

# PIROLISIS CATALÍTICA DE PLÁSTICOS RECICLADOS PARA LA OBTENCIÓN DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS (BTX) A ESCALA LABORATORIO

CATALYTIC PYROLYSIS OF RECYCLED PLASTICS TO OBTAIN AROMATIC  
HYDROCARBONS (BTX) AT LABORATORY SCALE

---

Fecha de recepción: 03/11/2023 | Fecha de aceptación: 21/12/2023

**Autor:**

**Nilo Raul Suarez Loras<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Carrera de Ingeniería Petroquímica en la Facultad de Ciencias Integradas  
de Villa Montes, UAJMS

**Correspondencia del autor:** n.suarezloras@gmail.com<sup>1</sup>

Tarija - Bolivia

## RESUMEN

Los hidrocarburos aromáticos son de gran importancia económica, utilizados en la fabricación de caucho sintético, pinturas, pigmentos, explosivos, pesticidas, detergentes, perfumes, fármacos entre otros (Stellman, 1998). Estos compuestos aromáticos pueden ser obtenidos mediante la pirólisis catalítica de plásticos (Caderon, 2016), aliviando la crisis de contaminación por plástico que está afectando al planeta, a su vez que ayuda a economía del país con la comercialización de productos de alto valor agregado.

En el presente trabajo de investigación se estudió la conversión de plásticos reciclados, Polietileno y Poliestireno, a través de la pirólisis catalítica para la obtención de compuestos aromáticos (BTX), en un reactor batch modificado. Se utilizó un diseño experimental 2x2 con réplica donde se analizó las variables independientes, la relación alimentación/catalizador (C) y la composición de materia prima (P) y su influencia en la variable dependiente, la masa de BTX obtenida, manteniendo constante el tiempo de residencia (t) de 4 hrs y una temperatura (T) de 300°C. De los resultados obtenidos se pudo encontrar que la mayor producción de BTX se obtuvo cuando la relación alimentación/catalizador (C) fue de 14:1 y la composición de materia prima fue de 3/7 PET-PS, estos valores corresponden al tercer ensayo, obteniendo 9.28 gr de BTX lo que supone un 13% de conversión alcanzada.

## ABSTRACT

Aromatic hydrocarbons are of great economic importance, used in the manufacture of synthetic rubber, paints, pigments, explosives, pesticides, detergents, perfumes, pharmaceuticals among others (Stellman, 1998). These aromatic compounds can be obtained by catalytic pyrolysis of plastics (Caderon, 2016), alleviating the plastic pollution crisis that is affecting the planet, in turn helping the country's economy with the commercialization of high value-added products.

In the present research work, the conversion of recycled plastics, Polyethylene and Polystyrene, through catalytic pyrolysis to obtain aromatic compounds (BTX), was studied in a modified batch reactor. A 2x2 experimental design with replication was used to analyze the independent variables, feed/catalyst ratio (C) and raw material composition (P) and their influence on the dependent variable, the mass of BTX obtained, keeping a constant residence time (t) of 4 hrs and a temperature (T) of 300°C. From the results obtained it could be found that the highest BTX production was obtained when the feed/catalyst ratio (C) was 14:1 and the raw material composition was 3/7 PET-PS, these values correspond to the third trial, obtaining 9.28 gr of BTX which represents a 13% of conversion achieved.

**Palabras Clave:** Pirólisis catalítica, BTX, Producción de aromáticos.

**Keywords:** Catalytic pyrolysis, BTX, Aromatics production.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los compuestos aromáticos son una clase de compuestos químicos orgánicos que poseen una estructura molecular especial denominada anillo aromático, que se caracteriza por tener enlaces dobles alternantes y un sistema de electrones pi conjugados. El término "aromático" proviene de la creencia inicial de que estos compuestos tenían olores agra-

dables, aunque esta noción ha evolucionado en la química. Los compuestos aromáticos más conocidos son el benceno, tolueno y xileno, a quienes se les conoce como BTX, a continuación, se presentan algunas de las propiedades fisicoquímicas de estos compuestos:

Tabla 1 Propiedades fisicoquímicas del BTX

	Benceno	Tolueno	p-xileno	m-xileno	o-xileno
Fórmula molecular	$C_6H_6$	$C_7H_8$	$C_8H_{10}$	$C_8H_{10}$	$C_8H_{10}$
Masa molecular, $g \cdot mol^{-1}$	78.12	92.14	106,17	106,17	106,17
Punto de ebullición, °C	80,1	110.6	136,2	138,4	139,1
Punto de fusión, °C	5.5	-95	- 95,0	13,3	- 47,9
Banda de Absorción (nm)	254	261	268-280	268-280	268-280

Fuente: Extraído de Enciclopedia de salud y seguridad de trabajo (s.f.)

Según Corma (2011) los compuestos aromáticos pueden ser obtenidos mediante la pirólisis catalítica, este es un proceso que consiste en la degradación térmica de los desechos en ausencia de oxígeno (o de aire), o en atmósferas donde su concentración es reducida, siendo aplicable para mezclas de plásticos sin mayores tratamientos, con temperaturas superiores a 300°C y un catalizador donde la rotura de los enlaces carbono-carbono se produce por medio de carbocationes.

Los plásticos son materiales sintéticos obtenidos mediante reacciones de polimerización a partir de derivados de petróleo. El poliestireno expandido se deriva de un material conocido como estireno el cual tiene inicialmente forma de esferas mientras que el tereftalato de polietileno (más conocido como PET) se obtiene mediante la policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Haciendo uso de la pirólisis catalítica estos plásticos pueden convertirse en compuestos aromáticos, para ello es importante un elemento fundamental, el catalizador. Para Fogler (2008) como lo cito Jávita en 2020, un catalizador es una sustancia que cambia la velocidad de

una reacción, sin consumirse al final del proceso. De forma general, el catalizador cambia una velocidad de reacción promoviendo una ruta molecular distinta o también llamada como mecanismo para una reacción. Cabe resaltar que como el catalizador permite la obtención de un producto final por una ruta diferente, con una barrera energética más baja, afecta tanto al rendimiento como la selectividad. Pero, no afecta el equilibrio termodinámico de la reacción.

El objetivo de esta investigación fue la producción de BTX a escala laboratorio a partir de plástico reciclado mediante pirólisis catalítica.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación tuvo un enfoque cualitativo, de tipo experimental y correlacional. Se evaluó la influencia de las variables independientes, como el porcentaje de materia prima (p) y relación de alimentación/catalizador (c), con la variable respuesta la cual fue la cantidad de BTX obtenida (A). Se mantuvo valores constantes de Temperatura (T) y tiempo de residencia (t).

## 2.2. HIPÓTESIS

¿Existe una relación entre la alimentación/catalizador y un porcentaje en la composición de la materia prima que es la ideal para favorecer la obtención de BTX?

## 2.3. MATERIALES

En la siguiente tabla se muestran los materiales, equipos y reactivos utilizados en nuestra investigación.

Tabla 2 Materiales, equipos y reactivos

Materiales	Equipos	Reactivos
Kitasatos	Desecador	Ácido Clorhídrico
Mangueras	Balanza Analítica	Sulfato de Cobre
Vidrio Reloj	Agitador Magnético	Agua Desionizada
Espátula	Horno	Agua destilada
Embudos butchner	Reactor de pirolisis	Catalizador de Zeolita
Caja Petri	Condensador	Bicarbonato de Sodio
Papel filtro	Espectrofotómetro	Benceno
Matraz aforado		Tolueno
Probeta		Xileno
Pipetas		Ácido Acético
Propipeta		Tereftalato de polietileno
Matraz aforado		Poliestireno
Matraz aforado		
Embudo		
Vasos precipitados		
Trompas de vacío		

Fuente: Elaboración propia

## 2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la pirolisis de plásticos se realizó un diseño experimental 2x2 donde se utilizaron las siguientes variables independientes:

- Relación alimentación/Catalizador (c). La cantidad total de plástico alimentado (gr) dividido por la cantidad total de catalizador (gr) insertado en el reactor.
- Composición de la materia prima PET/PS (p). La cantidad de Tereftalato de polietileno y poliestireno utilizado como alimentación.

La variable dependiente que se estudió fue:

- La masa de BTX obtenida (A). La cantidad de materia de BTX (gr) obtenida según las diferentes variables.

Valores constantes de:

- Temperatura (T). Se utilizó una temperatura de 300°C.
- Tiempo de residencia (r). Se determinó un tiempo de 4 horas.

A continuación, se muestra los valores máximos y mínimos de las variables independientes.

Tabla 3 Variables y niveles

Variable/valor	Símbolo	Máximo	Mínimo
Relación alimentación/ Catalizador	C	35:1	14:1
Composición de la materia prima PET/PS	P	7/3	3/7

Fuente: Elaboración propia

El diseño experimental para esta investigación se muestra en la siguiente tabla, se realizaron 4 experimentos y 4 réplicas:

Tabla 4 Diseño experimental

# de prueba	Relación alimentación/ Catalizador	Composición de la materia prima PET/PS	Masa de BTX obtenida
1	35:1	7/3	
2	14:1	3/7	
3	35:1	3/7	
4	14:1	7/3	
Réplica 1	35:1	7/3	
Réplica 2	14:1	3/7	
Réplica 3	35:1	3/7	
Réplica 4	14:1	7/3	

Fuente: Elaboración propia

## 2.5. PROCEDIMIENTO.

### 2.5.1. Selección de la materia prima

Para la selección de la materia prima se evaluaron los siguientes parámetros:

- Materia prima: polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET), poliestireno (PS), Mix (PE-T+PS)
- Eficiencia en otros estudios: Se tomó en cuenta el rendimiento en la obtención de aromáticos según el porcentaje alcanzado en estudios previos.
- Asequibilidad: La facilidad de conseguir la materia prima.

Al finalizar la evaluación se determinó que un Mix de PET y PS eran la opción más adecuada para el proceso.

### 2.5.2. Pirólisis de plásticos

Para el desarrollo de las pruebas experimentales se siguió el siguiente procedimiento:

- Se recolectó la materia prima de la calle y basureros de la ciudad de Villa Montes.
- Se lavó la materia prima para quitar las impurezas y se procedió a cortar el plástico en trozos pequeños.
- Se pesó el PET y PS según los valores del diseño experimental en la balanza técnica y se procedió a cargar en el reactor.
- Se pesó el catalizador en la balanza analítica y se cargó dentro del reactor (in situ) y en el soporte metálico (ex situ).
- Se encendió el reactor y se configuró la temperatura a 300°C, se procedió a controlar un tiempo de 4 horas para que reaccione toda la materia prima.
- El gas de pirólisis pasó por el condensador y se recibió en un matraz de 50 ml.
- Transcurrido el tiempo de reacción se apagó el equipo y se esperó a que enfrié para poder sustraer el producto.
- Se tomó 1 ml del líquido obtenido y se pesó para conocer su densidad.
- Se llevó el resto del producto para su análisis en el espectrofotómetro.
- Del reactor se sustrajo todo el coque generado y se pesó para conocer la conversión alcanzada en cada ensayo.
- Por último, se lavó el reactor calentándolo a 100°C usando ácido acético glacial y bicarbonato de sodio, se lo dejó secar y se procedió a realizar el siguiente ensayo hasta concluir todos.

Ilustración 1 Diagrama del proceso de obtención



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las cantidades de materia prima y catalizador utilizado en cada uno de los ensayos y réplicas:

Tabla 5 Ensayos y réplicas

Número de prueba	Alimentación (gr)			% PET/PS	Catalizador (gr)			Relación A/C
	PET	PS	Total		in situ	ex situ	total	
1	21,16	49,02	70,18	3/7	1,005	1,006	2,011	35:1
2	49,03	21	70,03	7/3	1,001	1,0018	2,0028	35:1
3	21,12	49,14	70,26	3/7	3,0356	2,0326	5,0682	14:1
4	49,34	21,53	70,87	7/3	3,0017	2,0176	5,0193	14:1
1'	21,14	49	70,14	3,3/6,7	1,001	1,0012	2,0022	31:1
2'	49	21,06	70,06	7/3	1,002	1,002	2,004	35:1
3'	21,09	49,12	70,21	3/7	3,001	2,0096	5,0106	14:1
4'	49,3	21,52	70,82	7/3	3,0012	2,0099	5,0111	14:1

Fuente: Elaboración propia

### 2.5.3. ANÁLISIS DEL PRODUCTO OBTENIDO

El producto obtenido se analizó en el espectrofotómetro UV-VIS del laboratorio de analítica de la Facultad de Ciencias Integradas de Villa Montes, utilizando las curvas de calibración absorbancia vs concentración se obtuvo las concentraciones de cada prueba y posteriormente la masa obtenida de BTX.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

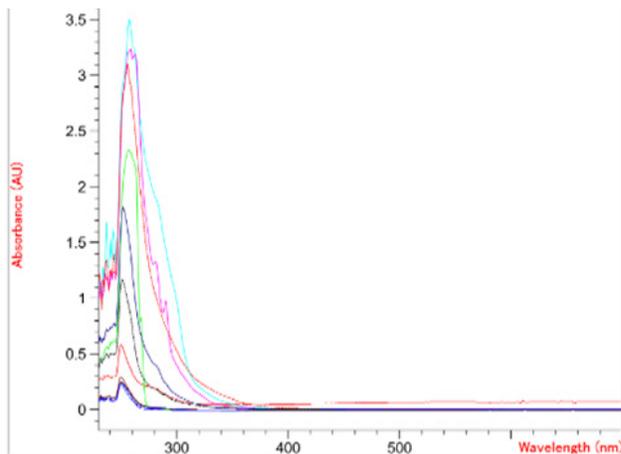
### 3.1. PRESENCIA DE BTX EN LAS MUESTRAS

El líquido obtenido de las pruebas se trataron mediante un proceso de extracción de BTX, posterior-

mente se realizó un barrido espectral a todas las muestras obtenidas utilizando una longitud de onda de 220 a 700 nm como se muestra en la ilustración, esto con la finalidad de buscar interferencia de otros productos obtenidos por la pirólisis de plásticos, como gasolina o diésel de pirólisis, los cuales presentan una absorbancia mayor a 300 nm y entran en el rango visible de la luz, dentro del barrido mostrado se puede observar que desde los 220 a 250 nm existe una absorbancia provocada por el solvente, sin embargo, esto no afecta en la lectura de las muestras, las cuales presentan picos de absorbancia más pronunciados desde los 250 a 270 nm, no existe absorbancia a más de 270 nm, por lo que concluimos

que las moléculas analizadas son aromáticos (BTX) las cuales tienen los picos más altos de absorbancia de la luz desde los 254 a 280 nm.

Ilustración 2 Barrido espectrofotométrico de todas las muestras obtenidas

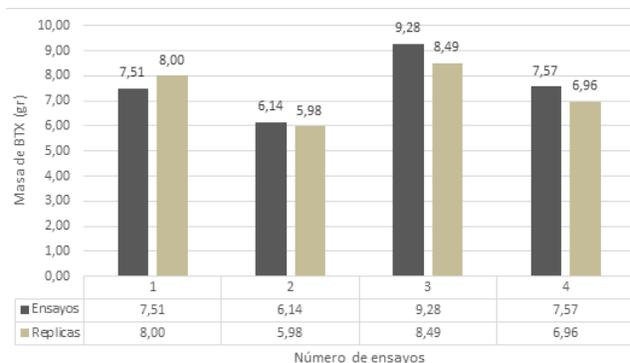


Fuente: Espectrofotómetro UV-Vis.

### 3.1.1. ANÁLISIS DE LA MASA DE BTX OBTENIDA

A continuación, se muestran los resultados de las masas de BTX obtenidas en el presente trabajo de investigación, cada ensayo cuenta con su réplica y se plasman en la ilustración 15.

Ilustración 3 Gráfico de resultados



Fuente: Elaboración propia

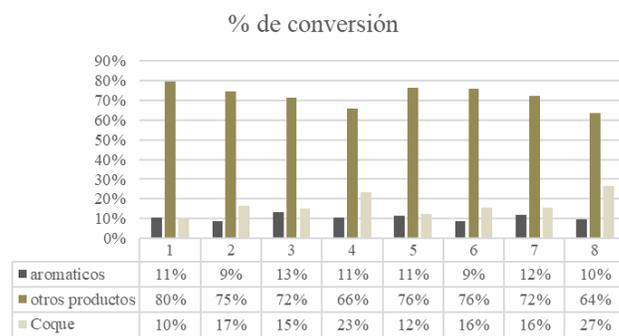
Se puede observar que el "ensayo 3" con su respectiva réplica fueron los ensayos más exitosos obteniendo el 9,28 gr y 8,48 gr de BTX respectivamente, ambos tienen los valores más altos de las variables independientes (Ver tabla 7), la conversión de este

ensayo fue de 13% y la selectividad de 15% tomando en cuenta que la conversión total (gases, líquidos y otros productos) fue del 89%.

También se puede observar que los ensayos y las réplicas no tienen una diferencia significativa en los resultados de sus masas, siendo la prueba 3 la de mayor diferencia con un valor de 0.79 gr. Solo la réplica de la primera prueba obtuvo un valor más alto que su ensayo, mientras que el resto de las pruebas el resultado del ensayo fue mayor a la réplica, esto puede deberse a algunos cambios efectuados en el reactor como el cambio de enchaquetado de plástico por metálicos, los cuales necesitaban un pegamento especial para evitar pérdidas, también la condensación y la recolección del producto obtenido jugaron parte importante lo

### 3.1.2. ANÁLISIS DE LA CONVERSIÓN

Ilustración 4 Gráfico de conversiones



Fuente: Elaboración propia

Donde: Los ensayos 5 al 8 son réplicas de los ensayos 1 al 4 respectivamente.

Para encontrar la conversión de los ensayos se realizó un balance de masa donde se pesó la materia prima, y cada uno de los productos obtenidos incluyendo el coque. Podemos observar que la mayor conversión de la materia prima estuvo orientada a la producción de otros productos distintos al BTX, esto se debe a la cantidad de catalizador utilizada, ya que se contaba con pocos sitios activos donde las cadenas de carbonos puedan transformarse en BTX, manteniendo así la baja conversión a aromá-

tos. Parte de la materia prima que no tuvo acceso a los sitios activos del catalizador se transformaron en gases que por su olor característico y podemos deducir que se trataba de compuestos C1 a C5 los cuales son bastantes volátiles otra parte de la materia prima se convirtió en gasolina, diésel o querosene los cuales contenían en su interior BTX, según el análisis espectrofotométrico. Cabe recalcar que el BTX es bastante volátil por lo que parte del mismo pudo perderse en el proceso de recolección de la muestra ya que debíamos esperar a que el reactor se enfrié para sustraer el producto, esto sumado al tiempo que tomaba preparar las muestras para el análisis pudo provocar una pérdida que no pudo cuantificarse, así que asumimos esa pérdida como parte de la conversión hacia otros productos.

### 3.1.3. ANÁLISIS DE LA VARIANZA ANOVA

Para la realización del análisis de varianza ANOVA se realizó la tabla 5, donde colocamos los resultados obtenidos y haciendo uso del análisis de varianza

que ofrece el programa Excel se pudo obtener los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 6 Tabla de datos ANOVA

		C	
		C1 =35:1	C2= 14=1
P	P1= 3/7	7,51	9,28
		8,00	8,49
	P2= 7/3	6,14	7,57
		5,98	6,96

Fuente. Elaboración propia

Donde C es la variable de relación de Alimentación/ Catalizador. C1 tiene una relación de 35 gr de materia prima con 1 gr de catalizador. C2 tiene una relación de 14 gr de alimentación por 1 gr de catalizador. P es la variable de composición de materia prima PET/ PS. P1 tiene valores de 30% PET y 70% PS de materia prima alimentada, y P2 indica 70% PET y 30% PS. Los valores con las casillas sombreadas corresponden a la réplica de cada prueba respectivamente.

Tabla 7 Análisis de la Varianza

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Materia prima (p)	5,49389458	1	5,49389458	34,8768318	0,00411442	0,54863217
Catalizador (c)	2,74094008	1	2,74094008	17,4002804	0,01401572	0,54863217
Interacción	0,00228101	1	0,00228101	0,0144805	0,91002001	0,54863217
Dentro del grupo	0,63009101	4	0,15752275			
Total	8,86720669	7				

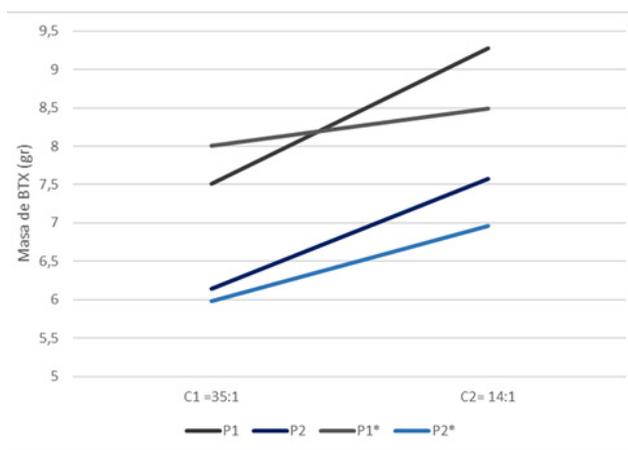
Fuente: Elaboración propia

Podemos observar como el valor crítico de F es menor para la F calculada, en ambos casos para las variables C y P, lo que quiere decir que ambas tienen influencia en el proceso. Por otra parte, la interacción

entre estas variables no supone una significancia relevante ya que la F calculada es menor a la F crítica.

### 3.1.4. ANÁLISIS DE LA VARIABLE "C" EN EL EXPERIMENTO

Ilustración 5 Gráfica de análisis de la variable "C"



Fuente: Elaboración propia

Donde P1 y P1\* son valores de 30% PET y 70% PS de materia prima alimentada, y P2 y P2\* indica 70% PET y 30% PS

\* =indica la réplica

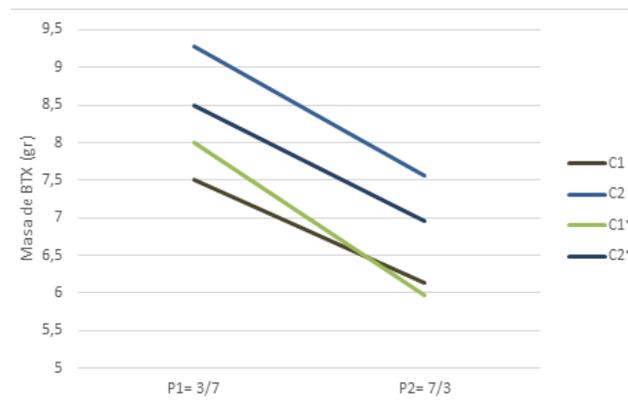
Para C1= 35:1 es por 35 gr de materia prima se usa 1 gr de catalizador. C2=14:1 por cada 14 gr de materia prima se utiliza 1 gr de catalizador.

Manteniendo la variable de alimentación constante, podemos observar que al aumentar la cantidad de catalizador también aumentamos la cantidad de BTX producido, esto aplicado a los 2 experimentos con sus respectivas réplicas. También podemos señalar que mientras más pequeña sea la relación Alimentación/Catalizador (A/C), la masa obtenida a BTX aumentará. Si traducimos estos resultados a las conversiones obtenidas según la ilustración 4 esta práctica cumple con los estudios realizados por Jávita (2020) y Xue (2017) donde nos describen una relación de A/C=150 por Jávita y la conversión alcanzada fue de 0,46%, mientras que en la investigación de Xue, donde la A/C=1 las conversiones fueron superiores al 40%, respaldando así nuestra suposición que a menor relación catalizador alimentación mayor conversión de aromáticos existirá. Podemos concluir que el catalizador utilizado cumplió la función de conversión a aromáticos independientemente

de del porcentaje de PET y PS en la mezcla.

### 3.1.5. ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE LA VARIABLE "P" EN EL EXPERIMENTO

Ilustración 6 Gráfica de análisis de la variable P



Fuente: Elaboración propia

Donde C1 y C1\*= 35:1 es por 35 gr de materia prima se usa 1 gr de catalizador.

C2 y C2\*=14:1 por cada 14 gr de materia prima se utiliza 1 gr de catalizador.

\* =indica la réplica

Donde P1 son valores de 30% PET y 70% PS de materia prima alimentada, y P2 indica 70% PET y 30% PS.

Como podemos observar en la gráfica, la masa de BTX obtenida disminuye cuando el porcentaje de PS disminuye y el PET aumenta, esto se aplica a todas las pruebas y sus réplicas respectivamente, esto se debe a las unidades monoméricas que componen al PS poseen un anillo de benceno que puede ser craqueado con facilidad, aumentando la cantidad de BTX producida. Tanto el PET como PS se han utilizado anteriormente para analizar la conversión de plásticos a BTX y estos han dado resultados favorables por arriba el 30% de conversión de BTX (Xue, 2017), siendo el PS más efectivo. También debemos mencionar que la masa de BTX generada cuando el PET está en mayor porcentaje no disminuye considerablemente, la conversión lograda se estima entre el 9 a 10%.

Ilustración 7 Monómero y polímero del poliestireno



Fuente: Poliestireno. (s.f.). <https://pslc.ws/spanish/styrene.htm>

#### 4.1.6. ANÁLISIS DE LA CORRELACION ENTRE LAS VARIABLES "C" Y "P"

Tabla 8 Análisis de las variables C y P

		C	
		C1 = 35:1	C2 = 14:1
P	P1 = 3/7	7,51	9,28
		8,00	8,49
	P2 = 7/3	6,14	7,57
		5,98	6,96

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla 3-9, los valores de BTX aumentan cuando la relación entre la alimentación es menor "C2" y la composición de la materia prima es 70% poliestireno "P1". Por el contrario, cuando aumentamos los valores de la variable "C1" y disminuimos el porcentaje de PS en la materia prima "P2" la masa de BTX producida disminuye considerablemente.

Podemos argumentar que una mayor relación de PET y PS en conjunto con una menor relación catalizador/alimentación producirá una mayor masa de BTX en este proceso. Las mejores condiciones para la producción de BTX es una relación Catalizador/alimentación de 14:1 y una composición de materia prima de 30% PET y 70% PS.

## 4. DISCUSION

Se desarrolló la practica realizando 4 experimentos y 4 réplicas, encontrando que la mayor producción

de BTX en gr fue cuando las variables C =14:1 y P=3/7. La masa obtenida fue de 9.28gr, comprobando que nuestra hipótesis es correcta y que existen valores óptimos de nuestras variables para la mayor producción de BTX.

Se analizaron las propiedades fisicoquímicas de los productos obtenidos a través del espectrofotómetro y se encontró que los resultados obtenidos corresponden a las propiedades del BTX según la absorbancia que presentaron los compuestos.

Existió una baja conversión de BTX por la cantidad de catalizador utilizado y por el tiempo que tomaba analizar el producto obtenido, el cual favorecía a la pérdida de BTX por su alta volatilidad.

Se determinó que a menor relación de catalizador y materia prima se obtiene una mayor conversión de BTX independientemente del porcentaje de PET y PS utilizado como materia prima, también se definió que un mayor porcentaje de PS favorece a la obtención de BTX cuando la relación de catalizador/alimentación se mantiene constante.

## 5. CONCLUSIONES

- Se escogió al PS y PET como materia prima previa evaluación.
- Se describió los procesos de obtención de BTX a partir de plástico reciclado a nivel laboratorio de los cuales se creó un nuevo proceso para la producción de BTX, en base a la bibliografía consultada y a las limitaciones de reactivos y materiales de laboratorio disponibles.
- Se determinó la variable C como la relación de alimentación y catalizador, y la variable P para la mezcla de materia prima
- Se realizó el diseño experimental de 2\*2, con niveles 35:1 y 14:1 para la variable C, y 7/3 y 3/7 para la variable P.
- Se desarrolló la practica realizando 4 experi-

mentos y 4 réplicas, encontrando que la mayor producción de BTX en gr fue cuando la variable "C" tuvo un valor de 14:1 y la variable "P" un valor de 3/7. La masa obtenida fue de 9.28gr, comprobando la hipótesis planteada acerca de que existen valores óptimos de nuestras variables para la mayor producción de BTX.

- Se analizaron las propiedades fisicoquímicas de los productos obtenidos a través del espectrofotómetro y se encontró que los resultados obtenidos corresponden a las propiedades del BTX.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- 🔖 Axioma. (2020, 18 marzo). Tecnología de reciclaje químico. Tecnología del plástico. Disponible en: <https://www.plastico.com/temas/Tecnologia-de-reciclaje-quimico+133670>
- 🔖 Balanza, J. (2022, 20 mayo). Desarrollo de los hidrocarburos en Bolivia [Webinar]. Jaime Balanza, Villa Montes, Bolivia.
- 🔖 Bernal Bermúdez, A. D., García Guendulain, J. M., & Riesco Ávila, J. M. (2018). Conversión termoquímica de residuos plásticos en combustibles. Jóvenes en la ciencia, 4(1), 2486–2491. Disponible en: <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2686>
- 🔖 Botello, F., Avalos F., Camporredondo, E. (2010). Pirólisis del polietileno en presencia y ausencia de catalizadores arcillosos. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coahuila – México.
- 🔖 Calderón F. (2016), La Producción de Combustibles Vehiculares a partir de Plásticos de Deshecho. [Compendio de Investigaciones], Dr. Calderón Laboratorios. Fecha de consulta: 13 de abril de 2022 Disponible en: <http://www.drcalderonlabs.com/Procesos/Pirolisis/Proceso%20de%20Pirolisis.pdf>
- 🔖 Contreras F. (2014), estudio de la PIRÓLISIS catalítica de polietileno en un Reactor semi-batch Tesis (Ingeniería Civil Químico). Universidad De Chile Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas. Santiago De Chile
- 🔖 Castañaduí, C. F. (2020). Efecto de la contaminación de agua por microplásticos en la salud humana. Una revisión sistemática entre 2010 – 2020 [Trabajo de investigación]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/25950>
- 🔖 Ciarplas (s. f.). Qué son los plásticos. ciarplas. Disponible en: <https://cairplas.org.ar/plasticos/>
- 🔖 Delgado, J., Niño, D. (2023). Análisis de los productos generados durante la pirólisis de residuos de poliestireno expandido. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Bucaramanga – Colombia.
- 🔖 Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill
- 🔖 Shuttleworth, M. (Ago. 10, 2009). Diseño factorial. Fecha de consulta: Mayo 13, 2022. Disponible en: <https://explorable.com/es/disenio-factorial>
- 🔖 Gonzalez Aguilar, A. M., Riesco Ávila, J. M., Elizalde Blancas, F., & Tejeda del Cueto, M. E. (2021). Caracterización del proceso de pirólisis de residuos de poliestireno expandido. Ingenio Magno, 11(2), 135-146. Disponible en: <http://revistas.usatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/2185>
- 🔖 Geneva Environment Network (2022, 6 abril). Plastics and the Environment. Fecha de consulta: 13 de abril de 2022, Disponible en: <https://www.genevaenvironmentnetwork.org/resources/updates/plastics-and-the-environment/>

- 🔖 Jácome Burgos, A., Suárez López, J., & Ures Rodríguez, P. (2014). Reactores de lecho fluidizado. Disponible en: <https://www.watereactionplan.com/documents/177327/558161/Reactores+de+lecho+fluidizado.pdf/6ca7e2f6-d323-926d-9055-6e05bbed7fde>
- 🔖 Játiva Carrillo, E.J. (2020). Obtención de hidrocarburos aromáticos (BTX) por hidro-licuefacción directa de polipropileno reciclado empleando Zn/ZSM-5 en un reactor tipo batch. Tesis (Ingeniería Petroquímica) Universidad de las fuerzas armadas ESPE. Quito – Ecuador.
- 🔖 Lara Quijan, A. (2020). Análisis técnico-económico de la producción de aromáticos a partir de bioetanol. Disponible en: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/104052/TFM-1698-LARA%20QUIJANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 🔖 Lin, Y. H., & Yang, M. H. (2007). Chemical catalyzed recycling of waste polymers: Catalytic conversion of polypropylene into fuels and chemicals over spent FCC catalyst in a fluidised-bed reactor. *Polymer Degradation and Stability*, 92(5), 813–821. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2007.01.028>
- 🔖 Lujan, C., Pretell, V., & Ramos, W. (2019). Pirólisis Catalítica de Residuos de Polipropileno para la Obtención de Combustibles Líquidos. *Proceedings of the 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Industry, Innovation, and Infrastructure for Sustainable Cities and Communities"*. Disponible en: <https://doi.org/10.18687/laccei2019.1.1.302>
- 🔖 Navarro R. (2007). Pirólisis Catalítica De Polietileno. Estudio De La Evolución De La Distribución De Productos Y Desactivación Del Catalizador. Tesis (Doctorado en Ciencias Químicas) Universidad De Alicante Departamento De Ingeniería Química. Alicante – España.
- 🔖 Pérez, G. (2021). Obtención de estireno a partir de residuos de poliestireno expandido mediante pirolisis catalítica. Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Energía, División de Ciencias Básicas. Av. San Pablo No. 180, Alcaldía Azcapotzalco, Ciudad de México, <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/9288>
- 🔖 Pérez García N., Garnica Anguas P. et. al. (2016). Evaluación de las propiedades mecánicas del poliestireno expandido. [Investigación]. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt476.pdf>
- 🔖 Poblete Olivares, E.A. (2013). Pirólisis catalítica de desechos plásticos mediante zeolitas modificadas con cobre. Tesis (ingeniero civil químico). Universidad de Chile, 2013
- 🔖 Química Orgánica Industrial. (s.f.). Conversión de reacciones químicas [recurso electrónico]. Disponible en: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-04.php#:~:text=La%20conversi%C3%B3n%20de%20un%20componente,y%20la%20cantidad%20inicial%20empleada.&text=Ahora%20bien%20dicha%20reacci%C3%B3n%20puede,reacciones%20paralelas>
- 🔖 Romero Cruz, N. N. & Zeballos Cruz, L. E. (2020). Diseño y construcción de un reactor de pirolisis para la obtención de combustibles a partir del plástico a nivel laboratorio. [Investigación]. Perfil de proyecto. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.
- 🔖 Stellman, J. (1998). Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Libro digital. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/162038/6.+Hidrocarburos+arom%C3%A1ticos+-+Hidrocarburos+arom%C3%A1ticos+halogenados+-+Hidrocarburos+poliarom%C3%A1ticos+-+Isocianatos+-+Cetonas>

- 🔖 Tibco. (s. f.). ¿Qué es Análisis de la Varianza (ANOVA)? TIBCO Software. Disponible en: [https://www.tibco.com/es/reference-center/what-is-analysis-of-variance-anova#:~:text=An%C3%A1lisis%20de%20la%20Varianza%20\(%20ANOVA%20\)%20es%20una%20f%C3%B3rmula%20estad%C3%ADstica%20que,medias%20de%20los%20diferentes%20grupos.](https://www.tibco.com/es/reference-center/what-is-analysis-of-variance-anova#:~:text=An%C3%A1lisis%20de%20la%20Varianza%20(%20ANOVA%20)%20es%20una%20f%C3%B3rmula%20estad%C3%ADstica%20que,medias%20de%20los%20diferentes%20grupos.)
- 🔖 Tok.wiki. (s. f.). BTX (química) Propiedades de los hidrocarburos BTX y Producción de hidrocarburos BTX. Chemistry. Disponible en: [https://hmong.es/wiki/BTX\\_\(chemistry\)](https://hmong.es/wiki/BTX_(chemistry))
- 🔖 Vichaphund, S., Aht-ong, D., Sricharoenchaikul, V., & Atong, D. (2016). Effect of ZSM-5, Ni-ZSM-5 and fly ash-derived ZSM-5 catalysts for selective aromatic formation from pyrolytic vapors of polymeric wastes. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*.
- 🔖 Westreicher, G. (2021, 6 marzo). Método deductivo. Economipedia. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/metodo-deductivo.html>
- 🔖 WWF Bolivia. (2021, 16 septiembre). WWF Bolivia hace un llamado urgente a realizar acciones conjuntas para reducir la contaminación plástica. Disponible en: <https://www.wwf.org.bo/?369790/WWF-Bolivia-hace-un-llamado-urgente-a-realizar-acciones-conjuntas-para-reducir-la-contaminacion-plastica>
- 🔖 Xue, Y., Johnston, P., & Bai, X. (2017). Effect of catalyst contact mode and gas atmosphere during catalytic pyrolysis of waste plastics. *Energy Conversion and Management*, pag. 441-451

5

ARTÍCULO DE ANÁLISIS

# PROCEDENCIA DE LOS VISITANTES EN LAS FIESTAS GRANDES TRADICIONALES DEL VALLE CENTRAL DE TARIJA

ORIGIN OF VISITORS IN THE BIG TRADITIONAL FESTIVALS OF THE CENTRAL  
VALLEY OF TARIJA

---

Fecha de recepción: 03/11/2023 | Fecha de aceptación: 15/12/2023

**Autoras:**

**Roxana Alemán Castillo<sup>1</sup>**

**Teresa Viviana Ugarte Martínez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Doctora en Matemáticas y Estadística, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

<sup>2</sup>Licenciada en Turismo

**Correspondencia de las autoras:** roxana.aleman@uajms.edu.bo<sup>1</sup>,  
viviana.ugarte.martinez@gmail.com<sup>2</sup>

Tarija - Bolivia

## RESUMEN

Actualmente la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho ha implementado un observatorio de turismo del departamento de Tarija, realizando investigaciones relacionadas con los perfiles del turista que visitan la región en diferentes épocas del año, sin embargo, dos festividades tienen trascendental importancia por la visita de turistas religiosos en septiembre de cada año. El presente trabajo de investigación tiene por objeto determinar las características de la procedencia de los visitantes en las festividades de Chaguaya y San Roque de Tarija, con la finalidad de contribuir con información para mejorar la oferta turística de la ciudad y alrededores. La investigación es descriptiva y transversal, se utilizan cuestionarios aplicados a los visitantes por muestreo. Los resultados muestran la presencia de un turista interno, que proviene del departamento de Tarija y del interior del país, también un turismo receptivo desde la república Argentina, con presencia principalmente de migrantes que habitan en el vecino país.

## ABSTRACT

Currently, the Juan Misael Saracho Autonomous University has implemented a tourism observatory in the department of Tarija, conducting research related to the profiles of tourists who visit the region at different times of the year. However, two festivities have transcendental importance due to the visit of religious tourists. in September of each year. The purpose of this research work is to determine the characteristics of the origin of visitors in the festivities of Chaguaya and San Roque de Tarija, with the purpose of contributing information to improve the tourist offer of the city and surroundings. The research is descriptive and transversal, questionnaires applied to visitors by sampling are used. The results show the presence of an internal tourist, who comes from the department of Tarija and the interior of the country, also a receptive tourism from the Argentine Republic, with the presence mainly of migrants who live in the neighboring country.

**Palabras Clave:** Observatorio de turismo, perfil del turista, oferta turística

**Keywords:** Tourism observatory, tourist profile, tourism supply

## 1. INTRODUCCIÓN

En Tarija, las fiestas tradicionales de la Virgen de Chaguaya y de San Roque celebradas en el mes de agosto y septiembre respectivamente todos los años, atraen muchos visitantes, por su simbolismo y despierta la nostalgia de miles de tarijeños dispersos en el mundo entero (Sigler, 2022).

Las fiestas tradicionales de la Virgen de Chaguaya y de San Roque están relacionadas con el turismo religioso, definido por Alvarado (2016), como aquel que tiene como motivación principal la fe y la visita de ciudades santas o lugares sagrados, que han sido objetos de peregrinaje por parte de los fieles en el transcurso del tiempo. Así, el turismo religioso se ha incrementado sustancialmente en los últimos años, dado que "la explosión de productos turísticos ha comportado que un espacio emblemático y distintivo con una buena promoción, pueda ser consumido por un amplio grupo de turistas, en mayor o menor medida imbuidos de su significado religioso" (Millán y otros 2016). Las festividades religiosas poseen un gran significado para las personas que tienen un acercamiento a las creencias religiosas, mismas que van de la mano con las costumbres ancestrales que los antepasados dejaron como marca imperdible (Chinchay-Villarreyes y otros, 2020).

Las festividades de la Virgen de Chaguaya y San Roque de Tarija, se valoran y preservan como riqueza cultural viva, permitiendo mantener los legados culturales lo que contribuye al desarrollo económico y mejora de la calidad de vida de la población de la ciudad de Tarija y el departamento. La afluencia de peregrinos y visitantes a cada una de las festividades han ido transformando el entorno del santuario y de la ciudad de Tarija y la concentración ha motivado la intervención de las administraciones públicas (Juntas de Vecinos de la población, Gobierno Municipal de Cercado, Gobierno Municipal de Padcaya, Gobernación Departamental de Tarija y Gobierno Central), esto con la intención de mejorar la planificación del

territorio y la distribución en el caso del santuario de Chaguaya y en la ciudad de Tarija, referida a servicios básicos, establecimientos de hospedaje, puestos de comida, estructura urbana, parqueos o estacionamientos, equipamiento de servicios, etc. Por otra parte, también el conocimiento del perfil de las personas que visitan un destino, posibilita no sólo orientar la oferta a sus expectativas, sino también personalizar las acciones de publicidad y comercialización en los segmentos de interés del sector público como privado. Para la comprensión de la demanda y los atributos del mercado es clave el conocimiento de las características demográficas (Pérez y Lois, 2016).

En el caso del turismo religioso no existe un solo atractivo o servicio; si no la mezcla de una serie de atributos que complementan la experiencia, integrando elementos tangibles e intangibles, siendo así que el producto se divide en el lugar (ciudad, recinto religioso), los productos físicos, los servicios turísticos, las personas que trabajan en las empresas de servicios al turismo, los eventos que se desarrollan y las experiencias sensoriales que ofrecen los recintos religiosos (Mézquita y otros, 2019). Muy relacionado con el turismo religioso, están las actividades realizadas por el visitante residente en el país de referencia (ONU, et al., 2010)

En este contexto, en este estudio se plantea las siguientes preguntas: ¿Cuál es la procedencia de los turistas que llegan a Tarija con motivo de las festividades de Chaguaya y San Roque? ¿Se puede afirmar que en las festividades de Chaguaya y San Roque predomina el turismo interno?

Tomando en cuenta las preguntas, el objetivo del presente trabajo de investigación es determinar las características de la procedencia de los visitantes en las festividades de Chaguaya y San Roque de Tarija, con la finalidad de contribuir con información para mejorar la oferta turística de la ciudad y alrededores.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente artículo, está basado en los resultados de la investigación "Diagnóstico Turístico de las Fiestas Grandes Tradicionales del Valle Central de Tarija" (Alemán,2023), es descriptivo y transversal, se usa la técnica de la entrevista para la recopilación de información a través de cuestionarios aplicados a los turistas en dos puntos de acceso (Terminal aérea y Terminal de buses), las preguntas se estructuraron en base a encuestas del sector que se implementaron en Bolivia (UMSA,2015,) las mismas se consensuaron con la Dirección de Turismo y Cultura del Municipio de Cercado. El cuestionario se construyó en Google Forms y la aplicación fue mediante el método cuantitativo de encuesta "cara a cara" que sirve para obtener información directa mediante una muestra de la población (Ortiz,2015).

### TAMAÑO DE LA MUESTRA

La determinación de la muestra es por muestro para población infinita, por lo que se desconoce la población de los turistas que visitan Tarija para las fiestas de Chaguaya y San Roque (Urquizo y otros,2019).

La determinación del tamaño de la muestra se realiza utilizando la fórmula para población infinita:  $n = \frac{z^2 p q}{E^2}$  Donde:

**z**=Es el valor que expresa el nivel de confianza, originalmente se obtiene de tablas, Para un 95% de nivel de confianza en valor Z es 1,96.

**p**=Porcentaje de éxito del evento

**q**=Porcentaje de fracaso del evento=1-p

P y q deben sumar 1, es decir se expresan como decimales, si el problema no nos indica el valor de cada uno significa que ambos valen 0,5.

**E**=Porcentaje de error expresado en decimales, Si el error es de 6%, entonces E sería igual a 0,06.

Donde:

**Z**=95%

**p**=50%

**q**=50%

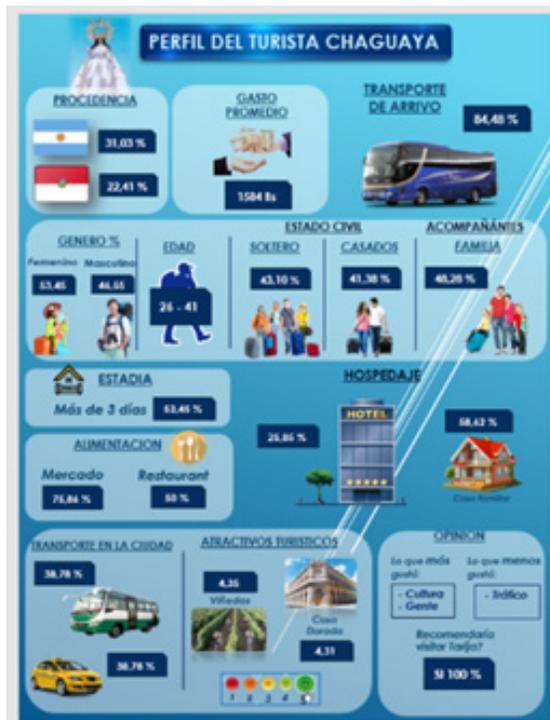
**E**= 6%

$$n = \frac{(1,96)^2 (0,25)}{0,06^2} = 267$$

Con un nivel de confianza del 95% la muestra necesaria es de 267 turistas que visitaron la ciudad de Tarija en fechas de la fiesta de San Roque y Chaguaya, con un error del 6%. En la investigación la muestra es transversal, porque cumple con las características, se tomó una muestra de la población donde no se conoce el número total de turistas que visitan la ciudad de Tarija por lo que nos proporciona una instantánea de la población, en ese momento. Las etapas definidas para la investigación son: Identificación de información necesaria, elaboración de instrumentos, recopilación de información, procesamiento, análisis de la información, elaboración de informe, presentación y entrega de resultados (Aleman y otros,2023).

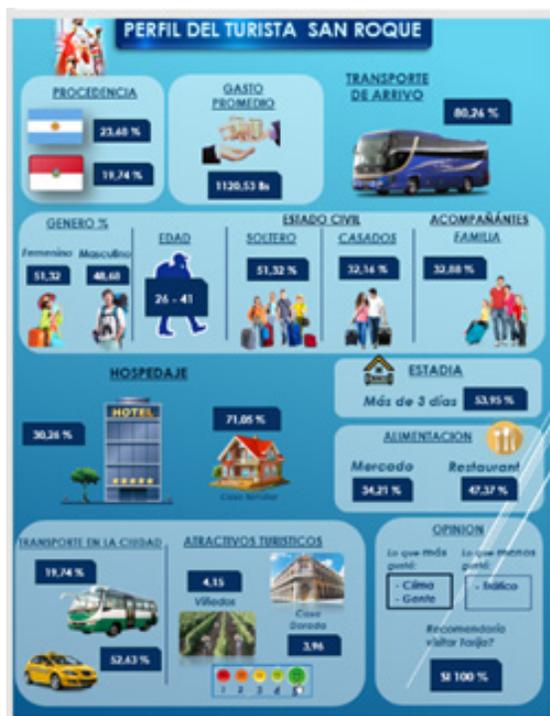
A continuación, se muestran las principales características de los turistas que visitan Tarija (perfil del turista) en las fiestas de Chaguaya y San Roque tomando en cuenta la procedencia como variable importante. El perfil posibilita no sólo orientar la oferta turística a las expectativas, sino también personalizar las acciones de publicidad y comercialización en los segmentos de interés tomando en cuenta la procedencia. Para la comprensión de la demanda y los atributos del mercado es clave el conocimiento de las características demográficas, que tienen en cuenta aspectos sociales y socioeconómicos como: la edad, el género, el empleo, el estatus marital, la educación y los ingresos (Pérez y Lois, 2016).

Figura 1. Perfil del turista Fiesta de Chaguaya



Fuente:(Aleman,2023)

Figura 2. Perfil del turista Fiesta de San Roque



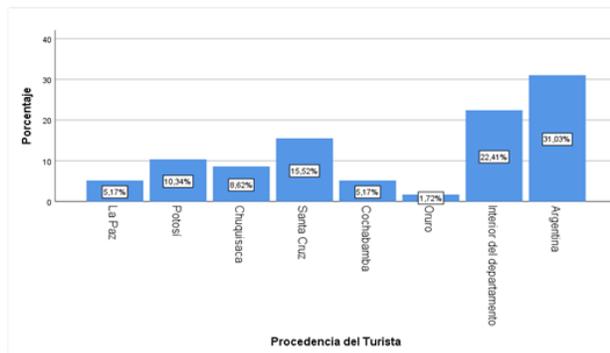
Fuente:(Aleman,2023).

En las Figura 1 y Figura 2 se observa estadísticas similares, los visitantes en su mayoría provienen de la república Argentina y del interior del departamento, el transporte utilizado es el terrestre, los acompañantes en su mayoría son familiares. La permanencia de la mayoría de los visitantes se realiza en casas de familiares, el transporte más importante utilizado en las ciudad es el taxi y los micros, la alimentación de los visitantes se realiza en mercados y restaurantes.

### 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

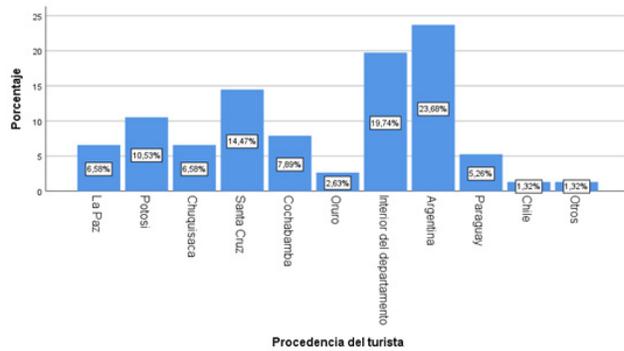
Los aspectos relacionados con la procedencia de los turistas en las fiestas de la Virgen de Chaguaya y San Roque se analizan tomando en cuenta el lugar de procedencia de los visitantes y las personas que los acompañan en la visita:

Figura 3. Procedencia de los turistas en la Fiesta de Chaguaya



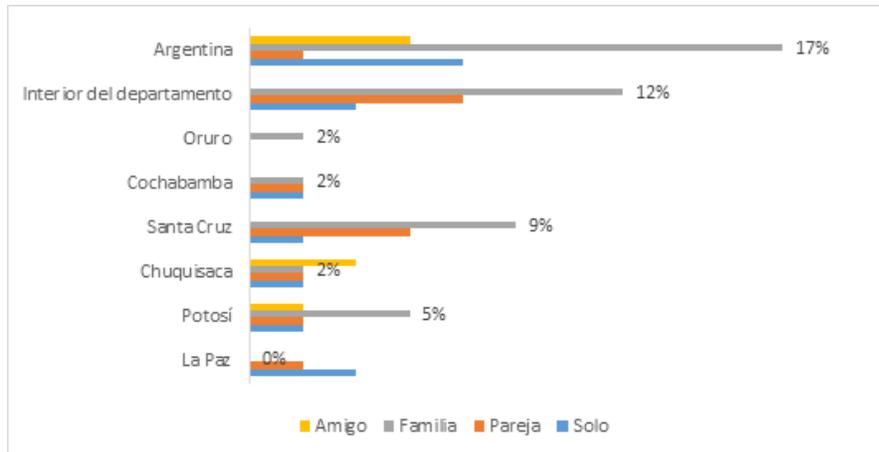
Nota. Sobre la procedencia de los que visitan Tarija en la fiesta de Virgen de Chaguaya; se observa que del total de encuestados 31,03% provienen de la Argentina. A nivel local el 22,41% provienen del interior del departamento y a nivel nacional la procedencia es de Santa Cruz 15,52%. Fuente: Alemán y otros (2023).

Figura 4. Procedencia de los turistas en la Fiesta de San Roque



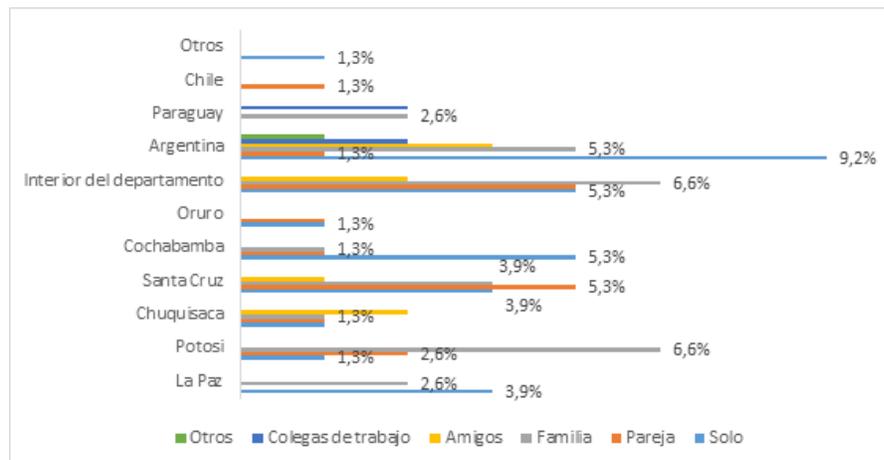
Nota. Los turistas que visitan la ciudad de Tarija en fechas de la fiesta de San Roque, según la procedencia, podemos decir que la mayor parte provienen de la Argentina 26,68% del total de los turistas encuestados. El 19,74% de los turistas provienen del interior del departamento y un 14,47% proviene de Santa Cruz. Fuente: Alemán y otros (2023).

Figura 5. Procedencia de los turistas y acompañantes en la Fiesta de Chaguaya



Nota. En la Figura 5, se observa que, en todos los casos, los visitantes de las diferentes procedencias en su mayoría están acompañados de la familia.

Figura 6. Procedencia de los turistas y acompañantes Fiesta de San Roque



Nota. Los visitantes en la Fiesta de San Roque asisten en su mayor parte solos. A diferencia de la Fiesta de Chaguaya donde están acompañados de la familia.

## 4. CONCLUSIONES

La procedencia de los visitantes de la Fiesta de Chaguaya, es en su mayoría del vecino país de la Argentina, y en segundo lugar del interior del departamento, el resto de visitantes está conformado por personas que provienen del interior del país, sumando entre los dos un 68,97% lo que representa una mayoría de visitantes del país. Es importante mencionar que los visitantes provenientes de la Argentina, son en su mayor parte, bolivianos que residen en dicho país, y visitan además la campiña y lugares históricos con contenido etnográfico y cultural (Varas, 2016).

En relación a los acompañantes se puede afirmar que el comportamiento es similar a los hallazgos en estudios sobre turismo religioso, así Iza (2022) y Carrera (2023) concluyen que los acompañantes principales a festividades religiosas son los familiares.

En la fiesta de San Roque, también se presenta una mayoría de visitantes provenientes de la Argentina, sin embargo, la visita se hace principalmente "solo" a diferencia de la fiesta de Chaguaya, donde la compañía de la familia ocupa el segundo lugar, esto se explica porque en la festividad de San Roque se realiza la procesión de los promesantes "chunchos" (CIEPLANE, 2019).

En lo que respecta al tipo de turismo que predomina en las dos fiestas, se puede afirmar que se trata de turismo interno porque es realizado por los tarijeños que viven en el interior del país y del departamento, además es receptivo porque existe la presencia de turistas extranjeros constituidos principalmente por migrantes e hijos de migrantes tarijeños en la República Argentina (García, 2019).

La importancia de este estudio radica en el análisis de las características y la procedencia de los visitantes de las fiestas de la Virgen de Chaguaya y San Roque, que además de proporcionar información para los sectores público privados de turismo, posibilitarán también la realización de otros estudios como el análisis de alternativas de desarrollo y de impacto

social y económico de las festividades en Tarija.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- 🔖 Aleman Castillo R., Ugarte V. (2023). Diagnóstico Turístico de las Fiestas Grandes Tradicionales del Valle Central de Tarija. Dicyt Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Tarija-Bolivia
- 🔖 Alvarado, E. V. (2016). Fortalecimiento de la fiesta religiosa en honor a San José, ubicada en el Barrio Motupe, perteneciente a la parroquia San Juan del Valle del Cantón y Provincia de Loja (Tesis de pregrado). Universidad de Loja, Loja, Ecuador.
- 🔖 Bonilla Morales, J. L. (2022). El perfil del consumidor y la experiencia gastronómica en Quillán (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación-Carrera de Turismo).
- 🔖 Carrera Játiva, C. V. (2023). Turismo religioso como alternativa de desarrollo al potencial turístico de los cantones Ibarra, Otavalo, Cotacachi Y Antonio Ante en la provincia Imbabura (Master's thesis).
- 🔖 CIEPLANE (2019). Censo a participantes de la Fiesta Grande de Tarija San Roque 2019. Facultad de Ciencias Económicas y Financieras. UAJMS. [https://cieplane.uajms.edu.bo/wp-content/uploads/2021/12/45\\_FIESTA-GRANDE-DE-TARIJA-sanroque.pdf](https://cieplane.uajms.edu.bo/wp-content/uploads/2021/12/45_FIESTA-GRANDE-DE-TARIJA-sanroque.pdf)
- 🔖 Chinchay-Villarreyes, S. S., Córdova, J. I. C., Tume, A. A. A., & Sanz, R. S. S. (2020). Estrategias de promoción para el fomento del turismo religioso en Perú. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 26(3), 272-283.
- 🔖 Garcia Rivas, A. J. (2019). Impacto del turismo en el patrimonio inmaterial religioso. Caso "Festividad de las Virgen de las Nieves de Coracora-Ayacucho-2017".

- INDEC (2023). Instituto de Estadística y Censos. Recuperado el 10 de octubre de 2023 <https://www.indec.gob.ar/>
- INE (2019). Encuesta del gasto turístico en el encierro del Patrono de San Roque 2019.
- Manterola, C., Hernández-Leal, M. J., Otzen, T., Espinosa, M. E., & Grande, L. (2023). Estudios de Corte Transversal. Un Diseño de Investigación a Considerar en Ciencias Morfológicas. *International Journal of Morphology*, 41(1), 146-155.
- Iza Iza, K. A. (2022). Turismo Religioso en la provincia de Cotopaxi: caso de estudio Fiesta en honor al Dr. San Buenaventura, parroquia San Buenaventura, cantón Latacunga (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Millán, G., Pérez, L. M., y Martínez, R. (2016). Factores que determinan el crecimiento del turismo en destinos religiosos. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXII(1), 85-97.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU), Organización Mundial de Turismo (OMT), Comisión de las Comunidades Europeas (EUROSTAT) y Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). (2010). Cuenta Satélite de Turismo: Recomendaciones sobre el marco conceptual, 2008 Luxemburgo, Madrid, Nueva York y París: ONU, OMT, EUROSTAT y OCDE.
- Ortiz Ocaña, A. (2015). *Epistemología y Ciencias Humanas: Modelos Epistémicos y Paradigmas*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Pérez, Y., & Lois, R. (Enero-junio de 2016). El perfil del visitante en Santiago de Compostela: tradición y actualidad. *Cuadernos de Turismo*, 305-322.
- UMSA (2015) Implementación del Sistema de Observatorio Turístico en el área metropolitana de La Paz.
- Sigler, V. (2016). Historia de Bolivia. Sitio web visitado en noviembre de 2022 <https://www.facebook.com/Historiasdebolivia/posts/1819046481649796/>
- Varas Flores, J. A. (2015) *Mirador turístico: convenio con la Alcaldía de la ciudad de San Lorenzo en el departamento de Tarija* (Doctoral dissertation).

6

ARTÍCULO DE REVISIÓN

# EXTRACCIÓN DE XILENOS DE MUESTRAS LÍQUIDAS POR EL MÉTODO ALGAWI-JAFFAR-KHALAF PARA EL ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO

EXTRACTION OF XYLENES FROM LIQUID SAMPLES USING THE ALGAWI-JAFFAR-  
KHALAF METHOD FOR SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS

---

Fecha de recepción: 03/11/2023 | Fecha de aceptación: 21/12/2023

**Autor:**

**Nilo Raul Suarez Loras<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Carrera de Ingeniería Petroquímica en la Facultad de Ciencias Integradas  
de Villa Montes, UAJMS

**Correspondencia del autor:** n.suarezloras@gmail.com<sup>1</sup>

Tarija - Bolivia

## RESUMEN

El presente trabajo se buscó, analizó y se replicó un método de extracción de Xilenos de hidrocarburos líquidos para su análisis en el espectrofotómetro. El ensayo se lo realizó en los laboratorios del CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo) dependiente de la UAJMS, se analizaron 3 métodos de extracción, de los cuales el Método Algawi-Jaffar-Khalaf fue el implementado por su bajo coste y factibilidad. Al método establecido se realizaron modificaciones de equipos y materiales para adaptarlo a la realidad del laboratorio. Se realizaron pruebas de porcentaje de recuperación de xilenos en la gasolina especial fortificada con xileno puro, de estas pruebas se pudo conocer que el mayor porcentaje de extracción fue de 62%, Se realizaron pruebas a muestras líquidas obtenidas de la pirólisis catalítica, cada una con su réplica obteniendo concentraciones muy cercanas con diferencias abajo del 4mg/L siendo la muestra 3 la que mayor se acercaba con su réplica con un valor de 30.593 mg/L y la réplica con un valor de 30.502 mg/L. El mayor porcentaje de pérdida en las muestras de gasolina fue de 18% y en las muestras de pirólisis de 35 %, esto debido a la volatilidad de los compuestos, en el caso de la gasolina, y por las impurezas de las muestras, en el caso del líquido de pirólisis.

## ABSTRACT

The present work was searched, analyzed and replicated a method of extraction of Xylenes from liquid hydrocarbons for their analysis in the spectrophotometer. The test was carried out in the laboratories of CEANID (Center for Analysis, Research and Development) under the UAJMS. Three extraction methods were analyzed, of which the Algawi-Jaffar-Khalaf method was the one implemented due to its low cost and feasibility. Modifications of equipment and materials were made to the established method to adapt it to the reality of the laboratory. Tests were carried out on the percentage recovery of xylenes in the special gasoline fortified with pure xylene, from these tests it was found that the highest extraction percentage was 62%. Tests were carried out on liquid samples obtained from the catalytic pyrolysis, each one with its replica, obtaining very close concentrations with differences below 4 mg/L, being sample 3 the closest with its replica with a value of 30.593 mg/L and the replica with a value of 30.502 mg/L. The highest percentage loss in the gasoline samples was 18% and in the pyrolysis samples 35%, this due to the volatility of the compounds, in the case of gasoline, and due to the impurities in the samples, in the case of the pyrolysis liquid.

**Palabras Clave:** Espectrofotometría, extracción de Xilenos, muestras líquidas, hidrocarburos

**Keywords:** Spectrophotometry, extraction of xylenes, liquid samples, hydrocarbons.

## 1. INTRODUCCIÓN

La extracción de xilenos de muestras líquidas es un proceso fundamental en el análisis espectrofotométrico de compuestos orgánicos presentes en soluciones acuosas o líquidos diversos. Los xilenos, que incluyen al xileno orto, meta y para, son hidrocarburos aromáticos ampliamente utilizados en la industria química y petroquímica, y su detección precisa es esencial en numerosos campos, como la investigación ambiental, la industria farmacéutica y la química analítica (Algawi, 2018). Este proceso de extracción se emplea para aislar selectivamente los compuestos aromáticos en especial con un enfoque en los xilenos una matriz líquida, permitiendo su posterior cuantificación mediante espectrofotometría, una técnica altamente sensible y precisa que se basa en la absorción de luz a longitudes de onda específicas (Tursi, 2020).

La espectrofotometría es una técnica que se utiliza para detectar moléculas específicas utilizando el principio de absorción de energía luminosa. Cada molécula tiene la capacidad de absorber una cantidad de energía luminosa específica, única y diferente al resto de las moléculas, es así que por ejemplo una molécula de benceno absorberá una cantidad de energía distinta a la del hexano, esto se debe a que la energía luminosa absorbida se almacena en forma de energía interna y como consecuencia la molécula se excita haciendo que un electrón pase del estado fundamental (E1) al estado excitado (E2), y ya que cada molécula tiene una cantidad de electrones y orbitales distintas al resto de las moléculas, la energía necesaria para llegar al estado excitado es distinta y única para cada molécula (UPO, s.f.). Es correcto decir que el espectro de una molécula es la radiografía de su "ADN" ya que es único para cada especie, por lo tanto, podemos detectar y diferenciar una molécula de otra.

En nuestra investigación describiremos en detalle los pasos y consideraciones clave en la extracción de xilenos de muestras líquidas para su análisis es-

pectrofotométrico.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de carácter no experimental y cuantitativo, donde se pretende replicar un método de extracción y análisis de Xilenos de muestras líquidas de hidrocarburos.

Los parámetros a analizar son:

- el porcentaje de recuperación de Xilenos.
- la concentración de las muestras.
- las pérdidas en masa y en porcentaje que se producen en este método.

### 2.2. Selección del método de extracción

Se investigaron distintos métodos de extracción de BTX de las muestras líquidas, y se evaluó la factibilidad de su implementación en base a: la cantidad de reactivos, materiales y equipos de laboratorio disponibles. Se redactaron 3 métodos y se realizaron pruebas preliminares de cada uno para conocer la dificultad y viabilidad. Los métodos estudiados fueron:

- Método de extracción con Hexano (enfocado en aguas), Tursi et.al, (2020).
- Método de extracción con Metanol-Glicerina (Enfocado en kerosene) Algawi, et.al, (2018).
- Método de extracción con Ácido acético (método experimental propio)

En base a los criterios de selección ya mencionados se optó por utilizar el método Algawi, modificando y adaptando dicho método a los materiales que poseía el laboratorio.

### 2.3. Materiales, Equipos y Reactivos

A continuación, se detallan los materiales, equipos y reactivos utilizados en esta investigación.

Tabla 1 Materiales, equipos y reactivos

Materiales	Equipos	Reactivos
Embudo de decantación	Agitador magnético-Calentador	Metanol
Matraces aforados	Balanza analítica	Gasolina especial
Matraces Erlenmeyer	Vortex	Glicerina
Vaso precipitado		Tiosulfato de sodio
Tubos de ensayo		Xileno
Tapones		Muestras líquidas de pirólisis

Fuente: Elaboración propia

## 2.4. Procedimiento empleado

### 2.4.1. Creación de la curva de calibración

Para la creación de la curva de calibración se procedió de la siguiente forma:

- Se pesó un matraz aforado de 10 ml con tapón y con una cama de metanol casi alcanzando el aforo.
- Se agregaron 5 gotas de xileno dentro del matraz y se agitó vigorosamente. Luego se pesó el matraz nuevamente y se calculó la masa de xileno vertida en el matraz.
- El matraz se aforó y se llevó a la nevera para su reposo.
- Posteriormente se calculó la concentración de la solución preparada, a quien se llamó solución madre.
- Para la creación se la solución hija, se sacó 1 ml de la solución madre y se la vertió en un matraz

aforado de 5 ml, el cual contenía una cama de Metanol frío, una vez vertida la alícuota se aforo el matraz y se agitó vigorosamente.

- Se prepararon 5 matraces aforados de 5 ml cada uno con una cama de metanol ya frío y se procedió a sacar alícuotas de la solución hija para crear los estándares de calibración para la curva en el espectrofotométrico
- Se utilizaron 63.13, 126.26, 189.39, 252.52 y 315.65 microlitros de la solución hija y se vertieron en los 5 matraces para obtener estándares de 40, 80, 120, 160 y 200 mg/L respectivamente los cuales se leyeron en el espectrofotómetro para la creación de la curva.

### 2.4.2. Modificaciones del método ALGAWI-JAFFAR-KHALAF

En la siguiente tabla se comparan algunos elementos que fueron modificados para adaptarlos a la realidad del laboratorio:

Tabla 2 Modificaciones al método Algawi

Método Algawi et al	Adaptaciones/Cambios
Mezclador	Matraz
Baño maría para controlar la temperatura	Calentador
Agitación mecánica	Agitación magnética
Fase superior "refinado" y fase inferior "extracto"	Con las muestras de pirólisis la fase superior fue el extracto de BTX y la fase inferior era la muestra pobre en BTX
	Con el ensayo de gasolina se cumplió que la fase superior era el refinado y la fase inferior el extracto

Fuente: Elaboración propia

### 2.4.3. Extracción del xileno

- 1) Se pesó el matraz aforado con tapón en la balanza analítica y se anotó el resultado
- 2) Posteriormente se vertió cierta cantidad de muestra y se la pesó, por diferencia de peso se calculó la masa de muestra vertida
- 3) Con la masa de muestra se calculó la cantidad necesaria de metanol, glicerina y tiosulfato que debía añadirse al matraz.
- 4) Se colocó 80% de metanol, 20% de glicerina y 0.1% de tiosulfato en peso, según la cantidad de muestra agregada.
- 5) Se llevó el matraz al agitador magnético/calentador y se agitó la mezcla durante 30 minutos a 50°C y a 1000 rpm.
- 6) Se vertió la mezcla en un embudo de decantación de 500 ml, se lavó el matraz con 10 ml de metanol para ayudar que toda la mezcla se deposite en el embudo y se dejó reposar durante 80 minutos.
- 7) Se observó la separación de dos fases donde la fase inferior, el refinado, era la muestra pobre en BTX y la fase superior, el extracto, la fase rica en solvente con BTX.
- 8) Por la parte inferior del embudo se obtuvo el refinado en un vaso precipitado, y por la parte superior se vertió el extracto a otro vaso precipitado, esto para evitar contaminar la segunda fase.
- 9) Se pesaron ambas fases para calcular la pérdida que se produce en el método.
- 10) Del extracto se sacó 0,1 ml y se vertió en un matraz aforado de 10 ml, el cual se enrasó con metanol.
- 11) El matraz se llevó al agitador Vortex, donde se agitó durante 2 minutos y posteriormente se

dejo reposar en la nevera durante 20 horas.

12) Transcurrido el tiempo de reposo se extrajo 0,1 ml de la solución del punto 11 y se lo vertió en otro matraz de 10 ml donde se aforó con metanol.

13) Se procedió a medir la concentración de cada muestra en el espectrofotómetro.

### 2.4.4. Pruebas con gasolina especial reforzada

Se realizaron cuatro (4) pruebas para conocer el porcentaje de recuperación de xilenos mediante el método mencionado para lo cual se siguió el procedimiento del punto 3.4.3., con las siguientes modificaciones:

- Se estableció una masa de 10 gr de gasolina para el análisis.
- Se agregó cierta cantidad de Xileno puro a la gasolina, la cual se pesó para obtener la masa de Xileno agregada.

Conocida la masa de Xileno dentro de la gasolina se procedió a realizar la extracción y posterior análisis espectrofotométrico, y así se determinó el porcentaje de recuperación.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Modificaciones realizadas al método

#### 3.1.1. Mezclador con baño maría vs Matraz con agitador magnético

En el laboratorio no se contaba con un agitador con las características que describe Algawi (2018), por lo que se decidió utilizar un matraz de 100 ml con un agitador magnético, esto se debe a que las muestras analizadas no superaban los 10 gr, la agitación es un factor importante dentro de este proceso pues ayuda a que el solvente entre en contacto con el analito extrayéndolo de la muestra, otro factor importante es la temperatura de extracción, ya que según la Ley de Henry de la solubilidad, esta aumenta con la

temperatura y viceversa. No se utilizó un baño maría debido a que el agitador debe estar en contacto con la placa metálica para que pueda funcionar, así que solo se aumentó la temperatura del agitador magnético a 50°C para aumentar la solubilidad del solvente. Se observó un gran contacto entre el solvente y la muestra en la agitación, esto gracias a lo compacto del recipiente y a la agitación vigorosa.

### 3.1.2. Extracto y Refinado

El extracto y refinado obtenido de la gasolina cumplirían con lo establecido en el método Algawi, esto se debe a que la mezcla de solventes es más densa que la gasolina. Por otro lado, la muestra de pirólisis contenía compuestos más densos que la mezcla de solventes, de manera que el refinado permaneció en la parte inferior y el extracto en la parte superior.

### 3.2. Extracción de Xilenos de gasolina especial

Tabla 3 Resultados de la extracción de Xilenos en la gasolina especial

Prueba	Masa total (gr)	masa perdida (gr)	% de perdidas	Concentración (mg/L)	masa del analito (mg)	masa real (mg)	% de extracción
1	20.2959	3.6159	18%	71.84	104.9374853	169.243	62%
2	20.3539	2.8239	14%	72.453	99.71444091	166.128	60%
3	20.6375	1.8575	9%	63.812	98.49810331	164.078	60%
4	20.1621	2.9721	15%	41.646	54.46521616	157.07	35%

Fuente: Elaboración propia

De las cuatro replicas obtenidas se obtuvo los siguientes resultados:

- La masa perdida en este método tiene un promedio de 2,81 gr, siendo la primera prueba la de mayor perdida con 3.6159 gr, con un porcentaje perdido de 18%, la cantidad menor de perdida fue el ensayo 3 con un 9%, estas pérdidas se deben que se usan 3 recipientes de las mezclas, el matraz, el embudo de decantación y los vasos precipitados, y se deben verter las mezclas en cada envase produciendo perdidas, pues parte del líquido queda adherido a las paredes de los materiales. También puede deberse a que la gasolina, el metanol y el xileno son compuestos volátiles lo que afecta la conservación de los mismos dentro de los envases, y más aún con la temperatura de agitación, estos compuestos tienden a volatilizarse.

- Las concentraciones de los 2 primeros ensayos se acercan bastante mientras que los ensayos 3 y 4 se alejan considerablemente, esto puede deberse a la volatilidad de los productos, sin embargo, si analizamos la masa del analito calculada a partir de la concentración podemos observar que los 3 primeros resultados se acercan bastantes teniendo una diferencia de 6 mg entre el primer y tercer ensayo.
- Analizando el porcentaje de recuperación de las muestras estas oscilan entre 60 a 62% de recuperación, según el método Algawi este porcentaje llegaba solo al 47%, esto es gracias a utilizar los parámetros más efectivos de su estudio y seguir el procedimiento minuciosamente a pesar de las modificaciones ya mencionadas.

### 3.3. Extracción de xilenos de muestras líquidas de pirólisis.

Tabla 4 Resultados de la extracción de muestras de pirólisis

Prueba	Masa total (gr)	masa perdida (gr)	% de perdidas	Concentración (mg/l)
1	16.0307	1.3487	8%	24.382
réplica 1	4.2373	1.4653	35%	25.098
2	6.8803	2.0383	30%	32.268
réplica 2	6.4558	1.3138	20%	36.311
3	14.4638	0.6794	5%	30.593
réplica 3	9.5392	0.3892	4%	30.502
4	3.6286	1.1966	33%	30.593

Fuente: Elaboración propia

Se recibieron 4 muestras líquidas obtenidas de la pirólisis de plásticos a cada una se realizó una prueba A y una prueba B, a excepción de la muestra 4 por la cantidad mínima recibida.

Los resultados se muestran en la tabla 4, de la cual podemos argumentar:

- La masa perdida se calculó al pesar el refinado y extracto posterior a la separación de las fases, las muestras 1, 2 y 4 presentaban un grado de impurezas y viscosidad muy alto a diferencia de la muestra 3 la cual era más líquida en comparación, por lo que la pérdida de masa no superó los 1 gr en comparación con las otras muestras.
- La masa perdida en estas pruebas no superaron la media de pérdidas de las pruebas con gasolina, sin embargo, cuando observamos el porcentaje de pérdidas, podemos notar que las muestras menores a 7 gr tienen a tener una mayor pérdida en comparación con muestras superiores, aunque la disminución de materia a analizar no es proporcional al porcentaje de pérdidas, esto debido a que cada muestra contenía un grado de impureza distinto, es correcto asegurar que una mayor cantidad de muestra a analizar haría que la brecha de pérdida será menos significativa.
- Realizando una comparación de las concentraciones obtenidas entre las muestras y su réplica, la diferencia de los resultados obtenidos no

supera los 1 mg/L excepto en la muestra 2 donde la concentración de la réplica es mayor con 4 mg/L, validando así los resultados obtenidos de cada muestra. Con las concentraciones obtenidas se puede conocer la cantidad de Xileno presente en cada muestra, la cual será distinta para cada ensayo por la cantidad de muestra analizada.

#### 4. CONCLUSIONES

- Se estudiaron 3 métodos de extracción de xilenos, según los parámetros: la cantidad de reactivos, materiales y equipos de laboratorio disponibles, de los cuales el método AL-GAWI-JAFFAR-KHALAF fue el seleccionado.
- Se realizaron modificaciones al método seleccionado según los equipos que se encontraban en el laboratorio, siguiendo las indicaciones del mismo logrando extraer el xileno de la gasolina y de las muestras líquidas.
- Se desarrolló la práctica analizando los parámetros de: el porcentaje de recuperación de Xilenos, la concentración de las muestras, las pérdidas en masa y en porcentaje que se producen en este método.
- En las pruebas de extracción de xileno en la gasolina se estudió todos los parámetros mencionados, sin embargo, en la extracción de xilenos en las muestras líquidas de pirólisis solo

se estudiaron los parámetros de concentración y pérdidas, esto debido a que no conocemos la masa inicial de xileno para lograr calcular el porcentaje de recuperación.

- Para la prueba de la gasolina se determinó que el promedio de la masa perdida es de 2,81 gr, y el porcentaje de perdida oscila entre el 9% a 18%. Las concentraciones obtenidas del espectrofotómetro fueron 71 y 72 mg/L en los 2 primeros ensayos mientras que los ensayos 3 y 4 obtuvieron 63mg/L y 41 mg/L respectivamente, esto puede deberse a la volatilidad del xileno. También se determinó que el porcentaje de recuperación oscilan entre 60 a 62%.
- En las pruebas de muestras líquidas de pirólisis se determinó que la masa perdida no sobrepasaba los 3 gr, esto según la cantidad de muestra que se analizó, las muestras menores a 7 gr tienden a tener una mayor porcentaje de perdidas en comparación con muestras superiores, oscilando entre el 20% a 35%, lo que sugiere que una mayor cantidad de muestra a analizar haría que la brecha de perdida será menos significativa.
- La comparación de las concentraciones obtenidas entre las muestras líquidas de pirólisis y su réplica son muy cercanas y no superan los 1 mg/L excepto en la muestra 2 donde la concentración de la réplica es mayor con 4 mg/L.
- Se utilizó la concentración obtenida para determinar la cantidad de Xileno presente en la gasolina y en cada muestra líquida de pirolisis, en esta ultima la cantidad de Xileno es distinta para cada ensayo según la masa de muestra analizada.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- 🔖 Abril, N. (s.f.). Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. Consultado el 15 de Julio de 2023. Disponible en: [https://www.uco.es/dptos/bio-quimica-biol-mol/pdfs/08\\_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf](https://www.uco.es/dptos/bio-quimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf)
- 🔖 AGQ Labs Chile S.A. (2017). Análisis químico, medir es comparar. Consultado el 05 de Junio de 2023. Disponible en: <https://agqlabs.cl/wp-content/uploads/Analisis-quimico-medir-es-comparar.pdf>
- 🔖 Algawi, R. J., Jaffar, S.A., Khalaf, Z. M. (2018) Effect of Cosolvents And Surfactant in The Extraction of Aromatics from Kerosene. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/454/1/012178/pdf>
- 🔖 ANH. (s.f.). Precios Finales al Consumidor. Consultado el 07 de Julio de 2023. Disponible en: <https://www.anh.gob.bo/w2019/contenido.php?s=13>
- 🔖 Axioma. (2020, 18 marzo). Tecnología de reciclaje químico. Tecnología del plástico. <https://www.plastico.com/temas/Tecnologia-de-reciclaje-quimico+133670>
- 🔖 Balanza, J. (2022, 20 mayo). Desarrollo de los hidrocarburos en Bolivia [Webinar]. Jaime Balanza, Villa Montes, Bolivia.
- 🔖 Bookdown. (2021). Estadística y elementos de quimiometría probabilidad y estadística - 2021. Consultado el 10 de Agosto de 2023. Disponible en: <https://bookdown.org/antogiego/calibracion/Calibracion.html>
- 🔖 CITGO Petroleum Corporation. (2008). Xileno Hoja de Datos de Seguridad de Materiales. United States of America. Disponible en: [http://www.docs.citgo.com/msds\\_pi/07306s.pdf](http://www.docs.citgo.com/msds_pi/07306s.pdf)

- Comisión Nacional Del Medio Ambiente–Región Metropolitana. (1999). Guía Para El Control Y Prevención De La Contaminación Industrial Recuperación De Solventes. Santiago – Chile. Disponible en: <http://app.sofofa.cl/ambiente/documentos/Recuperaci%F3n%20de%20Solventes.pdf>
- Condorchem Enviro Solutions. (s. f.). Recuperación de disolventes orgánicos | Condorchem Enviro Solutions. Fecha de consulta: 18 de Septiembre 2023. Disponible en: <https://condorchem.com/es/reciclado-disolventes-organicos/>
- Delgado, J., Niño, D. (2023). Análisis de los productos generados durante la pirólisis de residuos de poliestireno expandido. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Bucaramanga – Colombia.
- Del Intec, R. A. (s.f.). Vista de La complejidad química de las gasolinas de automoción | Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones. <https://revistas.intec.edu.do/index.php/cite/article/view/1569/2170>
- Equipos y laboratorio de Colombia. (s. f.). ESPECTROFOTOMETRIA.. Fecha de consulta: 13 de Agosto 2023. Disponible en: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/espectrofotometria>
- Galicia, A. (2007). Reconstitución de prácticas sociales de modelación: lo lineal a partir de análisis químicos. El caso de la curva de calibración. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-85502017000200029](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-85502017000200029)
- Goicoechea, H. and Olivieri, A. C. (2007). La calibración en química analítica. Ed. UNL.
- Ghannadzadeh, H. (1993). Elección de disolventes selectivos para la extracción en fase líquida de alcoholes C4 (ABE) a partir de biomasa y de TBA. Dialnet. Fecha de consulta: 13 de Agosto 2023. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=240759>
- Harris, D. C. (2016). Análisis químico cuantitativo. 3rd ed. Editorial Reverté.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill
- Játiva Carrillo, E.J. (2020). Obtención de hidrocarburos aromáticos (BTX) por hidro-licuefacción directa de polipropileno reciclado empleando Zn/ZSM-5 en un reactor tipo batch. Universidad de las fuerzas armadas ESPE
- Lara Quijan, A. (2020). Análisis técnico-económico de la producción de aromáticos a partir de bioetanol [Libro electrónico]. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/104052/TFM-1698-LARA%20QUIJANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Labclinics, & Labclinics. (2023, 11 enero). Factores de solubilidad al elegir un solvente. Fecha de consulta: 13 de Agosto 2023. Disponible en: [weblab.immograf.com. https://www.labclinics.com/2020/11/16/factores-de-solubilidad-al-elegir-un-solvente/](https://www.labclinics.com/2020/11/16/factores-de-solubilidad-al-elegir-un-solvente/)
- Márgenes del Río. (S. f.). Destilación y recuperación de solventes contaminados. Fecha de consulta: 13 de Agosto 2023. Disponible en: <https://www.margenesdelrio.com/Destilaci%C3%B3n-y-recuperaci%C3%B3n-de-solventes.html>
- Olivieri, A. (2021). Quimiometría: Un matrimonio de conveniencia entre química y matemática. <https://www.youtube.com/watch?v=ySxAR-G7xyjw>



# Normas de publicación de la revista Ventana Científica

## 1. MISIÓN Y POLÍTICA EDITORIAL

La Revista VENTANA CIENTÍFICA, es una publicación semestral que realiza la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho que tiene como misión, difundir la producción de conocimientos de la comunidad universitaria, académica y científica del ámbito local, nacional e internacional, provenientes de investigaciones que se realiza en las distintas áreas del conocimiento, para contribuir a lograr una apropiación social del conocimiento por parte de la sociedad.

VENTANA CIENTÍFICA es una publicación arbitrada que utiliza el sistema de revisión por al menos de dos pares expertos (académicos internos y externos) de reconocido prestigio, pudiendo ser nacionales y/o internacionales, que en función de las normas de publicación establecidas procederán a la aprobación de los trabajos presentados. Asimismo, la revista se rige por principios de ética y pluralidad, para garantizar la mayor difusión de los trabajos publicados.

La revista VENTANA CIENTÍFICA publica artículos en castellano, buscando fomentar la apropiación social del conocimiento por parte de la población en general. Tanto los autores, revisores, editores, personal de la revista y académicos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, tienen la obligación de declarar cualquier tipo de conflicto de intereses que pudieran sesgar el trabajo.

## 2. TIPOS DE ARTÍCULOS Y PUBLICACIÓN

La Revista Ventana Científica, realiza la publicación de distintos artículos de acuerdo a las siguientes características:

### 2.1. Artículos de investigación científica y tecnológica:

Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de investigaciones concluidas. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartados importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

### 2.2. Artículo de reflexión

Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

### 2.3. Artículo de revisión

Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematiza e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo sobre un campo en ciencia o tecnología. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica.

### 2.4. Revisión de temas académicos

Documentos que muestren los resultados de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular, o también versan sobre la parte académica de la actividad docente. Son comunicaciones concretas sobre el asunto a tratar por lo cual su extensión mínima es de 5 páginas.

### 2.5. Cartas al editor

Son posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista, que a juicio del Comité editorial constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.

### 3. NORMAS DE ENVÍO Y PRESENTACIÓN

- a. La Revista VENTANA CIENTÍFICA, recibe trabajos originales en idioma español. Los mismos deberán ser remitidos en formato electrónico en un archivo de tipo Word compatible con el sistema Windows y también en forma impresa.
- b. Los textos deben ser elaborados en formato de hoja tamaño carta (ancho 21,59 cm.; alto 27,94 cm.). El tipo de letra debe ser Arial, 10 dpi interlineado simple. Los márgenes de la página deben ser, para el superior, inferior y el derecho de 2,5 cm. y para el izquierdo, 3 cm.
- c. Los artículos deben redactarse con un alto nivel de corrección sintáctica, evidenciando precisión y claridad en las ideas
- d. En cuanto a la extensión: Los artículos de investigación, ciencia, tecnología tendrán una extensión máxima de 15 páginas, incluyendo la bibliografía. Los artículos de reflexión y revisión una extensión de 10 páginas.
- e. Los trabajos deben incluir un resumen en idioma español y en inglés, con un máximo de 200 palabras.
- f. En cuanto a los autores, deben figurar en el trabajo las personas que han contribuido sustancialmente en la investigación. Reconociéndose al primero como autor principal. Los nombres y apellidos de todos los autores se deben identificar apropiadamente, así como las instituciones de adscripción (nombre completo, organismo, ciudad y país), dirección y correo electrónico.
- g. La Revista VENTANA CIENTÍFICA, solo recibe trabajos originales e inéditos, ello implica que no hayan sido publicados en ningún formato y que no estén siendo simultáneamente considerados en otras publicaciones nacionales e internacionales. Por lo tanto, los artículos deberán estar acompañados de una Carta de

Originalidad, firmada por todos los autores, donde certifiquen lo anteriormente mencionado.

- h. Cada artículo se someterá en su proceso de evaluación a una revisión exhaustiva para evitar plagios, que en caso de ser detectada en un investigador, este será sujeto a un proceso interno administrativo, y no podrá volver a presentar ningún artículo para su publicación en esta revista.

### 4. DIRECCIÓN DE ENVÍO DE ARTÍCULOS

Los artículos para su publicación deberán ser presentados en las oficinas del Departamento de Investigación Ciencia y Tecnología, ubicado en el Campus Universitario El Tejar, Edificio DICYT, Bloque N° 15, Telf.: +591-4-6650787. Alternativamente, los artículos podrán ser enviados a la siguiente dirección electrónica: [dicyt.uajms.edu@gmail.com](mailto:dicyt.uajms.edu@gmail.com).

### 5. FORMATO DE PRESENTACIÓN

Para la presentación de los trabajos se debe tomar en cuenta el siguiente formato para los artículos científicos:

#### 5.1. Título del Artículo

El título del proyecto debe ser claro, preciso y sintético, con un texto de 20 palabras como máximo.

#### 5.2. Autores

Un aspecto muy importante en la preparación de un artículo científico, es decidir, acerca de los nombres que deben ser incluidos como autores, y en qué orden. Generalmente, está claro que quién aparece en primer lugar es el autor principal, además es quien asume la responsabilidad intelectual del trabajo. Por este motivo, los artículos para ser publicados en la Revista Ventana Científica, adoptarán el siguiente formato para mencionar las autorías de los trabajos.

Se debe colocar en primer lugar el nombre del autor principal, investigadores, e investigadores junior,

posteriormente los asesores y colaboradores si los hubiera. La forma de indicar los nombres es la siguiente: en primer lugar debe ir los apellidos y posteriormente los nombres, finalmente se escribirá la dirección del Centro o Instituto, Carrera a la que pertenece el autor principal. En el caso de que sean más de seis autores, incluir solamente el autor principal, seguido de la palabra latina "et al", que significa "y otros" y finalmente debe indicarse la dirección electrónica (correo electrónico).

### 5.3. Resumen y Palabras Clave

El resumen debe dar una idea clara y precisa de la totalidad del trabajo, podrá incluir una breve justificación, objetivo, metodología seguida, los resultados más destacados y las principales conclusiones, asimismo, debe ser lo más informativo posible, de manera que permita al lector identificar el contenido básico del artículo y la relevancia, pertinencia y calidad del trabajo realizado.

Se recomienda elaborar el resumen con un máximo de 200 palabras, el mismo que debe expresar de manera clara los objetivos y el alcance del estudio, justificación, metodología y los principales resultados obtenidos.

Las palabras clave son términos o frases cortas (lexemas) que permiten clasificar y direccionar las entradas en los sistemas de indexación y de recuperación de la información en las bases de datos de un manuscrito o área temática en particular. Las palabras clave se convierten entonces en una herramienta esencial de doble vía, es decir, de quienes escriben y de quienes buscan la información de manuscritos o áreas temáticas relacionadas.

### 5.4. Introducción

La introducción del artículo está destinada a expresar con toda claridad el propósito de la comunicación, además resume el fundamento lógico del estudio. Se debe mencionar las referencias estrictamente

pertinentes, sin hacer una revisión extensa del tema investigado. No hay que incluir datos ni conclusiones del trabajo que se está dando a conocer.

### 5.5. Materiales y Métodos

Debe mostrar, en forma organizada y precisa, cómo fueron alcanzados cada uno de los objetivos propuestos. La metodología debe reflejar la estructura lógica y el rigor científico que ha seguido el proceso de investigación desde la elección de un enfoque metodológico específico (preguntas con hipótesis fundamentadas correspondientes, diseños muestrales o experimentales, etc.), hasta la forma como se analizaron, interpretaron y se presentan los resultados.

Deben detallarse, los procedimientos, técnicas, actividades y demás estrategias metodológicas utilizadas para la investigación. Deberá indicarse el proceso que se siguió en la recolección de la información, así como en la organización, sistematización y análisis de los datos. Una metodología vaga o imprecisa no brinda elementos necesarios para corroborar la pertinencia y el impacto de los resultados obtenidos.

### 5.6. Resultados y Discusión

#### 5.6.1. Resultados

Los resultados son la expresión precisa y concreta de lo que se ha obtenido efectivamente al finalizar el proyecto, y son coherentes con la metodología empleada. Debe mostrarse claramente los resultados alcanzados, pudiendo emplear para ello cuadros, figuras, etc. Los resultados relatan, no interpretan, las observaciones efectuadas con el material y métodos empleados. No deben repetirse en el texto datos expuestos en tablas o gráficos, resumir o recalcar sólo las observaciones más importantes.

#### 5.6.2. Discusión

El autor intentará ofrecer sus propias opiniones sobre el tema, se insistirá en los aspectos novedosos

e importantes del estudio y en las conclusiones que pueden extraerse del mismo. No se repetirán aspectos incluidos en las secciones de Introducción o de Resultados. En esta sección se abordarán las repercusiones de los resultados y sus limitaciones, además de las consecuencias para la investigación en el futuro. Se compararán las observaciones con otros estudios pertinentes.

Se relacionarán las conclusiones con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones poco fundamentadas y conclusiones avaladas insuficientemente por los datos.

Es importante resaltar y se recomienda, que para una redacción que interactúe mejor con el lector, en la medida que se van exponiendo los datos o resultados, inmediatamente se vaya realizando la discusión de los mismos.

### 5.7. Bibliografía Utilizada

La bibliografía utilizada, es aquella a la que se hace referencia en el texto, debe ordenarse en orden alfabético y de acuerdo a las normas establecidas para las normas de publicación (Punto 5).

### 5.8. Tablas y Figuras

Las tablas o figuras deben ser referidas en el texto y numeradas consecutivamente con números arábigos, por ejemplo: Figura 1, Figura 2, Tabla 1 y Tabla 2. No se debe utilizar la abreviatura (Tab. o Fig.) para las palabras tabla o figura y no las cite entre paréntesis. De ser posible, ubíquelas en el orden mencionado en el texto, lo más cercano posible a la referencia en el mismo y asegúrese que no repitan los datos que se proporcionen en algún otro lugar del artículo.

El texto y los símbolos deben ser claros, legibles y de dimensiones razonables de acuerdo al tamaño de la tabla o figura. En caso de emplearse en el artículo fotografías y figuras de escala gris, estas deben ser preparadas con una resolución de 250 dpi. Las figuras a color deben ser diseñadas con una resolución de 450 dpi. Cuando se utilicen símbolos, flechas,

números o letras para identificar partes de la figura, se debe identificar y explicar claramente el significado de todos ellos en la leyenda.

### 5.9. Referencias Bibliográficas

Las referencias bibliográficas que se utilicen en la redacción del trabajo; aparecerán al final del documento y se incluirán por orden alfabético. Debiendo adoptar las modalidades que se indican a continuación:

#### 5.10. Referencia de Libro

Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del libro en cursiva que para el efecto, las palabras más relevantes las letras iniciales deben ir en mayúscula. Editorial y lugar de edición. Tamayo y Tamayo, M. (1999). *El Proceso de la Investigación Científica*, incluye Glosario y Manual de Evaluación de Proyecto. Editorial Limusa. México. Rodríguez, G., Gil, J. y García, E. (1999). *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Ediciones Aljibe. España. Referencia de Capítulos, Partes y Secciones de Libro Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del capítulo de libro en cursiva que para el efecto, las palabras más relevantes las letras iniciales deben ir en mayúscula. Colocar la palabra, en, luego el nombre del editor (es), título del libro, páginas. Editorial y lugar de edición. Reyes, C. (2009). Aspectos Epidemiológicos del Delirium. En M. Felipe. y O. José (eds.). *Delirium: Un gigante de la geriatría* (pp. 37-42). Manizales: Universidad de Caldas.

#### 5.11. Referencia de Revista

Autor (es), año de publicación (entre paréntesis), título del artículo, en: Nombre de la revista, número, volumen, páginas, fecha y editorial. López, J.H. (2002). Autoformación de Docentes a Tiempo Completo en Ejercicio. en *Ventana Científica*, N° 2. Volumen 1. pp 26 – 35. Abril de 2002, Editorial Universitaria.

#### 5.12. Referencia de Tesis

Autor (es). Año de publicación (entre paréntesis).

Título de la tesis en cursiva y en mayúsculas las palabras más relevantes. Mención de la tesis (indicar el grado al que opta entre paréntesis). Nombre de la Universidad, Facultad o Instituto. Lugar. Salinas, C. (2003). Revalorización Técnica Parcial de Activos Fijos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Tesis (Licenciado en Auditoría). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias Económicas y Financieras. Tarija – Bolivia.

### 5.13. Página Web (World Wide Web)

Autor (es) de la página. (Fecha de publicación o revisión de la página, si está disponible). Título de la página o lugar (en cursiva). Fecha de consulta (Fecha de acceso), de (URL – dirección). Puente, W. (2001, marzo 3). Técnicas de Investigación. Fecha de consulta, 15 de febrero de 2005, de <http://www.rrppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.html> Durán, D. (2004). Educación Ambiental como Contenido Transversal. Fecha de consulta, 18 de febrero de 2005, de <http://www.ecoportal.net/content/view/full/37878>

### 5.14. Libros Electrónicos

Autor (es) del artículo ya sea institución o persona. Fecha de publicación. Título (palabras más relevantes en cursiva). Tipo de medio [entre corchetes]. Edición. Nombre la institución patrocinante (si lo hubiera) Fecha de consulta. Disponibilidad y acceso. Ortiz, V. (2001). La Evaluación de la Investigación como Función Sustantiva. [Libro en línea]. Serie Investigaciones (ANUIES). Fecha de consulta: 23 febrero 2005. Disponible en: <http://www.anuies.mx/index800.html> Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. (1998). Manual Práctico sobre la Vinculación Universidad – Empresa. [Libro en línea]. ANUIES 1998. Agencia Española de Cooperación (AECI). Fecha de consulta: 23 febrero 2005. Disponible en: <http://www.anuies.mx/index800.html>

### 5.15. Revistas Electrónicas

Autor (es) del artículo ya sea institución o persona. Título del artículo en cursiva. Nombre la revista. Tipo de medio [entre corchetes]. Volumen. Número. Edición. Fecha de consulta. Disponibilidad y acceso. Montobbio, M. La cultura y los Nuevos Espacios Multilaterales. Pensar Iberoamericano. [En línea]. N°7. Septiembre – diciembre 2004. Fecha de consulta: 12 enero 2005. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/pensariberoamerica/index.html> Referencias de Citas Bibliográficas en el Texto Para todas las citas bibliográficas que se utilicen y que aparezcan en el texto se podrán asumir las siguientes formas:

- a. De acuerdo a Martínez, C. (2004), la capacitación de docentes en investigación es fundamental para.....
- b. En los cursos de capacitación realizados se pudo constatar que existe una actitud positiva de los docentes hacia la investigación..... (Martí-nez, C. 2004).C. En el año 2004, Martínez.
- c. Realizó el curso de capacitación en investigación para docentes universitarios.....

## 6. DERECHOS DE AUTOR

Los conceptos y opiniones de los artículos publicados son de exclusiva responsabilidad de los autores. Dicha responsabilidad se asume con la sola publicación del artículo enviado por los autores. La concesión de Derechos de autor significa la autorización para que la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho a través de la Revista VENTANA CIENTIFICA, pueda hacer uso del artículo, o parte de él, con fines de divulgación y difusión de la actividad científica y tecnológica. En ningún caso, dichos derechos afectan la propiedad intelectual que es propia de los(as) autores(as)



**DICYT**

Departamento de Investigación,  
Ciencias y Tecnología - UAJMS

**Ventana Científica**  
Revista de Divulgación Científica

**Tarija - Bolivia**