultante fue de 8.417, encontrándose influenciado según el método de obtención y preparación del jugo. El porcentaje de cenizas fue de 3.26 % p/p, el resultando una cantidad elevada de sólidos debido a la concentración previa del jugo de fresa.

Las propiedades antes descritas, fueron también medidas para el suero de leche. El valor identificado de pH fue de 5.30, en contraste con Chetterjee et al. [5], quienes obtuvieron un valor de 6.47, pudiéndose ver diferenciado por método de pasteurización. Así mismos estos investigadores, identificaron para la acidez titulable un valor de 0.34 %, semejándose al valor resultante en esta investigación de 0.405 % basado en ácido láctico. La gravedad específica en el mismo arrojando un valor adimensional de 1.0377, cociente evaluado entre el suero de leche y el agua.

El porcentaje de azúcares totales del lactosuero fue de 10.95 % justificarse al tipo de suero utilizado para la elaboración de la bebida, así mismo el método mediante el cual fue obtenido y el periodo de tiempo que transcurrió para hacer uso del suero. El porcentaje de humedad fue de 16.497 % p/p, referida la cantidad concentrada, ya que a mayor concentración menor es el porcentaje de humedad. Para las cenizas el valor fue 6,48 % p/p, influenciado por la procedencia del suero debido a que unos poseen mayor porcentaje de sólidos (proteína) dependiendo de su producción.

En referencia a los análisis sensoriales, se identificaron a través del programa estadístico que las propiedades organolépticas con mayor significancia fueron consistencia y olor, seguidas de sabor y color, respectivamente. La F5 posee mayor aceptabilidad en consistencia a diferencia de la F6 que sobresale en olor según lo analizado a través de los jurados. Debido a que en ambas propiedades organolépticas se encuentran ubicadas como preferencia dos formulaciones distintas (F5 y F6), se recurrió a distinguir la bebida de mayor aceptabilidad mediante la tercera propiedad en orden de significancia, siendo el sabor. Viéndose favorecida la F5 con una media de 53.167, tomándose esta formulación como la de mayor aceptabilidad para los jurados.

La bebida de mayor aceptación fue caracterizada, arrojando un valor de 4.40 con respecto a la acidez iónica, valor equilibrado entre ambos elementos (lactosuero y fresa) al momento de la formulación. La gravedad específica fue de 1.0548, relación dada entre la bebida y el agua. La acidez titulable evaluada en la bebida de mayor aceptación fue de 0.679 % en términos de ácido cítrico, contrastando con el valor encontrado por Chetterjee et al. [5], el cual fue de 0.52 %, siendo resultados similares en ambas investigaciones. El valor obtenido de azúcares totales en la bebida fue de 23.99 %, porcentaje aportado mayormente por la azúcar comercial añadida directamente a la bebida basado en las proporciones establecidas, además de contar con un suero dulce de pH cercano a lo neutral.

El porcentaje de humedad en F5 fue de 16.31 % p/p, obteniendo como resultado una bebida con una alta viscosidad, ya que al utilizar suero y jugo de fresa concentrados disminuye notoriamente la proporción de agua. Así mismo sucede con el porcentaje de cenizas evaluada, siendo de 7.62 % p/p, debido a la cantidad de sólidos presentes en la bebida, aportados por el suero de leche, el jugo de fresa y el azúcar comercial. El porcentaje de proteínas fue de 0.5865, aportadas principalmente por la β -lactoglobulina y la α -lactoalbumina siendo estas las más abundantes de las cadenas de aminoácidos en el lactosuero.

Respecto a las evaluaciones microbiológicas, usando como parámetro de estudio aerobios mesófilos, se obtuvieron valores de 11×10^2 , 77×10^2 y 81×10^2 ufc/ml para los días 0, 7 y 14 respectivamente, viendo un leve incremento periódicamente. Basándose en la norma sanitaria establecida por DIGESA N° 615-2003 SA/DM, la cual expresa como límite permisible para leche y productos lácteos un valor con respecto a aerobios mesófilos de 5×10^4 por ml, se evaluó que los resultados de esta investigación, determinan que la bebida cumple con los criterios de calidad sanitaria e inocuidad contempladas por la norma, cuyo consumo no causara daño a la salud del consumidor.

Conclusiones

Mediante una formulación a base de suero de leche y jugo de fresa se puede contribuir a la innovación de un producto con beneficios nutricionales y disminuir la contaminación provocada por los desechos en la industria láctea.

Las propiedades fisico-químicas para el jugo de fresa corresponden a la literatura, con excepción de humedad debido al método de obtención del mismo.

El suero de leche utilizado en la formulación de la bebida fue obtenido mediante acidificación, hecho basado en el pH determinado durante la identificación de las propiedades físico-químicas.

El análisis estadístico aplicado fue el ANOVA, arrojando con mayor significancia las propiedades de olor y consistencia, siendo la formulación número 5 la más aceptada con 50 % de suero de leche, 50 % jugo de fresa y 8 % p/v de azúcar.

La bebida de mayor aceptación para el día 14 cumple con los criterios de calidad sanitaria e inocuidad, conservando a su vez óptimas propiedades organolépticas, siendo considerada apta para el consumo humano.

Referencias bibliográficas

- [1] Grasselli M., Navarro A., Fernández H., Miranda M., Camperi S., Cascone O. ¿Qué hacer con el suero del queso? *Revista Ciencia hoy*, vol. 8, núm. 43, (1997), 12-17.
- [2] Speer E. (Editorial Acribia), *Lactología Industrial*. 2da. Ed. Zaragoza, España, (1975)
- [3] Ranken M.D. (Editorial Acribia), *Manual de industrias de los alimentos*. 2da. Ed. Zaragoza, España, (1993).
- [4] Cheftel J., Cheftel H. (Editorial Acribia), *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Zaragoza, España, (1976).
- [5] Chatterjee G., De Neve, J., Dutta A., Das S., *Formulación y estadística de una bebida de naranja preparada a base de suero y su estabilidad de almacenamiento*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 14, núm. 2, (2015), 253-264.

Índice acumulado

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

N° 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

Anali 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

N° 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 oscura del Lago de Maracaibo

Modeling of the thin layer drying and solar predrying at the different layer thicknesses of the Lemna obscure 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 aporticadas 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 β -funciones de onda

Integral representation of β -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 Cezar 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.

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

N° 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 Belandría 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 Belandría, 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.

N° 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 Ramón 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, Yogy 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, Pragredes 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 11
- 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 15
- 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 29
- 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 47
- 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 57
- 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 67

N° 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.

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.

Revista Tecnocientífica URU N° 16
Maracaibo, Venezuela