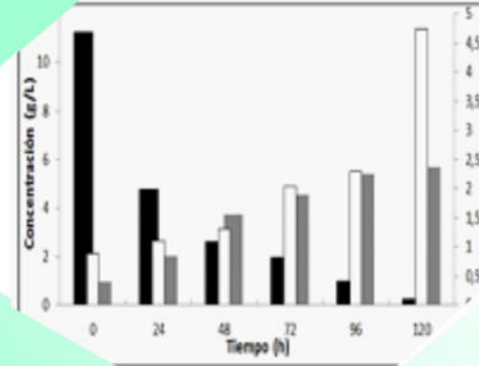
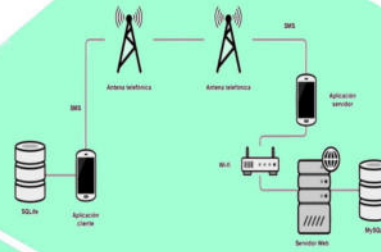
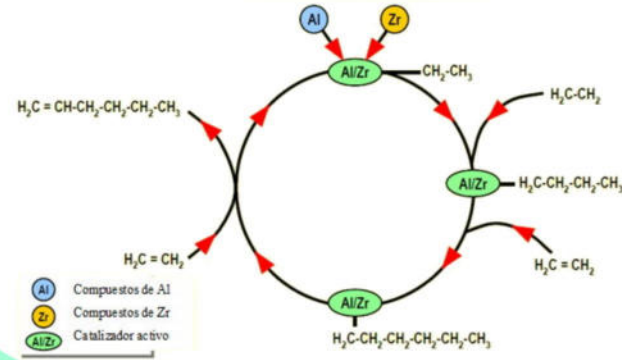


## de Ciencias y Tecnología

BOTANICA - QUIMICA - BIOTECNOLOGIA - COMPUTACION

Familia <i>especie</i>	Nombre común
<b>Acanthaceae</b> Blechum pyramidatum (Lam.) Urb.	camaroncillo
<b>Amaranthaceae</b> Amaranthus spinosus L.	ojo de pescado
Chamissoa altissima (Jacq.) Kunth. var. altissima*	guacharaco
Cyathula achyranthoides (Kunth) Moq.*	
Pfaffia iresinoides (Kunth) Spreng.*	pulmonaria



**Inventario florístico de la finca La Cumaca y nuevas adiciones a la flora vascular del estado Carabobo, Venezuela**

**Producción de Polialfaolefinas (PAOS) a través de la oligomerización de  $\alpha$ -olefinas ligeras**

**Vinaza en la producción de ácido láctico mediante fermentación bacteriana**

**Aplicación móvil para el manejo de solicitudes a una base datos, usando SMS para conexiones sin internet**



La revista FARAUTE de Ciencias y Tecnología es una publicación periódica y arbitrada de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Carabobo, cuyo objetivo es divulgar los resultados de las investigaciones científicas y tecnológicas de la comunidad científica. Se publica un volumen anual en dos números.

#### **Comité Editorial**

##### **Editor Jefe**

Dr. José Gregorio Rodríguez-Quintal

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela

##### **Junta Editorial**

Dr. José Gregorio Marcano  
Decano Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

Dr. Luis Rodríguez  
Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

Dr. Henry Labrador  
Departamento de Química, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

Dra. Mariela Contreras  
Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

Dr. Pedro Linares  
Departamento de Computación, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

Dr. Reimer Romero  
Departamento de Física, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

M.Sc. Elvira Sánchez  
Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

##### **Editor Fundador**

Dr. Oscar Valbuena

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

##### **Comité Asesor**

Dr. José Rodríguez

Dra. Silvia Pérez

Dra. Sonia Ardito

Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

**ENVIO DE ARTICULOS Y CORRESPONDENCIA:** [farautecienciauc@gmail.com](mailto:farautecienciauc@gmail.com)

Indexada y acreditada en REVENCYT bajo el código RVF008 y en Latindex con el número de folio 17789

**La revista no se hace responsable ni solidaria de los juicios emitidos por los autores de los artículos publicados en la misma.**

---

**Diagramación:** Dr. José Gregorio Marcano

**Diseño Gráfico:** Dr. José Gregorio Rodríguez-Quintal



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD EXPERIMENTAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**  
**VOL. 10, N° 1, 2015**

**CONTENIDO**

---

Inventario florístico de la finca La Cumaca y nuevas adiciones a la flora vascular del estado Carabobo, Venezuela Floristic inventory of the Cumaca state and new additions to the vascular flora of Carabobo state, Venezuela.	
Carlos Valera, Carmen Contreras & Felix Vera .....	3
Producción de polialfaolefinas (PAOS) a través de la oligomerización de $\alpha$ -Olefinas ligeras. Polyalphaolefins (PAOS) production through light $\alpha$ -Olefins oligomerization.	
Albania D., Villarroel G., María I., Brikgi A. & Angie Z. Guzmán .....	12
Vinaza en la producción de ácido láctico mediante fermentación bacteriana. Vinasse in the Production of Lactic Acid by Bacterial Fermentation.	
Gladiel Padrón, Katherine Campo, Maria Garcia, Luis Medina & Oscar Valbuena. .....	24
Aplicación móvil para el manejo de solicitudes a una base de datos, usando SMS para conexiones sin Internet Mobile app to manage DB queries using SMS for no internet connections	
Mirella Herrera, Gerardo Herrera & Augusto Jara .....	32



## Inventario florístico de la finca La Cumaca y nuevas adiciones a la flora vascular del estado Carabobo, Venezuela

Carlos Varela<sup>1,2\*</sup>, Carmen Contreras<sup>1</sup>, Felix Vera<sup>1</sup>

*Departamento de Biología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela*

*Herbario Helga Lindorf (LUC), Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela*

\***Autor de correspondencia:** cvarela2@uc.edu.ve

### Resumen

Se presenta un primer inventario florístico de la finca La Cumaca, municipio San Diego, estado Carabobo, Venezuela. Se recolectaron e identificaron las muestras botánicas y fueron depositadas en el Herbario Helga Lindorf (LUC) de la Universidad de Carabobo. Se registraron 44 familias, 82 géneros y 95 especies, de estas 15 taxa son introducidos o cultivados. Se adicionan 20 nuevos registros para la flora del estado. Las familias con mayor número de especies fueron Malvaceae (8), Asteraceae (6), Fabaceae (6) y Poaceae (5), el hábito arbóreo fue dominante. Este trabajo representa un aporte al conocimiento de la biodiversidad vegetal del estado Carabobo.

**Palabras Clave:** biodiversidad vegetal, colecciones botánicas, flora, perturbación

### Floristic inventory of the Cumaca state and new additions to the vascular flora of Carabobo state, Venezuela

#### Abstract

The first inventory floristic of the La Cumaca estate, at San Diego Municipality in Carabobo state, Venezuela is here presented. Those identified botanical specimens are deposited at Helga Lindorf Herbarium at Carabobo University (LCU). 44 families, 82 genera and 95 species were collected, in which 15 are cultivated. 20 species are new records of the flora of that region are reported. Families with more species were Malvaceae (8), Asteraceae (6), Fabaceae (6), and Poaceae (5) and arboreal habit is dominant. This work represents a contribution for the study and understanding of plants biodiversity in Carabobo, Venezuela.

**Keywords:** botanical collections, disturbance, flora, plant biodiversity

## Introducción

El estado Carabobo presenta una variedad de ecosistemas que sustenta una importante fitodiversidad, característica de la Cordillera de la Costa (MARN, 2000; Portillo-Quintero et al., 2010; Meier, 2011). Se estima para la entidad unas 1.892 especies de plantas vasculares, contenidas en más de 4.000 muestras, registradas en las colecciones de los distintos herbarios nacionales (Varela & Artigas, 2014), esto representa el 11,48% del total de grupos vasculares, hasta ahora registrados para Venezuela (Huber et al., 1998; Hokche et al., 2008). Sin embargo, los esfuerzos para ampliar y difundir ese conocimiento han sido escasos en comparación a otras regiones del país (Steyermark et al., 1995; Duno et al. 2007). En los últimos años, se han realizado algunas investigaciones con la finalidad de estimular el conocimiento y la conservación de la flora del estado Carabobo (Steyermark, 1979; Jiménez, 1997; Díaz & Ortega, 2006; Rodríguez-Altamiranda & Varela, 2009; Hernández & Varela, 2013; Varela & Artigas, 2014). Promover la realización de este tipo de estudios permite ampliar la comprensión de la biodiversidad vegetal tanto a nivel local como regional, además de incentivar la exploración a diferentes comunidades vegetales (Huber et al., 1998; Meier, 2011). Bajo esta premisa y como apoyo a estos trabajos, la presente investigación tiene como objetivo realizar un inventario florístico en la finca La Cumaca, ubicada al norte del estado Carabobo. En la finca se practicaron actividades agropecuarias y de extracción minera durante más de dos décadas, lo cual han causado gran impacto en la composición y estructura de la vegetación (Vera et al., 2010).

## Materiales y Métodos

**Área de estudio.** El inventario florístico fue realizado en la finca La Cumaca, localizada en la zona norte del municipio San Diego del estado Carabobo, en la zona centro-norte de Venezuela (Fig. 1). El clima de la región es marcadamente biestacional con un periodo de lluvias que abarca desde mayo a noviembre y una estación seca de diciembre hasta abril, presentándose una precipitación y temperatura media anual de 852 mm y 25,1°C respectivamente (Malpica et al., 2010). Los terrenos de la finca colindan con la vertiente sur del Parque Nacional San Esteban, zona caracterizada

por los recurrentes incendios forestales naturales o intencionales, además de otras actividades antrópicas como la ganadería y la minería. Tiene una superficie de aproximadamente 465,86 ha, conformadas principalmente por bosques ribereños y bosques secos muy fragmentados, sabanas arboladas y en general, por una vegetación secundaria o de áreas intervenidas (Fig. 2). Cuenta con una red hidrográfica que incluye humedales naturales, lagunas artificiales y el río Cúpira, el cual se extiende a lo largo de toda la finca y se origina a partir de aguas que drenan del Parque Nacional San Esteban en la parte alta de la montaña (Vera et al., 2010). Recolección y procesamiento de las muestras botánicas. Las muestras botánicas fueron recolectadas entre febrero y mayo de 2013. Fueron tratadas con las técnicas tradicionales de herborización (prensado y secado en estufa) y la identificación se realizó con base en bibliografía especializada (Steyermark & Huber, 1978; Steyermark et al., 1995; Hokche et al., 2008; TROPICOS, 2015). Posteriormente las muestras fueron comparadas con los ejemplares de las colecciones depositadas en los herbarios Víctor Manuel Badillo de la Facultad de Agronomía-UCV (MY), Víctor Manuel Ovalles de la Facultad de Farmacia-UCV (MYF) y el Herbario Nacional de Venezuela (VEN). Las muestras se encuentran registradas y depositadas en el herbario Helga Lindorf de la Universidad de Carabobo (LUC).

## Resultados y Discusión

La Tabla 1 muestra el listado de espermatofitas encontradas en la finca La Cumaca, donde se registraron un total de 44 familias botánicas representadas en 82 géneros y 95 especies, de estas, 20 especies son consideradas nuevos registros para la flora del estado, ya que no aparecen incluidas para Carabobo en el Nuevo Catálogo de la Flora Vascular de Venezuela (Hokche et al., 2008); además, no se encontraron muestras recolectadas previamente para el estado en las colecciones de los herbarios MY, MYF y VEN. Tampoco existen registros en las bases de datos de los mismos que fueron suministradas y consultadas. En el Apéndice 1 se incluyen los 20 nuevos registros con información de su sinonimia, hábito de crecimiento, altitud, estados donde se encuentran distribuidos y el material examinado que confirma su presencia en Carabobo. Los 20 registros obtenidos en esta investi-

**Tabla 1.** Listado de espermatofitas de la finca La Cumaca, estado Carabobo.

<b>Familia especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Forma de vida</b>	<b>condición</b>
<b>Acanthaceae</b>			
Blechum pyramidatum (Lam.) Urb.	camaroncillo	h	nativa
<b>Amaranthaceae</b>			
Amaranthus spinosus L.	ojo de pescado	h	nativa
Chamissoa altissima (Jacq.) Kunth. var. altissima*	guacharaco	h	nativa
Cyathula achyranthoides (Kunth) Moq.*		h	nativa
Pfaffia iresinoides (Kunth) Spreng.*	pulmonaria	h	nativa
<b>Anacardiaceae</b>			
Anacardium occidentale L.	merey	a	cultivada
Cyrtocarpa velutinifolia (R.S. Cowan) J.D. Mitch. & Daly	jobo liso	a	nativa
Mangifera indica L.	mango	a	nativa
<b>Annonaceae</b>			
Annona murica L.	guanábana	a	cultivada
<b>Apiaceae</b>			
Eryngium foetidum L.	culantro	h	nativa
<b>Apocynaceae</b>			
Aspidosperma polyneuron Müll. Arg.*	palo rosa	ar	nativa
<b>Asteraceae</b>			
Astro eupatorium sp.		ar	nativa
Bidens reptans (L.) G. Don		t	nativa
Chromolaena odorata (L.) R.M. King & H. Rob.	sanalotodo	ar	nativa
Mikania sp.		h	nativa
Milleria quinqueflora L.*	cocolmeca	h	nativa
Pseudoelephantopus spicatus (Juss. ex Aubl.) Rohr ex Gleason	suelda con suelda	h	nativa
<b>Begoniaceae</b>			
Begonia humilis Dryand.		h	nativa
<b>Bignoniaceae</b>			
Tabebuia chrysantha (Jacq.) G. Nicholson	araguaney	a	nativa
Tabebuia rosea (Bertol.) DC.	apamate	a	nativa
<b>Boraginaceae</b>			
Cordia curassavica (Jacq.) Roem. & Schult.		ar	nativa
Heliotropium procumbens Mill.		h	nativa
Tournefortia hirsutissima L.	araguato	ar	nativa
Tournefortia maculata Jacq.	bejuco de masa	ar	nativa
<b>Cannabaceae</b>			
Trema micrantha (L.) Blume	pie de paloma	ar	nativa
<b>Cactaceae</b>			
Rhipsalis sp.		e	nativa
<b>Caesalpinaceae</b>			
Brownea coccinea Jacq.	rosa de montaña	a	nativa
Delonix regia (Bojer ex Hook.) Raf. flamboyán		a	cultivada
Senna bacillaris (L.f.) H.S. Irwin & Barneby var. bacillaris*	platánico	ar	nativa
Senna obtusifolia (L.) H.S. Irwin & Barneby	chiqui-chiqui	ar	nativa

**Tabla 2.** Listado de espermatofitas de la finca La Cumaca, estado Carabobo.

<b>Familia especie</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Forma de vida</b>	<b>condición</b>
<b>Acanthaceae</b>			
Blechum pyramidatum (Lam.) Urb.	camaroncillo	h	nativa
<b>Amaranthaceae</b>			
Amaranthus spinosus L.	ojo de pescado	h	nativa
Chamissoa altissima (Jacq.) Kunth. var. altissima*	guacharaco	h	nativa
Cyathula achyranthoides (Kunth) Moq.*		h	nativa
Pfaffia iresinoides (Kunth) Spreng.*	pulmonaria	h	nativa
<b>Anacardiaceae</b>			
Anacardium occidentale L.	merey	a	cultivada
Cyrtocarpa velutinifolia (R.S. Cowan) J.D. Mitch. & Daly	jobo liso	a	nativa
Mangifera indica L.	mango	a	nativa
<b>Annonaceae</b>			
Annona murica L.	guanábana	a	cultivada
<b>Apiaceae</b>			
Eryngium foetidum L.	culantro	h	nativa
<b>Apocynaceae</b>			
Aspidosperma polyneuron Müll. Arg.*	palo rosa	ar	nativa
<b>Asteraceae</b>			
Astro eupatorium sp.		ar	nativa
Bidens reptans (L.) G. Don		t	nativa
Chromolaena odorata (L.) R.M. King & H. Rob.	sanalotodo	ar	nativa
Mikania sp.		h	nativa
Millieria quinqueflora L.*	cocolmeca	h	nativa
Pseudoelephantopus spicatus (Juss. ex Aubl.) Rohr ex Gleason	suelda con suelda	h	nativa
<b>Begoniaceae</b>			
Begonia humilis Dryand.		h	nativa
<b>Bignoniaceae</b>			
Tabebuia chrysantha (Jacq.) G. Nicholson	araguaney	a	nativa
Tabebuia rosea (Bertol.) DC.	apamate	a	nativa
<b>Boraginaceae</b>			
Cordia curassavica (Jacq.) Roem. & Schult.		ar	nativa
Heliotropium procumbens Mill.		h	nativa
Tournefortia hirsutissima L.	araguato	ar	nativa
Tournefortia maculata Jacq.	bejuco de masa	ar	nativa
<b>Cannabaceae</b>			
Trema micrantha (L.) Blume	pie de paloma	ar	nativa
<b>Cactaceae</b>			
Rhipsalis sp.		e	nativa
<b>Caesalpinaceae</b>			
Brownea coccinea Jacq.	rosa de montaña	a	nativa
Delonix regia (Bojer ex Hook.) Raf. flamboyán		a	cultivada
Senna bacillaris (L.f.) H.S. Irwin & Barneby var. bacillaris*	platánico	ar	nativa
Senna obtusifolia (L.) H.S. Irwin & Barneby	chiqui-chiqui	ar	nativa

gación y los 14 reportados por Hernández & Varela (2013), del Cerro El Café en el municipio Naguanagua, incrementan a un total de 34 especies los nuevos registros para la flora del estado de Carabobo. Es importante destacar que, el número de especies para el estado podría incrementar considerablemente en la medida que se realicen expediciones a sitios poco conocidos y explorados. El 15,79 % (N= 15) de la flora de La Cumaca corresponde a especies no nativas (cultivadas o introducidas), principalmente frutales (*Annona muricata*, *Carica papaya*, *Citrus aurantium*, *Mangifera indica* y *Psidium guajava*) y ornamentales (*Bougainvillea spectabilis*, *Delonix regia*, *Hibiscus rosa-sinensi*). En general, la mayoría de las familias botánicas estuvo representada por una o dos especies, lo que nos indica la relativamente baja diversidad vegetal predominante en la finca. Esto, muy probablemente puede estar relacionado con las actividades agropecuarias y de extracción minera, que durante más de 30 años se llevaron a cabo, modificando gran parte de la composición y la estructura de la vegetación de la finca (Vera et al., 2010). Las familias más diversas en la finca La Cumaca fueron: Malvaceae con ocho especies, Asteraceae y Fabaceae con seis especies cada una, Poaceae con cinco, seguidas por Amaranthaceae, Boraginaceae, Caesalpinaceae y Sapindaceae todas con cuatro especies. Estas familias se encuentran registradas como las más comunes e importantes para el estado (Varela & Artigas, 2014), así como para la flora de Venezuela (Hokche et al., 2008). Con respecto a la frecuencia de las formas de vida se encontró que el 32,63 % (N= 31) presentaron hábito arbóreo, seguidas por las arbustivas con 29,47 % (N= 28), las hierbas 26,32 % (N= 25), trepadoras 5,26 % (N= 5), lianas 4,21 % (N= 4), las epífitas y hemiparásitas fueron las menos frecuentes representadas por una sola especie cada una (1,05 %, N= 1). Estos resultados demuestran que, a pesar de la fuerte intervención por actividades antrópicas en la finca, aún se presenta un predominio de formas leñosas, a diferencia de otros sectores circundantes que, al ser sometidos principalmente a quemadas frecuentes, las formas de vida que dominan son de menor porte como hierbas y sufrutices (Hernández, 2011). Cerca del 50 % (N= 47) de las especies identificadas son características de áreas perturbadas, lo cual ha sido reportado para inventarios florísticos en otras fincas y comunidades vegetales parecidas (Merlos et al., 2005; Díaz, 2007; Pietrageli et al., 2011). En este

sentido, como acotamos anteriormente, la presencia de estas especies y la baja diversidad encontrada en la finca, pueden estar relacionadas con el alto grado de intervención antrópica, que ha generado cambios en los ecosistemas naturales y una disminución de las poblaciones de las diferentes especies vegetales nativas (Llamozas et al., 2003; Meier, 2011). Los nuevos registros aportados en esta investigación, corresponden a plantas con amplios rangos de distribución para el país (Hokche et al., 2008) que, sin embargo, no habían sido reportadas previamente para la entidad. Esto denota la falta de exploración y la poca o ninguna promoción en la recolección y caracterización de la vegetación a lo largo y ancho del estado, ubicado en la Cordillera de la Costa, una de las regiones biogeográficas más biodiversas e impactadas del país (Llamozas et al., 2003; Portillo-Quintero et al., 2010; Meier, 2011). Este estudio evidencia la necesidad de ampliar el conocimiento de la flora de Carabobo, a través de la exploración en aquellas zonas donde no se han realizado recolecciones, considerando que estas investigaciones pueden arrojar nuevos registros para la flora y al mismo tiempo permiten tener un amplio conocimiento de la vegetación para establecer medidas de conservación de especies únicas para la región (Rodríguez-Altamiranda & Varela, 2009; Meier, 2011). Todo esto brindaría mayor respaldo para cuando se tomen medidas necesarias para la protección de aquellos espacios, que por su ubicación y características puedan ser áreas estratégicas para la conservación de la biodiversidad en la región.

### Agradecimientos

Los autores queremos agradecer al personal de la finca La Cumaca por permitirnos el acceso y ofrecernos su ayuda durante la realización de este trabajo. A los herbarios MY, MYF y VEN. A los árbitros por las sugerencias para la mejora final del manuscrito.

### Bibliografía

- Díaz, W. (2007). Composición florística y estructura de bosques en los asentamientos campesinos Las Delicias, El Guamo y El Chozal, Estado Bolívar-Venezuela. *Ernstia*. 17(1):1-24.
- Díaz, W. & F. Ortega. (2006). Inventario de recursos

- botánicos útiles y potenciales de la cuenca del río Morón, estado Carabobo, Venezuela. *Ernstia*. 16(2): 31-67.
- Duno, R., G. Aymard & O. Huber. (2007). Catálogo ilustrado de la flora vascular de los Llanos de Venezuela. Fudena, Fundación Empresas Polar, Fundación Instituto Botánico de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Hernández, J. & C. Varela. (2013). Nuevos reportes para la flora del estado Carabobo, Venezuela. *Acta Biol. Venez.* 33(1-2): 111-123.
- Hernández, J. (2011). Inventario y similitud florística de cinco sectores del Cerro El Café, Municipio Naguanagua, Edo. Carabobo. Trabajo Especial de Grado. Dpto. de Biología. Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología, Univ. de Carabobo. Valencia, 138 pp.
- Hokche, O., P. BERRY & O. HUBER. (2008). Nuevo Catálogo de la Flora Vascular de Venezuela. Fundación Instituto Botánico de Venezuela Caracas, Venezuela. p.p. 847.
- Huber, O., R. Duno, R. Riina, F. Stauffer, L. Pappalterra, A. Jimenez, S. Llamozas & G. Orsini. (1998). Estado actual del conocimiento de la flora en Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas, Venezuela.
- Jiménez, E. (1997). Inventario florístico de un bosque de galería y sus adyacencias en un afluente del Río Guataparó, Hacienda Guataparó, Valencia, estado Carabobo, Venezuela. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Agronomía, Univ. Central de Venezuela. Maracay, 172 pp.
- Llamozas, S., R. Duno, W. Meier, R. Riina, F. Stauffer, G. Aymard, O. Huber & R. Ortiz. (2003). Libro rojo de la flora venezolana. Provita, Fundación Polar e Instituto Botánico de Venezuela Dr. Tobías Lasser. Caracas, Venezuela.
- Malpica, F., C. Andara & C. Varela. (2010). Especies de Nasutitermes (Isoptera: Termitidae) en La Cumaca, municipio San Diego, estado Carabobo, Venezuela. *FARAUTE Ciens. y Tec.* 5(2): 44-55.
- MARN-Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. (2000). Primer informe de Venezuela sobre Diversidad Biológica. Oficina Nacional de Diversidad Biológica, Fondo para el Medio Ambiente Mundial y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) Caracas. 227 pp.
- Meier, W. (2011). Los bosques nublados de la Cordillera de la Costa en Venezuela. *BioLlania* (Edición Esp.). 10: 106-121.
- Merlos, D., C. Harvey, A. Grijalva, A. Medina, S. Vílchez. & B. Hernández. (2005). Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. *Rev. Biol. Trop.* 53(3-4): 387-414.
- Pietrangeli, M., A. Villarreal. & B. Gil. (2011). Florística de las comunidades forestales de zonas aledañas al embalse Pueblo Viejo (Burro Negro), Estado Zulia, Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol.* 45(3): 237-286.
- Portillo-Quintero, C., Lacabana P. & F. Carrasquel. (2010). Conversión de los bosques en la Cordillera de La Costa Central de Venezuela. In: Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela (J.P. Rodríguez, F. Rojas-Suárez & D. Giraldo, Eds.). 239-243. Provita, Shell Venezuela, Lenovo (Venezuela), Caracas, Venezuela.
- Rodríguez-Altamiranda, R. & C. Varela. (2009). Evaluación botánica rápida en bosques del Parque Nacional San Esteban, como una contribución a la conservación de especies únicas de la Cordillera de la Costa. In: Una mano a la Naturaleza. Conservando las especies amenazadas venezolanas (D. Giraldo, F. Rojas-Suárez & V. Romero, Eds.). 49. Provita y Shell de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Steyermark, J. (1979). Plant refuge and dispersal centers in Venezuela: their relict and endemic element. In: *Tropical Botany* (K. Larsen & L.B. Holm-Nielsen, Eds.). 185-221. Academic Press, London, England.
- Steyermark, J. & O. Huber. (1978). Flora del Ávila. Flora y vegetación de las montañas del Ávila, de La Silla y del Naiguatá. Sociedad Venezolana de Ciencias Sociales, Vollmer Fundación, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, Caracas, Venezuela.

Steyermark, J., P. Berry, B. Holst & K. Yatskievych (Eds.). (1995). Flora of the Venezuelan Guayana. Vol. 1. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, USA.

TROPICOS. 2015. Nomenclatural Data Base of Missouri Botanical Garden. Mar. 2014. [Online] URL: <http://mobot.mobot.org/W3t/Search/vas.html>. St. Louis, USA. Varela, C & M.D. Artigas. (2014). Conocimiento del estado actual de la flora vascular del estado Carabobo, Venezuela. *Ernstia*. 24(2): 111-127.

Vera, J., J. Laurentin, L. Chiazano, M. Henao, G. Díaz, A. Bustamante, M. Dicrisio, W. Alvarado & M. Hernández. (2010). Proyecto Sabana Ciudad Ecológica Ideal Bosque Parque. Inversiones Cumapira. C.A. Valencia, 187 pp.

#### Apéndice 1

#### **Amaranthaceae**

*Chamissoa altissima* (Jacq.) Kunth. var. *altissima* Basónimo: *Achyranthes altissima* Jacq. Hierba erecta, flores amarillo-verdosas. 0-800 m. Distribución en Venezuela: Anzoátegui, Apure, Aragua, Barinas, Bolívar, Cojedes, Delta Amacuro, Lara, Falcón, Guárico, Mérida, Miranda, Monagas, Táchira, Yaracuy, Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario, 400-500 m. 28/III/2013. Contreras C. 0023. LUC.

*Cyathula achyranthoides* (Kunth) Moq. Basónimo: *Desmochaeta achyranthoides* Kunth Hierba erecta, flores verdosas. 0-400 m. Distribución en Venezuela: Amazonas, Apure, Bolívar, Delta Amacuro, Sucre, Yaracuy, Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, municipio San Diego, Finca la Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario, 400-500 m. 15/II/2013, Contreras C. & Carrasquero E. 0022. LUC.

*Pfaffia iresinoides* (Kunth) Spreng. Basónimo: *Alternanthera iresinoides* Kunth Hierba erecta, flores blancas. 20-2100 m. Distribución en Venezuela: Anzoátegui, Aragua, Bolívar, Cojedes, Distrito Capital, Falcón, Lara, Miranda, Monagas, Nueva Esparta, Portuguesa, Táchira, Yaracuy. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca,

10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 28/III/2013, Contreras C. 0025. LUC.

#### **Apocynaceae**

*Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. Árbol de gran porte, frutos verdosos, leñosos cuando maduros. 100-1300 m. Distribución en Venezuela: Miranda, Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 15/II/2013, Contreras C. & Carrasquero E.0026. LUC.

#### **Asteraceae**

*Milleria quinqueflora* L. Hierba, flores amarillas. 0-2800 m. Distribución en Venezuela: Aragua, Cojedes, Distrito Capital, Lara, Mérida, Miranda, Sucre, Yaracuy, Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 28/III/2013, Contreras C. 0032. LUC.

#### **Caesalpiniaceae**

*Senna bacillaris* (L.f.) H.S. Irwin & Barneby var. *bacillaris* Basónimo: *Cassia bacillaris* L.f. Arbusto, flores amarillas, frutos de color verde. 50-1800 m. Distribución en Venezuela: Amazonas, Aragua, Bolívar, Delta Amacuro, Distrito Capital, Miranda, Nueva Esparta, Sucre, Táchira, Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 28/III/2013, Contreras C. 0037. LUC.

#### **Convolvulaceae**

*Ipomoea batatas* (L.) Lam. Basónimo: *Convolvulus batatas* L. Trepadora, flores moradas. 50-1800 m. Distribución en Venezuela: Amazonas, Aragua, Bolívar, Delta Amacuro, Guárico, Lara, Miranda, Nueva Esparta, Sucre, Táchira, Trujillo, Yaracuy. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 28/IV/2013, Vera F. 002. LUC.

#### **Cyperaceae**

*Scleria melaleuca* Ruchb. ex Schltldl. & Cham. Hierba, flores violetas. 20-1300 m. Distribución en Venezuela: Amazonas, Anzoátegui, Apure, Barinas, Bolívar, Cojedes, Delta Amacuro, Distrito Capital, Falcón, Guárico, Lara, Miranda, Nueva Esparta, Portuguesa, Sucre, Táchira, Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 28/III/2013, Contreras C. 0036a. LUC.

#### **Dilleniaceae**

*Davilla kunthii* A.St-Hil. Arbusto, flores amarillas. 50-1200 m. Distribución en Venezuela: Amazonas, Anzoátegui, Apure, Bolívar, Delta Amacuro, Monagas, Sucre, Trujillo, Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 28/III/2013, Contreras C. 0044. LUC.

#### **Lamiaceae**

*Hyptis pectinata* (L) Poit. Basónimo: *Nepeta pectinata* L. Hierba erecta. 1300-1450 m. Distribución en Venezuela: Bolívar, Delta Amacuro, Distrito Capital, Mérida, Monagas, Nueva Esparta, Táchira, Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 28/III/2013, Contreras C. 0045. LUC.

*Leonotis nepetifolia* (L.) R.Br. in W.T.Aiton Basónimo: *Phlomis nepetaefolia* L. Hierba erecta, flores rojo-anaranjadas. Introducida y cultivada. 0-2100 m. Distribución en Venezuela: Delta Amacuro, Mérida, Miranda, Nueva Esparta, Táchira, Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 28/IV/2013, Vera F. 008. LUC.

#### **Lauraceae**

*Aniba hostmanniana* (Nees) Mez Basónimo: *Aydendron hostmanniana* Ness Árbol, frutos verdes. 100-1200 m. Distribución en Venezuela: Amazonas, Aragua, Delta Amacuro, Distrito Capital, Mérida, Miranda, Yaracuy. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°19'45"Lat. N., 67°59'06"Long. O., bosque ri-

bereño primario. 600-700 m, 12/VI/2013, Varela C. 0211. LUC.

#### **Malvaceae**

*Triumfetta semitriloba* Jacq. Arbusto, frutos de color marrón. 50-1800 m. Distribución en Venezuela: Anzoátegui, Apure, Bolívar, Guárico, Mérida, Miranda, Portuguesa, Trujillo. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°19'45"Lat. N., 67°59'06"Long. O., bosque ribereño primario. 600-700 m, 12/VI/2013, Varela C. 0210. LUC.

#### **Myrtaceae**

*Eugenia cribrata* McVaugh Árbol, flores blancas. 50-500 m. Distribución en Venezuela: Anzoátegui, Aragua, Barinas, Bolívar, Distrito Capital, Falcón, Monagas, Portuguesa, Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°19'45"Lat. N., 67°59'06"Long. O., bosque ribereño primario. 600-700 m, 12/VI/2013, Varela C. 0213. LUC.

#### **Piperaceae**

*Piper dilatatum* L.C.Rich. Arbusto, frutos verdes. 0-2000 m. Distribución en Venezuela: Amazonas, Anzoátegui, Aragua, Barinas, Bolívar, Cojedes, Delta Amacuro, Distrito Capital, Falcón, Mérida, Miranda, Monagas, Nueva Esparta, Portuguesa, Sucre, Táchira, Trujillo, Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 28/III/2013, Contreras C. 0048. LUC.

*Piper prunifolium* Jacq. subsp. *prunifolium* Arbusto, inflorescencia color crema. 120-2800 m. Distribución en Venezuela: Aragua, Distrito Capital, Mérida, Miranda, Táchira, Yaracuy. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 28/IV/2013, Vera F. 0014. LUC.

#### **Rubiaceae**

*Borreria latifolia* (Aubl) K.Schum. in Mart. Sinónimo: *Spermacoce latifolia* Aubl. Hierba, flores blancas. 50-200 m. Distribución en Venezuela: Amazonas, Apure, Barinas, Bolívar, Delta Amacuro, Guárico,

co. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 28/III/2013, Contreras C. 0055. LUC.

### **Sapindaceae**

*Serjania atrolineata* Sauv. & Wright Liana, flores color crema, frutos verdes. 100-1300 m. Distribución en Venezuela: Amazonas, Apure, Aragua, Barinas, Bolívar, Delta Amacuro, Distrito Capital, Guárico, Lara, Miranda, Monagas, Portuguesa, Táchira, Yaracuy, Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 27/II/2013, Contreras C., Petit D. & Moreno A. 0058. LUC.

### **Ulmaceae**

*Ampelocera macphersonii* Todzia Árbol. 100-400 m. Distribución en Venezuela: Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°19'45"Lat. N., 67°59'06"Long. O., bosque ribereño primario. 600-700 m, 13/VI/2013, Varela C. 0200. LUC.

### **Vitaceae**

*Cissus alata* Jacq. Trepadora, flores rosado pálido, frutos blancos. 100-420 m. Distribución en Venezuela: Aragua, Barinas, Bolívar, Cojedes, Guárico, Portuguesa, Zulia. Material examinado: Edo. Carabobo, Municipio San Diego, Finca La Cumaca, 10°17'51.92"Lat. N., 67°57'0.59"Long. O., bosque ribereño secundario. 400-500 m, 28/III/2013, Contreras C. 0066. LUC.



## PRODUCCIÓN DE POLIALFAOLEFINAS (PAOS) A TRAVÉS DE LA OLIGOMERIZACIÓN DE $\alpha$ -OLEFINAS LIGERAS

Albania D. Villarroel G. <sup>1</sup>, María I. Brikgi A. <sup>1</sup>, Angie Z. Guzmán<sup>1</sup>

PDVSA Intevp, Gerencia General de Refinación e Industrialización. Los Teques, Venezuela

\*Autor de correspondencia: villarroelax@pdvsa.com

### Resumen

Este artículo presenta una revisión bibliográfica de las tecnologías para la producción de polialfaolefinas (PAOs) a través de la oligomerización de  $\alpha$ -olefinas ligeras (LAOs), en donde además se pueden obtener productos de alto interés petroquímico como olefinas  $C_4 - C_6$ , parafinas  $C_8+$  y destilados medios. Los procesos reportados se clasificaron en maduros y emergentes. Dentro de las tecnologías maduras están las de Chevron, Shell, Ineos, Idemitsu y Exxon Mobil, mientras que en las emergentes se encuentran la de IFP, UOP, Linde y Dupont. Los aspectos del impacto en los mercados a nivel mundial en demanda y producción de  $\alpha$ -olefinas ligeras y polialfaolefinas, también son estudiados. Adicionalmente se describen los catalizadores empleados y los mecanismos fundamentales asociados a la oligomerización de olefinas ligeras.

**Palabras Clave:** Oligomerización,  $\alpha$ -olefinas ligeras, polialfaolefinas

### POLYALPHAOLEFINS (PAOS) PRODUCTION THROUGH LIGHT $\alpha$ -OLEFINS OLIGOMERIZATION

#### Abstract

This article presents a literature review of technologies for polyalphaolefins (PAOs) production through oligomerization of light  $\alpha$ -olefins (LAOs), and it can also obtain products of high petrochemical interest as olefins  $C_4-C_6$ , paraffins  $C_8^+$ , and middle distillates. The processes reported here were classified in commercial and emerging. The commercial technologies are: Chevron, Shell, Ineos, Exxon Mobil Idemitsu and in emerging technologies are: the IFP, UOP, Linde and Dupont. The aspects of the impact on markets worldwide in demand and production of light  $\alpha$ -olefins and polyalphaolefin, are also studied. Additionally it is described the catalysts used and the associated fundamental mechanisms of light olefins oligomerization. Keywords: Oligomerization,  $\alpha$ -light olefins, polyalphaolefin

**Keywords:** Oligomerization,  $\alpha$ -light olefins, polyalphaolefin

### Introducción

La oligomerización de olefinas ligeras ( $C_2 - C_4$ ) es una importante ruta para la producción de olefinas largas y ramificadas, materias primas valiosas en la manufactura de productos de uso común. Uno de los principales productos de la oligomerización de  $\alpha$ -olefinas lineales (LAOs) son las poli-alfa-olefinas (PAOs), las cuales pueden ser utilizadas como bases lubricantes de carácter sintético tipo IV; también se obtienen fracciones en el rango de la gasolina ( $T < 180C$ , alto octanaje) y fracciones en el rango del diesel ( $T > 200C$ , alto índice de cetano) (Flego & Perego, 2005; Belov & Matkovsky, 2010)

Las PAOs tienen una estructura isoparafínica uniforme, similar a la de los aceites minerales parafínicos. Dependiendo de las condiciones de reacción, la mezcla típica de oligómeros producto es 50-60 % trímeros, 10-15 % dímeros con tetrámeros y oligómeros superiores que completan el balance. Los oligómeros se estabilizan a través un proceso de hidrogenación (Nexant, 2004). Para finales del 2002, la demanda global de olefinas  $C_4$ - $C_{20}$  ascendió hasta 3,4 MMT aproximadamente (Nexant, 2004). Un esquema detallado del negocio de las LAOs se muestra en la Figura 1, la ruta resaltada en amarillo corresponde con el campo de alcance de esta investigación.

Los productores de  $\alpha$ -olefinas pueden dividirse en dos categorías: rango completo, los cuales producen  $\alpha$ -olefinas  $C_4 - C_{30}^+$ , y los que sólo llegan hasta la manufactura de  $C_4/C_6$ . Las empresas con tecnologías maduras de producción de  $\alpha$ -olefinas rango completo son BP, Chevron Phillips, Shell e Idemitsu, esta última es muy similar a la de Chevron; mientras que Axens, UOP y Linde tienen tecnologías emergentes en fase de comercialización (Nexant, 2004). Esta investigación está dirigida al estudio de los procesos de rango completo.

### Tecnologías maduras de producción de LAOs de rango completo

Las LAOs  $C_4^+$  son producidas casi exclusivamente a través de la oligomerización de etileno empleando catalizadores metálicos tipo Ziegler - Natta; algunas rutas menos empleadas son la deshidratación de alcoholes naturales y el craqueo de ceras (Nexant,

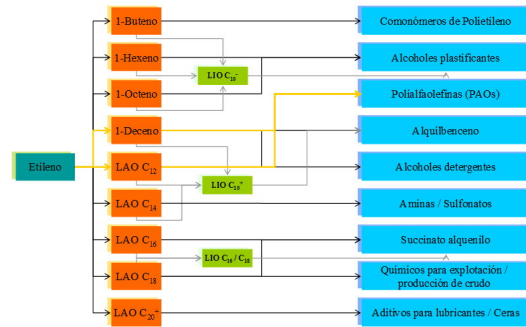


Figura 1. Esquema de mercado de las  $\alpha$ -olefinas (Nexant, 2004)

2004).

Por su parte el 1-buteno puede ser producido por la dimerización de etileno, pero la fuente comercial más importante se encuentra en las corrientes ricas en  $C_4$  proveniente de los procesos de craqueo en las refinerías y complejos petroquímicos (Nexant, 2004).

Los procesos comerciales de producción de LAOs que se detallan a continuación involucran un mecanismo donde inicialmente se disocia un dímero de trietilaluminio (TEA), y el etileno se va insertando gradualmente entre los tres grupos alquilo unidos al átomo metálico. En el siguiente paso, uno de los grupos alquilo puede ser desplazado por la formación de  $\alpha$ -olefinas más pesadas o puede formar hidruros de dialquilaluminio, dejando libre la olefina formada (Nexant, 2004). En la Figura 2 se muestra un esquema de este mecanismo; los grupos alquilaluminio reaccionan rápidamente con las olefinas presentes en el medio, por lo que la etapa de desplazamiento se ve favorecida cuando hay exceso de etileno, dejando libre la  $\alpha$ -olefina formada. Otros catalizadores involucran complejos de zirconio / aluminio, actuando bajo el esquema mostrado en la Figura 3.

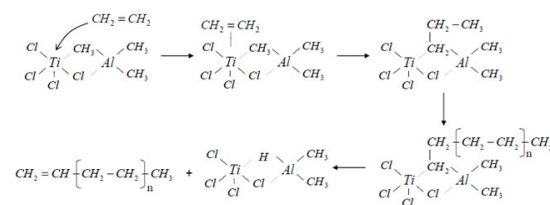
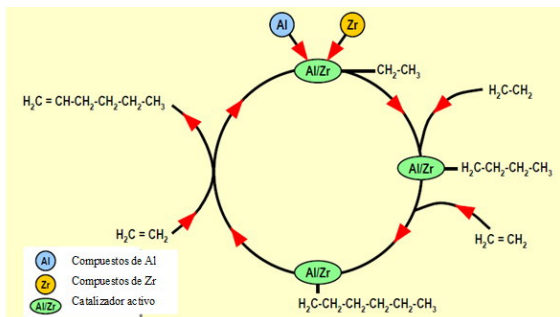


Figura 2. Mecanismo general de oligomerización del etileno

Si las reacciones de desplazamiento ocurren a bajas concentraciones de catalizador, exceso de etileno



**Figura 3.** Ciclo de acción de un catalizador zirconio / aluminio (Nexant, 2004)

y altas temperaturas, se hace más desfavorable el crecimiento de la cadena, esto fue estudiado por la empresa Chevron Phillips.

#### CHEVRON PHILLIPS (CPChem)

Esta tecnología involucra la síntesis de  $\alpha$ -olefinas de rango completo a partir de etileno, empleando un catalizador tipo Ziegler de trietilaluminio (TEA) (Nirula, 1990). Luego de varias observaciones sobre la reacción de crecimiento de la cadena, los investigadores de Chevron determinaron que el espectro de productos obtenido en una etapa podría estar gobernado por la ecuación:

$$C_{(n+2)} = KC_n \quad (1)$$

Donde  $C_n$  es el número de moléculas de  $\alpha$ -olefinas con una longitud de cadena de  $n$ ,  $K$  es la relación entre la tasa de crecimiento de la cadena y la tasa de desplazamiento.

El proceso en una etapa emplea bajas concentraciones de catalizador por lo cual no tiene que ser recuperado; es posteriormente destruido mediante un lavado con una solución alcalina o ácida y las  $\alpha$ -olefinas recuperadas por destilación. Una de las principales desventajas del proceso es la amplia gama de productos generados, lo cual no permite alcanzar altas selectividades hacia un corte específico de oligómeros.

En la búsqueda de optimizar la producción de olefinas de cadena más cortas, se planteó un proceso con dos etapas de reacción: crecimiento de la cadena y desplazamiento. El desplazamiento se limita en la primera etapa mediante el ajuste de la concentración de etileno y de la temperatura a 100 – 120C. El proceso en dos etapas emplea grandes cantidades de catalizador dado que sólo tres cadenas olefínicas se obtienen

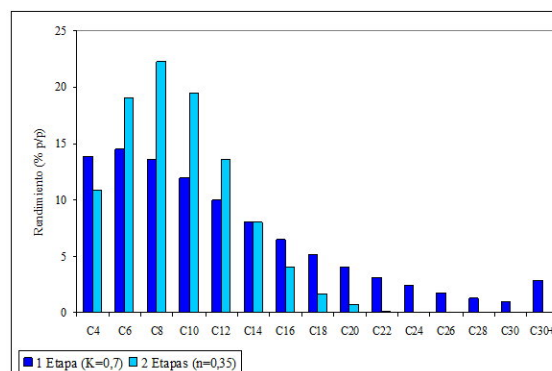
por mol de catalizador, por lo que se hace necesario recuperarlo. La distribución molar resultante en el proceso Chevron tipo 2 sigue una ecuación tipo Poisson:

$$X_i = \frac{N^i e^{-N}}{i!} \quad (2)$$

Donde  $X_i$  es la fracción molar de producto contenida en  $i$  unidades de monómero, y  $N$  es el promedio aritmético del número de unidades de monómero unido a cada átomo de aluminio después de que se completó la etapa de crecimiento de la cadena (Nirula, 1990)

En la Figura 4 se observa una comparación teórica de la distribución de productos cuando se emplea el proceso en una etapa o en dos etapas. Se observa que con el proceso simple la longitud de las cadenas alcanza hasta  $C_{30}^+$ , mientras que en dos etapas el crecimiento es interrumpido en  $C_{22}$ , con alta selectividad en el corte  $C_6 - C_{16}$ .

Chevron comercializó el proceso en una etapa controlando la selectividad entre las reacciones de crecimiento de la cadena y desplazamiento por medio de la temperatura. A 100C dominan las reacciones de crecimiento de cadena, mientras que a 300C la selectividad es mayor hacia las reacciones de desplazamiento debido a la rápida conversión de grupos alquilo livianos en olefinas.



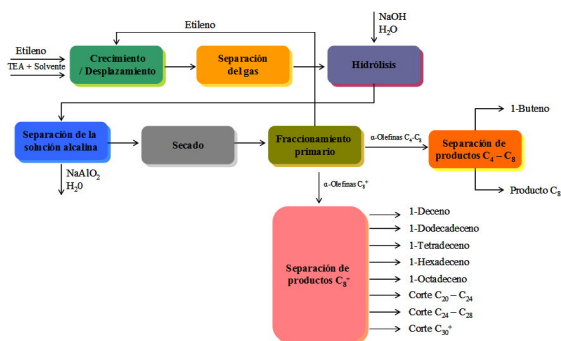
**Figura 4.** Distribución de productos con el proceso Chevron en una etapa y en dos etapas olefinas (Nexant, 2004)

En la Figura 5 se muestra un esquema simplificado de la tecnología Chevron en una etapa. El etileno comprimido a 230 bar y precalentado a 180C es llevado a la sección de reacción donde se pone en contacto

con una solución orgánica (solvente) y TEA (catalizador). En el reactor el TEA se añade secuencialmente a las moléculas de etileno, formando grupos alquilo lineales; simultáneamente los grupos alquilo son desplazados por el etileno para formar las  $\alpha$ -olefinas. La reacción ocurre por lotes a una temperatura de 200°C aproximadamente y un tiempo de residencia de 15 min; la conversión por paso en cada reactor es de 60 – 70%. Los reactores son de tipo carcaza y tubos, con el fin de aprovechar la exotermicidad de la reacción para generar vapor de media presión (Nexant, 2004; Camara, 2013).

El efluente del reactor es una mezcla homogénea de  $\alpha$ -olefinas, etileno no convertido, heptano, TEA y pequeñas cantidades de vinilideno y olefinas ramificadas. El etileno no convertido es separado en una unidad flash y recirculado al reactor para aumentar la conversión global. La corriente líquida del flash es pasada por una sección de hidrólisis donde el catalizador reacciona con una solución al 50% p/p de hidróxido de sodio para formar una solución de aluminato de sodio, la cual es posteriormente separada de los hidrocarburos y llevada a facilidades de tratamiento de agua. La corriente orgánica es enfriada y secada antes de ser llevada a la sección de fraccionamiento.

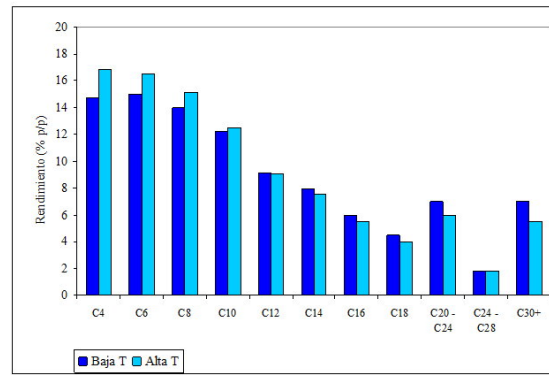
Este proceso es poco flexible, sin embargo, un cambio en la temperatura de reacción puede generar un cambio de tendencia alrededor de los C<sub>10</sub>, tal como se observa en la figura 6. Un incremento de temperaturas favorece las fracciones livianas (menor K).



**Figura 5.** Diagrama de bloques de la tecnología de Chevron Phillips de producción de LAOs en una etapa

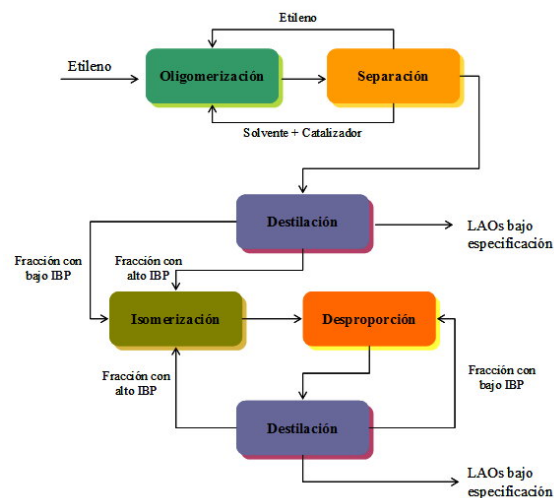
**SHELL**

El proceso shell, denominado Shell Higher Olefins



**Figura 6.** Distribución de productos con el proceso Chevron en una etapa para diferentes temperaturas olefinas (Nexant, 2004)

Process (SHOP), emplea diferentes químicas de proceso para corregir la distribución geométrica normal de los oligómeros del etileno. El esquema de reacción está basado en tres etapas fundamentales: oligomerización, isomerización y metátesis; en la Figura 7 se muestra un diagrama general.



**Figura 7.** Esquema general del proceso de producción de  $\alpha$ -olefinas de Shell

**Oligomerización**

El etileno es alimentado a la sección de reacción a 110 bar aproximadamente, donde se mezcla con una solución de 1,4-butanodiol que actúa como solvente del catalizador (complejo organometálico de níquel). El solvente no debe ser miscible en los productos finales de reacción. El reactor opera entre 80 – 120C y 70 – 130 bar. El calor generado por la reacción es retirado mediante la producción de vapor en reactor

de tipo tubo y carcaza. La tasa de oligomerización ( $K = 0,72 - 0,78$ ) es controlada con la presión global del sistema y la concentración de catalizador en el solvente (Nirula, 1900; Camara et al., 2013; Fernald et al., 1970).

Los productos de reacción son separados, el etileno no convertido es comprimido y recirculado al reactor, mientras que la mezcla líquida es separada en ciclos de alta presión con el fin de recuperar la solución catalítica. Se estima que aproximadamente el 95 % de la mezcla solvente / catalizador y el 45 % de los hidrocarburos separados en esta primera etapa son recirculados (Nexant, 2004).

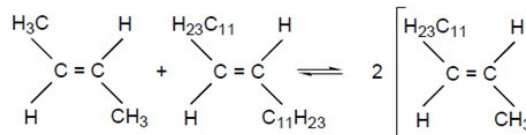
Dado que la corriente orgánica está aún contaminada con la solución catalítica, se pasa por una segunda etapa de separación donde se purifica hasta tener menos del 0,5 % de solvente. La corriente rica en solvente proveniente de las dos primera etapas de separación es recuperado en una corriente lateral de una torre de destilación. Para purificar totalmente la corriente orgánica se emplea una torre de lavado a 90 – 95C con solvente puro, el cual es inmisible en la fase orgánica producto.

La corriente orgánica lavada es llevada a un separador flash donde se obtiene un corte  $C_2 - C_6$  por el tope y las olefinas pesadas por el fondo, las cuales son llevadas a un tren de separación para obtener olefinas  $C_6, C_8, C_{10}, C_{12}, C_{14}, C_{16}, C_{18}$  y  $C_{20}$ ; y el corte  $C_{22}^+$  para las unidades de isomerización y desproporción.

#### Isomerización y desproporción

La corriente orgánica proveniente de la unidad de oligomerización es purificada con adsorbentes para eliminar cualquier traza de catalizador y luego es pasada al tren de isomerización, el cual consiste en tres reactores en serie (dos en operación y uno en carga). El catalizador empleado es en base a óxido de magnesio.

La corriente isomerizada es alimentada luego a la sección de desproporción, donde las moléculas de cadena corta y larga reaccionan para producir una mezcla compleja de cadenas lineales pares e impares. Se desea una fracción  $C_{11} - C_{15}$  que represente del 10 al 15% *p/p* del producto total. En la Figura 8 se muestra un ejemplo de este tipo de reacciones. Finalmente, luego de estas dos reacciones, se obtiene dos cortes, uno  $C_{11} - C_{12}$  y otro  $C_{13} - C_{14}$ .

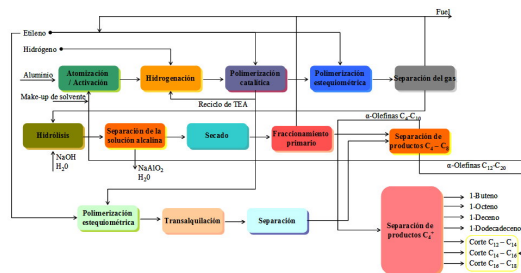


**Figura 8.** Reacción del tipo desproporción o metátesis de LAOs olefinas (Nexant, 2004)

#### INEOS

INEOS emplea un proceso modificado empleando una etapa catalítica y una estequiométrica, además de un reciclo de olefinas a la etapa de crecimiento, lo cual aumenta la producción de olefinas en el rango de carbono deseado, pero aumenta el grado de ramificación de las cadenas. Se emplea TEA como catalizador, el cual reacciona con tres grupos alquilo provenientes del etileno para comenzar el crecimiento de la cadena. Generalmente BP opera esta tecnología para obtener grandes cantidades de  $\alpha$ -olefinas  $C_4 - C_8$  (Nexant, 2004; Camara et al., 2013).

El catalizador de oligomerización es producido en dos etapas, en la primera se pone en contacto un slurry de aluminio con hidrógeno a altas presiones (12 bar) para obtener hidruro de dietilaluminio, que es luego puesto en contacto con etileno, en la segunda etapa para producir TEA (Shiraki et al., 1987; Lanier, 1974).. Este catalizador es empleado en dos reactores de oligomerización que operan en paralelo, en el primero ocurre la “etapa catalítica”; reacciones combinadas de crecimiento / desplazamiento que producen olefinas de bajo peso molecular. El segundo opera para favorecer reacciones de crecimiento de cadena y es la llamada “etapa estequiométrica” (Nexant, 2004; Camara et al., 2013). En la Figura 9 se muestra un esquema de bloques de la tecnología de INEOS.



**Figura 9.** Esquema general del proceso de producción de  $\alpha$ -olefinas de INEOS

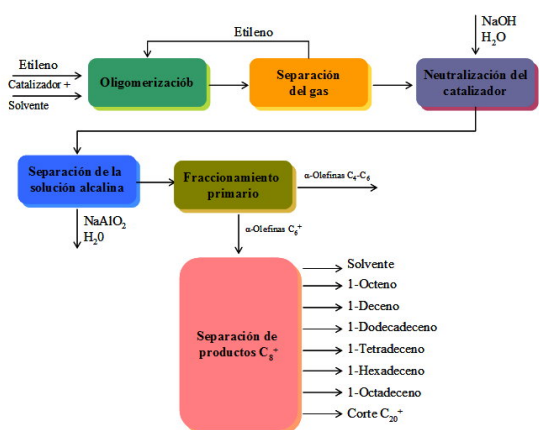
Este proceso emplea dodeceno como solvente del catalizador, y dado que es difícil separar el TEA de este compuesto orgánico por destilación, se emplea la transalquilación de olefinas  $C_4 - C_{10}$  en vez del desplazamiento de grupos alquilo como ruta para la regeneración del sitio activo.

Las  $\alpha$ -olefinas  $C_4 - C_8$  pueden ser purificadas o enviadas a la unidad de transalquilación para producir una mezcla en equilibrio de complejos de alquilaluminio  $C_4 - C_8$  y  $\alpha$ -olefinas  $C_4 - C_{14}$ . La fracción de olefinas libres es enviada a un tren de separación que consta de 10 columnas de destilación (Nexant, 2004; Nirula, 1990).

INEOS opera en dos etapas con un factor de oligomerización  $N$  de 3.5, lo cual genera gran selectividad hacia olefinas  $C_6 - C_{10}$ .

#### IDEMITSU

La tecnología Idemitsu emplean un catalizador de oligomerización basado en un complejo de  $ZrCl_4 / TEA /$  anilina con ciclohexano como solvente. La reacción se lleva a cabo a  $120C$  y 64 bar. A pesar de que la distribución de productos sigue un patrón geométrico similar a las tecnologías anteriores, con este sistema catalítico se obtiene alta actividad y baja formación de ceras. La culminación de la reacción se hace desactivando el catalizador con una solución alcalina de NaOH (Shiraki et al., 1987). En la Figura 10 se muestra un esquema de bloques de la tecnología de Idemitsu (Nexant, 2004; Nirula, 1990).

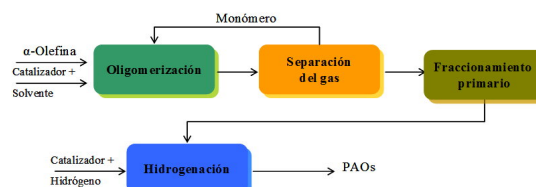


**Figura 10.** Esquema general del proceso de producción de  $\alpha$ -olefinas de Idemitsu

#### EXXON MOBIL

La tecnología de Exxon Mobil produce  $\alpha$ -olefinas

de calidad superior para ser empleadas como bases lubricantes, tienen alto índice de viscosidad, baja volatilidad y alta estabilidad térmica. El proceso contempla la obtención de olefinas  $C_6 - C_{20}$  empleando temperaturas de reacción entre  $110 - 180C$  y un catalizador de cromo soportado en silica. En la Figura 11 se muestra un esquema de bloques de la tecnología de Exxon Mobil (Exxon Mobil, 2014; Wu, 1988; Kuecheler et al., 2010).



**Figura 11.** Esquema general del proceso de producción de  $\alpha$ -olefinas de Exxon Mobil

#### Comparación técnico – económica de las tecnologías comerciales de producción de LAOs de rango completo.

En la tabla 1 se muestra una comparación técnica – económica de las tecnologías comerciales reportadas en esta investigación. Se observa que las tecnologías de Shell y BP tienen alta selectividad hacia la producción de PAOs, con un 12% y 19% de rendimientos respectivamente. En cuanto a los costos, resultó más rentable la de Chevron con una realización neta de  $720\$/T$ . No se encontraron datos para la comparación económica de la tecnología de Exxon Mobil.

### 1. Tecnologías emergentes de producción de LAOs de rango completo

Las principales tecnologías emergentes de producción de  $\alpha$ -olefinas de rango completo incluyen las desarrolladas por el IFP, UOP, LINDE y DUPONT. En la tabla 2 se muestra un resumen de estos procesos.

La empresa LINDE tiene una unidad de demostración en Al Jubail, y esperan comercializar la tecnología en Arabia Saudita en el mediano plazo. Según las estimaciones de costos para plantas con capacidad de 150 MTMA de etileno, la tecnología emergente más económica de instalar sería la de UOP, con un factor de 800 \$ por tonelada de etileno procesada.

Tecnología	Chevron	Shell	INEOS	Idemitsu	Exxon Mobil
Reactor	Tubular, careza de 2.5m de diámetro por 12m de altura, serpentín de 0.5 m de diámetro por 17600m de largo. 3 reactores en paralelo operando y uno de respaldo.	Oligomerización: tres tanques en serie con recirculación de líquido, isomerización y desproporción, lecho fijo en serie, dos unidades operando y una en regeneración	Polymerización catalítica: tubular, careza de 3m de diámetro, tubos de 80m de largo por 0.04m de ancho. 2 reactores en paralelo operando y uno de respaldo. Polymerización, estiquiométrica: tipo educador	Tipo CSTR	Tipo tubo y careza
Capacidad (MTMA)	136000	318000			
Condiciones de operación	T = 204 °C, P = 205 bar	Oligomerización: T = 90°C, P = 105 bar. Isomerización y desproporción: T = 105 - 120 °C, P = 14 bar	Polymerización catalítica: T = 130°C, P = 205 bar. Polymerización estiquiométrica: T = 290°C, P = 15 bar	T = 100 - 150 °C, P = 25 bar	T = 100 - 180 °C, P = 1 bar
Tipo de proceso	Una etapa, K = 0.7	Tres etapas, K = 0.75	Dois etapas	Una etapa	Una etapa
Sistema catalítico	5% TEA en un solvente de $\alpha$ -olefinas $C_{30}$	Oligomerización: complejo de Ni en 1,4-Bisimidol como solvente. Isomerización: aluminosilicato (ferrierita). Desproporción: Mo / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Complejo de TEA	Complejo de ZrCl <sub>4</sub> / compuesto organometálico de TEA / base Lewis en un solvente aromático	Complejo de Cr / SiO <sub>2</sub> en un solvente orgánico
Concentración de catalizador en el reactor (% p/p)					
Conversion por paso (%)	0.3	Oligomerización: 0.0125	-	-	-
Distribución de productos (% p/p)	C <sub>4</sub> : 13.9 C <sub>5</sub> : 14.7 C <sub>6</sub> : 13.7 C <sub>7</sub> : 12.3 C <sub>8</sub> : 10.2 C <sub>9</sub> : 8.5 C <sub>10</sub> : 6.8 C <sub>11</sub> : 8.3 C <sub>12</sub> : 7.1 C <sub>13</sub> : 2.4 C <sub>14</sub> : 12.5 C <sub>15</sub> : 5.1	Oligomerización: 80% Isomer / Diisoprop C <sub>4</sub> : 9.9 C <sub>5</sub> : 11.1 C <sub>6</sub> : 11.1 C <sub>7</sub> : 10.5 C <sub>8</sub> : 9.5 C <sub>9</sub> : 8.3 C <sub>10</sub> : 7.1 C <sub>11</sub> : 6.2 C <sub>12</sub> : 26.4	Polimerización catalítica: 40% C <sub>4</sub> : 11.3 C <sub>5</sub> : 13.9 C <sub>6</sub> : 21.7 C <sub>7</sub> : 19.0 C <sub>8</sub> : 13.6 C <sub>9</sub> : 8.4 C <sub>10</sub> : 4.4 C <sub>11</sub> : 2.1 C <sub>12</sub> : 0.8	C <sub>4</sub> : 14.9 C <sub>5</sub> : 15.4 C <sub>6</sub> : 14.1 C <sub>7</sub> : 41.3 C <sub>8</sub> : 14.3 C <sub>9</sub> : 16.4 C <sub>10</sub> : 11.3 C <sub>11</sub> : 7.9 C <sub>12</sub> : 6.7 C <sub>13</sub> : 4.5	C <sub>4</sub> : 4.8 C <sub>5</sub> : 7.9 C <sub>6</sub> : 20.5 C <sub>7</sub> : 19.9 C <sub>8</sub> : 16.4 C <sub>9</sub> : 11.3 C <sub>10</sub> : 6.7 C <sub>11</sub> : 4.5
Capacidad (MTMA)	135.0	180.0	318.0	60.0	-
OSR (MMS)	66.0	106.8	169.8	50.0	-
OSR (MMS)	30.4	57.1	67.5	20.0	-
Capital total de inversión (MMS)	97.0	163.9	237.2	87.6	-

**Tabla 1.** Comparación técnica-económica de las tecnologías comerciales de producción de LAOs.

## 2. Catalizadores empleados en la producción en LAOs de rango completo

La mayoría de los procesos comerciales de producción de LAOs de rango completo están basados en la catálisis homogénea; sin embargo, dese hace décadas se han introducido algunos concepto que emplean catalizadores heterogéneas.

En catálisis homogénea han sido introducidos diferentes metales, para producir complejos que favorecen la

Tecnología	AXENS ALPHA-SELECT®	UOP LINEAR - I®	SABIC / LINDE ALPHA - SABLIN®	DUPONT VERSIPOL®
Catalizador	Zr(OBu) <sub>4</sub> / Sesquicloruro de etilaluminio	NiCl <sub>2</sub> / NaBH <sub>4</sub>	Complejo Zirconio / Aluminio	Complejo Hierro / Cobalto
Solvente	Tetrahidrofurano / n-Heptano	-	-	1-Hexeno o Tolueno
Tipo de proceso	Una etapa	Una etapa	Una etapa	Una etapa
Factor de polimerización	K = 0.4 - 0.5	K = 0.55 - 0.67	K = 0.45 - 0.75	-
Operación del reactor	T = 100 - 150 °C P = 70 - 90 bar	T = 60 - 93°C P = 70 - 100 bar	T = 60 - 100 °C P = 20 - 30 bar	T = 180°C
Distribución de productos	55% C <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> 27% C <sub>8</sub> , C <sub>10</sub> 14% C <sub>12</sub> , C <sub>14</sub> 4% C <sub>16</sub> , C <sub>18</sub>	32% C <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> 28% C <sub>8</sub> , C <sub>10</sub> 18% C <sub>12</sub> , C <sub>14</sub> 12% C <sub>20</sub> , C <sub>24</sub>	13% C <sub>4</sub> , C <sub>6</sub> 27% C <sub>8</sub> , C <sub>10</sub> 25% C <sub>12</sub> , C <sub>14</sub> 17% C <sub>16</sub> , C <sub>18</sub> 18% C <sub>20</sub> , C <sub>28</sub>	C <sub>4</sub> - C <sub>30</sub> †
Conversion por paso	80 - 85 %	-	-	0.65
Capacidad (MTMA)*	150	150	150	-
Capital total de inversión (MMS)	132.4	118.9	126.1	-

**Tabla 2.** Resumen de las características principales de las tecnologías emergentes de producción de LAOs de rango completo (Nexant, 2004; Camara et al., 2013; Kuecheler et al., 2010; Fritz & Muschelnautz, 2002)

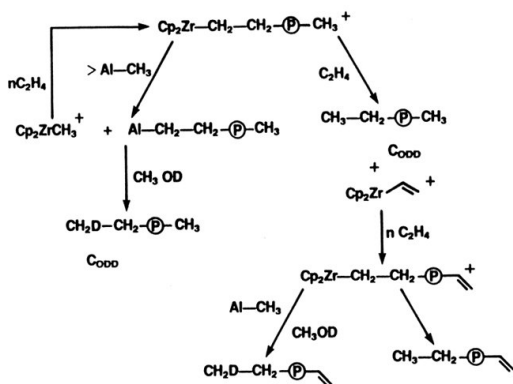
oligomerización del etileno. Por ejemplo, Mingxing et al., 2000, investigaron las propiedades catalíticas de una serie de cuatro complejos tipo diimina de hierro (II):

- (1) Fe(salphen) (*salphen* = N,N' - *o*fenilbis(salicildeniminato)).
- (2) Fe(salen) (*salen* = N,N' - *e*tilenbis(salicildeniminato))
- (3) FeCl<sub>2</sub> - (PhCH = *o*NC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>H = CHPh)((N,N' - *o* - *fen*ilenbisbenzal))
- (4) Fe - Cl<sub>2</sub> - (PhCH = NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N = CHPh)((N,N' - *o*etilenbisbenzal))

La reacción para la oligomerización del etileno se llevó a cabo usando la técnica estándar de Schlenk con atmósfera de nitrógeno empleando como cocatalizador, el etilaluminóxano (EAO). En el estudio se varió la temperatura de reacción (90-200 °C), la relación Al/Fe(50 – 400) y el tiempo de reacción. El EAO se obtuvo por la hidrólisis parcial de Et<sub>3</sub>Al en tolueno con Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> \* 18H<sub>2</sub>O. Los resultados arrojaron un incremento proporcional en la actividad de los cuatro catalizadores con el aumento de la temperatura de reacción; sin embargo la selectividad hacia olefinas C<sub>4</sub> – C<sub>10</sub> decrece, esto se atribuye a la estabilidad de los complejos de diimina de hierro. La actividad aumento entre una relación Al/Fe de 50 – 200, y disminuyó luego de 3 horas de reacción. Concluyeron que los tratamientos con complejos de hierro II con EAO en tolueno, generan sitios catalíticos activos in situ para la oligomerización del etileno que favorecen la producción de olefinas ligeras.

Brooke y col., 1998, observaron una actividad mayor al 98%, en catalizadores de Fe y Co que incorporan ligandos voluminosos de piridinabisimina 1-3: 1.  $[(2 - ArN = C(Me))_2 - C_5H_3N]FeCl_2$  ((Ar) = 2 -  $C_6H_4Me$ , 2. 2 -  $C_6H_4Et$ , 3. 2 -  $C_6H_4(i - Pr)$ ), tridentados en la oligomerización del etileno. Los sistemas fueron activados con metilaluminoxano (MAO) en solventes de hidrocarburos alifáticos o aromáticos. Observaron un aumento del rendimiento a  $\alpha$ -olefinas con el aumento de la temperatura principalmente, y un alto TOF que va desde 1 hasta 105 h<sup>-1</sup> a 25 °C y 1 atm y desde 1,8 hasta 108 h<sup>-1</sup> a 90 °C y 600 psi.

Siedle y col., 1998, estudiaron el mecanismo de oligomerización de etileno en catalizadores formados por Cp<sub>2</sub>ZrMe<sub>2</sub> y MAO en tolueno. Observaron que las cadenas de hidrocarburos impares eran más abundantes que las pares, con una relación C<sub>impar</sub> / C<sub>par</sub> de 2,6; de estas cadenas impares, el 96% representan hidrocarburos saturados lineales y de las pares, el 92% es mono-insaturado. En base a estos ensayos catalíticos, propusieron el mecanismo de reacción que se muestra en la Figura 12.



**Figura 12.** Mecanismo de reacción de la oligomerización de etileno con catalizadores homogéneos de Zr

En 2002, Carlini y col. evaluaron la reactividad por UV-VIS del complejo bis(salicilaldimina)Ni (II) con compuestos orgánicos de aluminio bajo atmósfera de etileno, eventualmente en presencia de un ligando de fosfina auxiliar. El comportamiento catalítico de los sistemas homogéneos preparados in situ a partir del complejo estudiado y diferentes co-catalizadores orgánicos de aluminio en la activación de etileno también se investigó. Los catalizadores mostraron buen desempeño con TOF hasta 105-107 h<sup>-1</sup>, orientados principalmente a la oligomerización en lugar de a la

polimerización de etileno.

Años más tarde, Champouret y col., 2006, estudiaron dos nuevas clases de ligandos binucleares: bis(amino piridil) benceno (L1) (neutro) y bis(amino piridil) fenolato (L2)- (monoaniónico), como potenciales soportes para complejos homobimetálicos, con diferentes metales; Fe (II), Co (II), Ni (II) y Zn (II), cuya coordinación química favorece la formación de complejos con centros metálicos próximos unos de otros. Los sistemas con Ni y Co, mostraron una significativa actividad en la oligomerización del etileno luego de la activación del metilaluminoxano (MAO); con el Co se obtuvo principalmente  $\alpha$ -olefinas, mientras que el Ni promueve estructuras ramificadas.

En sistemas heterogéneos se pueden obtener como productos de reacción los oligómeros deseados, además de una mezcla de olefinas, parafinas, cicloalcanos y aromáticos, y dicha distribución de productos está determinada tanto por las condiciones de reacción como por la naturaleza del catalizador. Quann y col., 1988, estudiaron la química de la oligomerización de olefinas sobre zeolitas tipo ZSM-5 a 200-300 °C y 30-100 bar, en un reactor tubular de lecho fijo; encontraron formación de productos de alto peso molecular incluyendo productos aromáticos y saturados a partir de la condensación de olefinas y de las reacciones por transferencia de hidruro.

Por otra parte, Yamamura y col., 1994, estudiaron la reacción de oligomerización del etileno a 400 °C y presión atmosférica, sobre una ZSM-5 de relación Si/Al 12, en un reactor de lecho fijo, obteniéndose un excelente rendimiento catalítico. En general, se ha encontrado que el incremento de la acidez en zeolitas como la ZSM-5 y la alta temperatura de reacción favorece la conversión; sin embargo, estas propiedades y condiciones reducen el tiempo de vida del catalizador debido a la formación de coque.

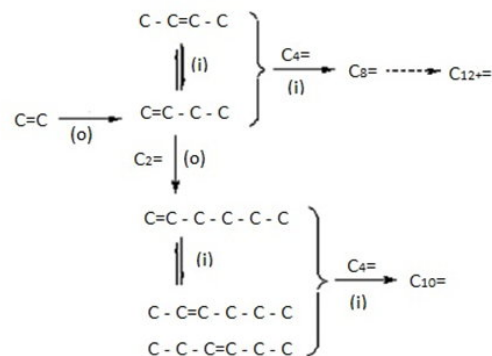
La naturaleza, estructura y composición de los productos adsorbidos a temperatura ambiente en la oligomerización del etileno sobre zeolitas ZSM-5 ácidas fue estudiado por Stepanov y col., 1998. Ellos combinaron las técnicas de Infrarrojo (IR) in-situ y Resonancia Magnética Molecular (RMN) C13 ex-situ, con la cromatografía de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS). Los autores obtuvieron una mezcla de oligómeros C<sub>5</sub> - C<sub>14</sub>, en donde los oligómeros adsorbidos se encontraban ligados a

los oxígenos estructurales formando alcoxy-especies, las cuales representaban el principal estado de adsorción de los oligómeros adsorbidos. La reactividad de los mismos estaba definida por la reactividad de los iones carbenio en el equilibrio.

El predominio de fragmentos de hidrocarburos lineales en la mezcla de los oligómeros formados parece estar definida por la estructura específica y las dimensiones de los canales de la zeolita. En este sentido, Ding y col., 2009, estudiaron la oligomerización del etileno sobre HZSM-5 a diferentes relaciones Si/Al (38 – 400), a 550 °C y 4 bar, en un reactor de lecho fijo. Ellos observaron elevada actividad para las zeolitas con alta densidad ácida, aunque un alto contenido de aluminio favorecen las reacciones secundarias.

Por otra parte, trabajos reportados por Klerk, 2005, muestran la evaluación de diferentes tipos de catalizadores en reactores de lecho fijo para la oligomerización de 1-hexeno. Los catalizadores preparados fueron MCM-41 y SiO<sub>2</sub>/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> amorfa, y fueron comparados con sólidos industriales como Mallinckrodt (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/ZrO<sub>2</sub>), UOP SPA No. 1 (ácido fosfórico en un catalizador Kieselguhr), H-ZSM-5, zeolita Y y zeolita Omega. Las pruebas catalíticas se llevaron a cabo entre 100 y 300 °C a presiones de 8 bar. Para las pruebas de 1-hexeno la desactivación para H-ZSM5 y la HY fue rápida, el SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/ZrO<sub>2</sub> presentó una mejor estabilidad, pero igualmente una rápida desactivación, el H-MCM-41 no fue reactivo. La adición del Cr en estos sólidos incremento la selectividad a fracciones de cadenas C<sub>30</sub>+. La desactivación fue debida al bloqueo de los poros por los productos de oligomerización. Los productos de oligomerización se encontraban en su mayoría en el rango de destilados medios y el único catalizador que presentó una buena selectividad hacia aceites lubricantes fue el Cr/H-MCM-41.

En general, las reacciones catalizadas por sólidos dan lugar a una serie de reacciones secundarias que deben ser controladas para aumentar la selectividad hacia el producto deseado. En la Figura 13 se muestra un esquema simplificado de las principales reacciones que tiene lugar en la oligomerización de etileno sobre sólidos ácidos (Klerk, 2005).

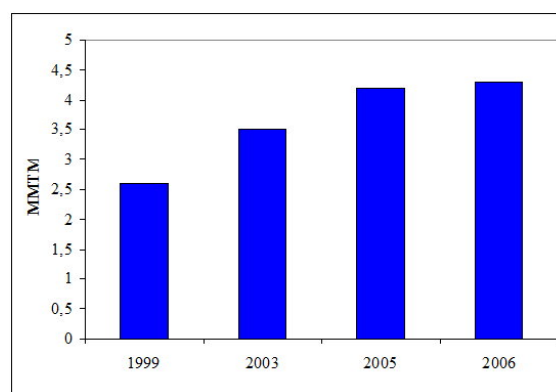


- o) oligomerización sobre sitios del metal (Ni);
- i) isomerización, condensación sobre sitios ácidos

**Figura 13.** Mecanismo de reacción de la oligomerización de etileno con catalizadores heterogéneos ácidos (Klerk, 2005).

### 3. Aspectos de mercado de las LAOs

El crecimiento en la producción de LAOs a nivel mundial ha venido aumentando en los últimos años, tal como puede observarse en la Figura 14. Para el período 2006 -2020 se estima que la demanda mundial de LAOs tenga un incremento promedio anual de 3,5 % (Camara et al., 2013). Las estimaciones de demanda y oferta por región para el período 2012 – 2018 se detallan en la tabla 3 (Camara et al., 2013).



**Figura 14.** Producción mundial de LAOs para el período 1999 – 2006

En el año 2012, la producción mundial de  $\alpha$ -olefinas lineales estuvo cerca de 3,5 MMTM, lo cual refleja un aprovechamiento de la capacidad instalada del 80 %. La región con mayor producción fue Norteamérica con el 50 %, seguida del Oriente Medio (19 %), Euro-

Región	Capacidad Anual (MTM)		Producción			Consumo Aparente (MTM)			Tasa de crecimiento del consumo aparente anual (%)
	2012	2018	2012 (MTM)	2012 (MTM)	2012 (MTM)	2012	2018	2012	
Norteamérica	1889	3434	1722	200	272	1650	2003	3.3	
Centro y Suramérica	-	-	-	68	-	68	100	6.6	
Europa Occidental	730	730	574	242	163	653	678	0.6	
Europa Central y Oriental	-	37	0	32	0	32	50	7.7	
Oriente Medio	951	1251	676	202	373	505	725	6.2	
África	594	594	397	5	255	347	355	0.9	
Asia	138	173	122	341	30	433	516	3.0	
China	50	50	40	45	9	76	100	4.7	
India	0	35	0	66	0	66	90	5.3	
Japón	88	88	82	16	21	77	67	-2.3	
República de Corea	0	0	0	52	0	52	57	1.5	
Singapur	0	0	0	50	0	50	65	4.5	
Taiwan	0	0	0	14	0	14	17	3.3	
Tailandia	0	0	0	98	0	98	120	3.4	
Oceanía	-	-	-	8	-	8	10	3.8	
<b>Total</b>	<b>4282</b>	<b>6199</b>	<b>3471</b>	<b>1098</b>	<b>1073</b>	<b>3496</b>	<b>4237</b>	<b>3.3</b>	

Los datos fueron tomados para la producción de las alfa-olefinas C4 en todas las regiones, excepto en Europa Occidental  
**Tabla 3.** Estimaciones de producción y consumo de LAOs por región para el período 2012-2018 (Camara et al., 2013).

pa Occidental (17%) y África (11%) (Nirula, 1990). En cuanto al consumo de LAOs para la producción de PAOs (C10-C12), las estimaciones para el período 2012 – 2018 reflejan un crecimiento de 25%, centrado principalmente en estas dos regiones, tal como se detalla en la tabla 4.

Región	Consumo de LAOs (MTM)	
	2012	2018
Norteamérica	225	298
Centro y Suramérica	-	-
Europa Occidental	219	246
Europa Central y Oriental	0	10
Oriente Medio	0	0
África	0	0
Japón	-	-
Resto de Asia*	-	-
Oceanía	-	-
<b>Total</b>	<b>444</b>	<b>554</b>

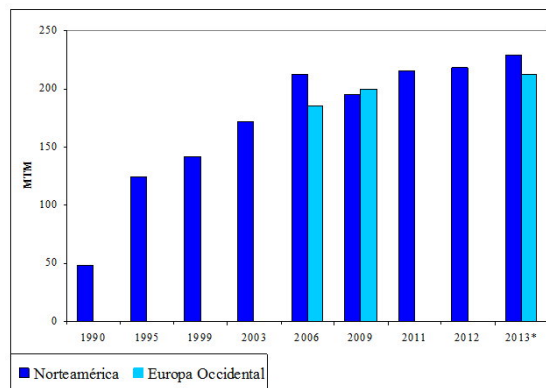
\* Incluye China, India, República de Corea, Singapur, Taiwan y Tailandia

**Tabla 4.** Estimaciones del consumo de LAOs para la producción de PAOs por región para el período 2012-2018 (Camara et al., 2013).

#### 4. Aspectos de mercado de las PAO's

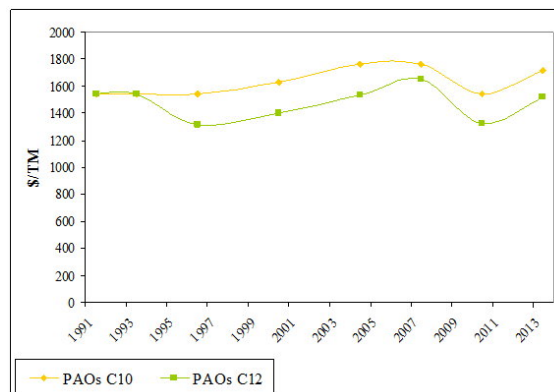
La producción de PAOs estuvo centrada principalmente en la región de Norteamérica, hasta el 2006 cuando entran en operación plantas en Europa Occidental. En la Figura 15 se muestra el histórico de producción desde el año 1990 hasta el 2012, con estimaciones para el año 2013 (Camara et al., 2013).

En la tabla 5 se resume la capacidad de producción de PAOs por empresa en Norteamérica y Europa Occidental. Se observa que las PAOs de alta viscosidad son fabricadas principalmente por ExxonMobil en Norteamérica, mientras que en Europa Occidental la



**Figura 15.** Producción de PAOs por región para el período 1990 – 2009

empresa líder es INEOS Oligomers; su uso principalmente es para producir bases lubricantes sintéticas. En cuanto a los precios, se han mantenido relativamente constantes desde los años 90. En la Figura 16 se observa el histórico en Norteamérica para el período 1991 – 2013.



**Figura 16.** Histórico de los precios de PAOs C<sub>10</sub> y C<sub>12</sub> en Norteamérica para el período 1991 – 2013

#### 5. Conclusiones

- Las tecnologías maduras de producción de LAOs de rango completo incluyen la de Chevron, Shell, Ineos, Idemitsu y Exxon Mobil; mientras que en las emergentes se encuentran la del IFP, UOP, Linde y DuPont.
- Los procesos comerciales de producción de LAOs emplean catálisis homogéneas. Han sido estudiados catalizadores heterogéneos en base a zeolitas pero no presentan buena selectividad.

Compañía	Ubicación de la planta	Capacidad Anual* (MTM)	Observaciones
<b>NORTEAMÉRICA</b>			
BP	Pasadena, Texas	15	PAOs de alta viscosidad
Dow Chemical	Elmira, Ontario, Canadá	15,8	PAOs de alta viscosidad
Chevron Phillips Chemical Company LP	Baytown, Texas	48	PAOs de baja viscosidad (C <sub>8</sub> - C <sub>12</sub> ). En el primer trimestre del 2011 la empresa introdujo la línea Synfluid® de alta viscosidad.
ExxonMobil Chemical Company	Baytown, Texas	50	PAOs de baja viscosidad (C <sub>8</sub> - C <sub>12</sub> ). En el 2011 comenzó la construcción de una planta de 50 MTM, se esperaba que estuviera lista para el 2013.
ExxonMobil Chemical Company	Beaumont, Texas	84,5	PAOs de baja y alta viscosidad
INEOS Americas, LLC	Deer Park, Texas	78	-
<b>Total Norteamérica</b>		<b>291,3</b>	
<b>EUROPA OCCIDENTAL</b>			
Dow Chemical	Asterdam, Holanda	10	PAOs de alta viscosidad
Chevron Phillips Chemical Company LP	Beringen, Belgica	60	PAOs de baja viscosidad
ExxonMobil Chemical Company	Gravenchon, Francia	60	PAOs de baja viscosidad
INEOS Oligomers	Feluy, Belgica	126	-
<b>Total Europa Occidental</b>		<b>256</b>	
<b>Total</b>		<b>547,3</b>	

\* Para mediados del 2013

**Tabla 5.** Empresas fabricantes de PAOs en Norteamérica y Europa Occidental (Camara et al., 2013).

- Los rendimientos del corte C<sub>8</sub> – C<sub>10</sub> usado para la producción de PAO en las tecnologías maduras está en el rango de 20 – 35 % p/p, siendo la más selectiva la de INEOS.
- La utilización de la capacidad instalada para la producción de PAO en el 2012 fue de 85 %.
- La demanda de PAO será impulsada por las restricciones en las normas de emisiones, que obligaran a usar lubricantes de mejor calidad.

## Bibliografía

Belov, G. & Matkovsky, P. E. (2010). Processes for the Production of Higher Linear  $\alpha$ -Olefins. *Petroleum Chemistry*. 50 (4): 283–289.

Brooke L. (1998). Iron-Based Catalysts with Exceptionally High Activities and Selectivities for Oligomerization of Ethylene to Linear  $\alpha$ -Olefins. *J. Am. Chem. Soc.* 120: 7143-7144

Camara, E. et al. (2013). *Chemical Economics Handbook: Linear alpha – Olefins*. IHS Chemical. Londres.

Carlini, C. et al. (2002). Ethylene oligomerization by novel catalysts based on

bis(salicylaldiminate)nickel(II) complexes and organoaluminum co-catalysts. *Applied Catalysis A: General*. 231: 307 – 320.

Champouret Y. et al. (2006). Spatially Confined M2 Centers (M = Fe, Co, Ni, Zn) on a Sterically Bulky Binucleating Support: Synthesis, Structures and Ethylene Oligomerization Studies. *Inorg. Chem.* 45(24): 9890-9900.

Ding, X. et al. (2009) Effect of acid density of HZSM-5 on the oligomerization of ethylene in FCC dry gas. *J. of Natural Gas Chem.* 18 (2): 156-160.

ExxonMobil. Group IV Basestocks. Disponible en: [http://utsrus.com/documents/seminary\\_doklady](http://utsrus.com/documents/seminary_doklady). Fecha de consulta: 30/07/2014.

Fernald, H. et al. (1970). Process for Converting Ethylene to Normal Alpha Olefins. US 3,721,719.

Flego, C. & Perego, C. (2005). Process for Obtaining a Diesel Cut Fuel by the Oligomerization of Olefins or their Mixtures. US Patent 6914165.

Fritz P. & Muschelnautz. (2002). ALPHA – SABLIN®: New Competitive Technology Report for Alpha Olefins Production. European Petrochemicals Technology Conference. Rumania.

Klerk, A. (2005). Oligomerization of 1-Hexene and 1-Octene over Solid Acid Catalyst. *Ind. & Eng. Chem. Res.* 44(11): 3887-3893.

Lallemand, M. et al. (2006). Catalytic oligomerization of ethylene over Ni-containing dealuminated Y zeolites. *Appl. Catal. A: General*. 301(2): 196-201.

Louret, S. et al. (2008). Process for Preparing a Gas Oil by Oligomerization. US 7,476,773.

Kuecheler, K. et al. (2010). Olefin Oligomerization US 7,678,953.

Lanier, C. (1974) Process for the production of olefins. US 3,789,081.

Lanier, C. (1975). Process for the production of olefins. US 3,906,053.

Mingxing, Q et al. (2000). Ethylene oligomerization by diimine iron\_II/ complexes EAO. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. 160 (2): 243 – 247.

Nexant (2004). PERP Report: Alpha Olefins (02-03-4). Chem System. Nueva York.

Nirula, S. (1990). PEP: Linear Alpha Olefins 12C. SRI Consulting. California.

Quann, R. (1988). Chemistry of olefin oligomerization over ZSM-5 catalyst. J. Ind. & Eng. Chem. 27(4): 565-570

Shiraki, Y. et al. (1987). A Process for Preparing Linear Alpha-Olefin. EP 0241596.

Siedle, A. et al. (1998). Mechanism of olefin polymerization by a soluble zirconium catalyst Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. 128 (1-3): 257-271.

Stepanov, A. et al. (1998). The Nature, Structure, and Composition of Adsorbed Hydrocarbon Products of Ambient Temperature Oligomerization of Ethylene on Acidic Zeolite H-ZSM-5. J. of Catal. 178 (2): 466-477.

Wu, M. (1988) Process for manufacturing olefinic oligomers having lubricating properties. US 4827073.

Yamamura, M. et al. (1994). Synthesis of ZSM-5 zeolite with small crystal size and its catalytic performance for ethylene oligomerization. Zeolites. 14(8): 643-649.



## VINAZA EN LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO MEDIANTE FERMENTACIÓN BACTERIANA

GLADIEL PADRÓN<sup>1</sup>, KATHERINE CAMPO<sup>2</sup>, MARÍA GARCÍA<sup>2</sup>, LUIS MEDINA<sup>3</sup>, OSCAR VALBUENA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias de la Salud

<sup>2</sup>Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas (CIMA), Facultad de Ciencias de la Salud

<sup>4</sup>Centro de Biotecnología Aplicada (CBA), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Tecnología. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela

\*Autor de correspondencia: ovalbuena@uc.edu.ve

### Resumen

La producción mundial de etanol, genera más de  $100 \times 10^6$  litros/día de vinaza, subproducto de la fabricación de bebidas alcohólicas y bioetanol. Su uso como fertilizante o descarga indiscriminada en suelos y aguas, contaminan y causan problemas en ecosistemas y ambientes naturales. Para minimizar esta situación, sería pertinente usar la vinaza en procesos generadores de sustancias de alto valor agregado y apetecibles industrialmente. Este trabajo reporta la producción de ácido láctico por *Enterococcus faecalis* ACTT 29212 aclimatada a crecer en vinaza, complementada con citrato sódico, NaCl,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  y  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , pH8,0, en agitación, a 25°C, y en anaerobiosis. El contenido inicial de azúcares totales (11,23 g/L), después de 120 h de incubación, descendió a 0,272 g/L (degradación de 97,6%), el ácido láctico incrementó de 0,986 a 5,73 g/L y la biomasa aumentó de  $89 \times 10^6$  a  $464 \times 10^6$  UFC/mL. La productividad fue 0,047 g/L×h y el rendimiento respecto al azúcar fue 52,3%. **Palabras Clave:** vinaza, caña de azúcar, ácido láctico, *Enterococcus faecalis*.

### Vinasse in the Production of Lactic Acid by Bacterial Fermentation

#### Abstract

The worldwide production of ethanol generates more than  $100 \times 10^6$  liters/day of vinasse, a byproduct from alcoholic beverage and ethanol industries. Its continuous use as fertilizer and discharges in soils and waters contaminates and causes problems in ecosystems and natural environments. To reduce this situation, vinasse should be used in processes yielding high valuable and industrially desirable products. In this research lactic acid production by *Enterococcus faecalis*. ACTT 29212 is reported. The bacteria were acclimated to grow in a medium containing vinasse, sodium citrate, NaCl,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  and  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , pH8.0, at 25°C, on shaking and anaerobiosis. The initial total sugar content (11.23 g/L) descended to 0.272 g/L (97.6% consumption), lactic acid increased from 0.986 to 5.73 g/L and biomass from  $89 \times 10^6$  to  $464 \times 10^6$  UFC/mL, in 120 h incubations. Lactic acid yielding was 0.047 g/Lxh and the efficiency of the fermentation on basis of sugar content was 52.3%.

**Keywords:** vinasse, sugarcane, lactic acid, *Enterococcus faecalis*.

## Introducción

El principal subproducto de las empresas destiladoras de etanol es la vinaza, efluente líquido proveniente usualmente de residuos agrícolas fermentados, presentando altas demandas química y biológica de oxígeno (DQO y DBO respectivamente), altas concentraciones de carbohidratos, nitrógeno, y fósforo, coloraciones oscuras, altos valores de sólidos disueltos y pH ácidos (Djuvic-Vukovic et al. 2013). Las elevadas cantidades producidas, estimadas en 10-13 litros de vinaza por litro de etanol hidratado obtenido (Djuvic-Vukovic et al. 2013; Damaso et al. 2014), alcanzó a nivel mundial en el año 2004 volúmenes de  $41,000 \times 10^6$  litros anuales (Sánchez y Cardona, 2005) y en Venezuela en el año 2000, en solo dos productoras de ron, se generaron  $1,7 \times 10^6$  litros (Gómez y Rodríguez, 2000). Estos elevados volúmenes de vinaza causan problemas de contaminación y ecológicos en ambientes naturales, al ser descargadas en ríos, lagunas y suelos sin un previo y adecuado tratamiento; además, su almacenamiento y tratamiento previo a su disposición definitiva son económicamente costosos (Djuvic-Vukovic et al. 2012). Algunos autores consideran que la utilización de residuos orgánicos, entre ellos la vinaza, contribuyen a la conservación de los recursos naturales al reciclar el carbono y elementos minerales en la biosfera, pudiendo mejorar los suelos de cultivo al sustituir el uso de fertilizantes químicos de potasio y fósforo (Mello-Prado et al. 2013; Gómez-Toro, 1996). Contrariamente, otros autores alertan que la descarga indiscriminada y continua de vinaza al medio ambiente altera la calidad del agua y suelos mediante la incorporación de sustancias recalcitrantes, aumento de la salinidad, inducción de toxicidad iónica y modificación de las propiedades químicas y fisicoquímicas de los ambientes naturales (Djuvic-Vukovic et al. 2012; Christofolletti et al. 2013; Vadival et al. 2014). Por lo tanto es pertinente establecer las características del suelo a ser tratado y la procedencia de la vinaza, pues su composición depende del tipo de suelo, características del fertilizante utilizado y de la fuente biológica y usar la vinaza en procesos tecnológicos que minimicen las descargas de este efluente líquido al medio ambiente. La vinaza se obtiene de diferentes especies vegetales, tales como caña de azúcar (Christofolletti et al. 2013), agave (Espinoza-Escalante et al. 2009), maíz, cebada, trigo, soya (Karp et al. 2011), yuca (Guna-

wan et al. 2015) y uvas (Salgado et al. 2011), entre otros materiales. Como reflejo de sus altos valores de DQO Y DBO, la vinaza contiene una amplia variedad de compuestos químicos carbonados, entre los más comunes se reportan ácido acético, ácido láctico, glicerol y carbohidratos (Vadival et al. 2014); esta propiedad ha sido aprovechada para su uso en la fabricación de compuestos y productos de mayor valor agregado, tales como ácido acético, fertilizantes, alimentos para animales (Djuvic-Vukovic et al. 2013), biogás (Espinoza-Escalante et al. 2009), ácido láctico (Ghaffar et al. 2014). Este último ha sido obtenido de una gama de sub productos agroindustriales, entre ellos melasas (Wang et al. 2015; Dumbrepatil et al. 2008; Wee et al. 2004; Nandesana y Kumar, 2008), vinazas de vino (Salgado et al. 2011), caña de azúcar (Djuvic-Vukovic et al. 2013; Djuvic-Vukovic et al. 2012, Djuvic-Vukovic et al. 20013a; Christofolletti et al. 2013) y soya (Karp et al. 2011) o de azúcares purificados, lactosa (Dumbrepatil et al. 2008), glucosa (Lee et al. 2014; Subramanian et al. 2015), entre otras fuentes carbonadas, mediante el uso de cepas bacterianas. Bajo estas circunstancias es posible obtener ácido láctico ópticamente puro, es decir el isómero D o el L, de acuerdo a la cepa bacteriana utilizada, constituyendo esta situación una de las ventajas del método microbiológico sobre la síntesis química del ácido láctico, en la cual usualmente se produce una mezcla racémica de ambos estereoisómeros (Dumbrepatil et al. 2008; Subramanian et al. 2014; Ghaffar et al. 2014; Meng et al. 2012). Adicionalmente, el costo de la vinaza es muy bajo en comparación a los de los materiales usados en la síntesis química del ácido (Dumbrepatil et al. 2008), lo cual constituye un atractivo económico y finalmente, la síntesis química presenta mayores y más complejos problemas de contaminación para el medio ambiente (Nandasana y Kumar, 2008). El uso de ácido láctico como materia prima para la elaboración de productos químicos abarca un amplio espectro industrial (Castillo-Martínez et al. 2013), incluyendo preservadores de alimentos, acidulantes, productos farmacéuticos y textiles, emulsificantes, síntesis de ésteres, polietilenglicol, ácido acrílico, óxido de propileno y ácido poliláctico, fabricación de prótesis y suturas quirúrgicas (Djuvic-Vukovic et al. 2013a; Karp et al. 2011; Dumbrepatil et al. 2008) y ha sustituido a la empresa petroquímica en la síntesis de plásticos (Gunawan et al. 2015). Consecuentemente, debido a la muy escasa información

publicada sobre la producción de ácido láctico a base de vinaza (Djuvic-Vukovic et al. 2012) e intentando utilizar un subproducto agrícola abundante, de fácil adquisición y bajo costo, como es la vinaza, en este trabajo se describe un método microbiológico para la producción de ácido láctico, usando el efluente como substrato fermentable y una cepa de *Enterococcus faecalis* ATCC29212. Adicionalmente, el uso de tal efluente líquido tendería al menos a minimizar los efectos negativos de su descarga definitiva al medio ambiente y el producto obtenido, ácido láctico, podría constituir la materia prima para múltiples actividades industriales en el ámbito nacional.

## Materiales y Métodos

### 1.1 Material Biológico

1.1.1-Vinaza: obtenida de una empresa productora de etanol a partir de caña de azúcar, ubicada en San Felipe, estado Yaracuy, Venezuela.

1.1.2-Cepa bacteriana: *Enterococcus faecalis*, cepa ACTT29212, suministrada por el Departamento de Microbiología, Escuela de Bioanálisis, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

### 1.2-Medios de cultivo.

Caldo nutritivo No.105443 (CN) y agar nutritivo No.105450 (AN) fueron adquiridos de Merck; medios de activación (MA), complementados con vinaza (MV) y de fermentación (MF) fueron preparados en el laboratorio, esterilizándose a 121 °C, 15 psi durante 15 min. Su composición y uso se especificará posteriormente.

### 1.3-Cultivos bacterianos.

Asadas de un cultivo de *E. faecalis*, mantenidos en agar semisólido, se transfirieron a CN, incubándose a 37 °C durante 24-48 h, hasta el desarrollo de turbidez. Seguidamente, el cultivo fue sometido a una etapa de activación y otra de aclimatación a la vinaza, previo a su uso en el proceso fermentativo. En la etapa de activación alícuotas de 1 ml de cultivo en CN se adicionaron a 200 mL de MA (8 g/L de CN, 1 g/L de citrato de sodio, 5 g/L de NaCl, 5 g/L de  $(NH_4)_2SO_4$  y 2,5 g/L de  $Na_2HPO_4$ , pH 7,0), incubándose a 37 °C durante 48 h. Para la etapa de aclimatación se prepa-

raron tres diferentes medios MV, medio 50MV (400 mL de vinaza + 400 mL de MA), medio 70MV (560 mL de vinaza + 240 mL de MA) y medio 100MV (800 mL de vinaza), los cuales se esterizaron según lo señalado anteriormente. El protocolo de aclimatación consistió en inocular 800 mL de 50MV con 5 mL del cultivo en MA, luego de 24 h de incubación 5 mL del cultivo en 50MV se transfirieron a 800 mL de 70MV, incubándose durante otras 24 h y finalmente, 5 mL del cultivo 70MV se adicionaron a 800 mL de 100MV y se incubó por 24 h. Todas las incubaciones se efectuaron a 37 °C y la variación de pH, fue usada como indicador de la viabilidad y actividad metabólica de la cepa bacteriana. La población bacteriana obtenida del cultivo en 100MV fue utilizada en experimentos en los cuales se evaluó el comportamiento bacteriano en largos periodos de incubación en presencia de vinaza; estas experiencias se efectuaron a 25 °C y al inicio y 96 h de incubación el pH se ajustó a 8,0 (Castillo-Martinez et al. 2013) con hidróxido de sodio 20% p/v, la incubación se efectuó durante ocho días. Diariamente se determinó el pH con un equipo digital Corning, modelo 240, y se estableció la variación de pH.

### 1.4-Optimización del cultivo bacteriano en medios con vinaza.

Para maximizar la actividad microbiana se procedió a analizar el comportamiento bacteriano al variar el pH, la concentración de sales del medio y la temperatura, en incubaciones de 24 h, aplicando un diseño experimental factorial  $2^3$ . A tal efecto el pH del medio se ajustó a 7,0 y 8,0; la temperatura a 25 °C y 37 °C y la concentración salina baja 1X (citrato de sodio 0,5 g/L, NaCl 2,5 g/L,  $(NH_4)_2SO_4$  1,25 g/L y  $Na_2HPO_4$  2,5 g/L) y alta 3X (citrato de sodio 1,5 g/L, NaCl 7,5 g/L,  $(NH_4)_2SO_4$  3,75 g/L y  $Na_2HPO_4$  7,5 g/L). El diseño factorial incluyó tres evaluaciones independientes (replicas), cada una con ocho tratamientos diferentes, con un total de 24 incubaciones. Las combinaciones evaluadas se especifican en la tabla 3. De nuevo la variación de pH se asignó a crecimiento y actividad metabólica bacteriana. El análisis de los datos obtenidos (variación del pH,  $\Delta pH$ ) se efectuó mediante el programa estadístico Minitab 16.

### 1.5-Proceso fermentativo en un fermentador anaeróbico.

Una vez establecidas las condiciones de máxima ac-

tividad bacteriana se procedió a efectuar la fermentación de la vinaza en un fermentador anaeróbico de ocho litros de capacidad y 6-7 litros de volumen útil de trabajo. El medio de cultivo conteniendo 6 L de vinaza, 3 g de citrato de sodio, 15 g de cloruro de sodio, 15 g de sulfato de amonio y 7,5 g de fosfato disódico, pH 8,0, fue esterilizado a 121 °C, 15 psi durante 15 min y se adicionó 600 mL de cultivo de *E. faecalis* en 100MV, bajo condiciones de anaerobiosis, 25 °C y agitación constante (300 rpm). El sistema se monitoreo por cinco días; diariamente el pH se ajustó a 8,0 por agregado de hidróxido de sodio 20 % m/v y se retiraron alícuotas de 200 mL para determinar biomasa (UFC/mL), azúcares totales y ácido láctico. El ácido láctico producido se purificó mediante tratamiento con  $Ca(OH)_2$  y  $H_2SO_4$  (Nuñez et al. 2009).

#### 1.6-Métodos analíticos.

Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos de la vinaza se emplearon los siguientes métodos: demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno ( $DBO_{5,20C}$ ) y sólidos totales, métodos 5220D, 5210B y 2540B respectivamente (Clescery et al 1998) y nitrógeno total según la norma 1195-80 (24-COVENIN). Los azúcares totales se determinaron por el método de antrona (Rendina, 1974), midiendo la absorbancia a 640nm, la curva de calibración obtenida, ( $Y = 0,022 + 0,01825 X$ ,  $r = 0,9965$ ), calculada por regresión lineal, se estableció entre 4 y 40  $\mu g$  de glucosa y se ensayó 1 mL de una dilución 1:1000 del líquido a analizar. El ácido láctico se purificó mediante la alcalinización con  $Ca(OH)_2$  y posterior acidificación con  $H_2SO_4$  (Meng et al. 2012; Nuñez et al. 2009). El contenido de ácido láctico se estableció por adición  $FeCl_3$  1 % m/v a 5 mL de una dilución 1:1000 de los líquidos a ser analizados y determinación de la absorbancia a 440 nm (Nuñez et al. 2009). La curva de calibración, calculada por regresión lineal ( $Y = -0,0145 + 0,00452 x$ ,  $r = 0,9978$ ) incluyó cantidades de ácido láctico de 6 a 60  $\mu g$ . El número de colonias por mL (UFC/mL) se obtuvo al sembrar diluciones seriadas del medio de cultivo en placas de AN y posterior incubación a 37 °C durante 24-48 h.

## Resultados y Discusión

Las características fisicoquímicas de la vinaza se detallan en la tabla 1, estableciéndose adicionalmente los valores máximos permisibles de acuerdo al decreto 883, artículos 10, 12 y 15 y decreto 2635, artículos 49 y 50 de la Republica Bolivariana de Venezuela (Gacetas Oficiales 5021 y 5243).

Todos los parámetros determinados superaron los valores permisibles, indicando que este tipo de efluente no debería ser descargado al medio ambiente (cuerpos de agua incluyendo aguas cloacales y suelos), y que tratamientos previos antes de su disposición definitiva deberían ser ejecutados. La alta DQO (67.000  $mgO_2/L$ ), indica elevados niveles de moléculas carbonadas, las cuales al oxidarse abióticamente reducen la concentración de oxígeno disuelto en agua, afectando negativamente la fauna acuática (peces e invertebrados) produciendo su muerte. Alta  $DBO_{5,20C}$  (21.749  $mgO_2/L$ ) implica presencia de moléculas carbonadas resistentes a la biodegradación y que permanecen en los ambientes naturales por tiempos relativamente largos, ejerciendo efectos tóxicos sobre la biota presente en los ambientes implicados. Elevadas cantidades de sólidos totales (0,0567 g/mL) interfieren con el paso de luz a capas profundas de los cuerpos de agua, interfiriendo con la fotosíntesis efectuada por organismos autótrofos y disminuyendo la concentración de oxígeno disuelto en el agua, estableciéndose condiciones anóxicas no deseables para la biota que habita en tales ambientes. Niveles altos de nitrógeno (0,29 g/L) podrían eutroficar los cuerpos de agua, produciéndose cantidades excesivas de plantas acuáticas que interfieren con el paso de luz y por ende con la fotosíntesis y adicionalmente incrementan la DQO. El pH ácido (Djuvic-Vucovic et al. 2013; Djuvic-Vukovic et al. 2013a) ejerce efectos tóxicos particularmente sobre los microorganismos acuáticos. No obstante, el relativo alto valor de la DQO y el contenido de azúcares totales determinados (14,68 g/L) podría justificar el uso de la vinaza para obtener productos carbonados de alto valor agregado, tales como el ácido láctico, y consecuentemente usar un subproducto industrial abundante, que por sus características y cantidades producidas tiende a contaminar el medio ambiente (Djuvic-Vukovic et al. 2012; Christoletti et al. 2013; Vadival et al. 2014).

Luego de obtener crecimiento de la cepa de *E. fae-*

**Tabla 1.** Caracterización físico química de la vinaza.

Parámetros	Valor experimental	Valor permisible
DQO ( mgO <sub>2</sub> /L)	67.000	350
DBO <sub>5,20C</sub> ( mgO <sub>2</sub> /L)	21.749	60
Sólidos totales (g/L)	56,72	0,16
Nitrógeno total (g/L)	0,29	0,04
Azúcares totales (g/L)	14,68	No Aplica
Acidez (pH)	4,30	6,0-9,0

calis en CN, indicado por desarrollo de turbidez, se procedió a activar la cepa en MA, al determinar la variación del pH del medio, de 7,0 bajó a 5,8. En la etapa de aclimatación el pH de los medios MV se ajustó a 8,0; la actividad bacteriana en estos medios se manifestó por cambios de pH, hacia el lado ácido, en los dos periodos de cuatro días de incubación. El cambio en el pH se observó en los tres tipos de medios MV utilizados, pero solamente se reportan los datos correspondientes al sistema con 100MV (tabla 2).

**Tabla 2.** Variación de pH ( $\Delta$ pH) en medio suplementado con vinaza por *E. faecalis*

	Tiempo de cultivo (días)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$\Delta$ pH *diario	2,1	0,2	0,1	0	1,9	0,2	0,2	0
$\Delta$ pH total a 4 y 8 días de incubación				2,4				2,3
*pH inicial y final del medio 8,0 y 5,6 respectivamente								

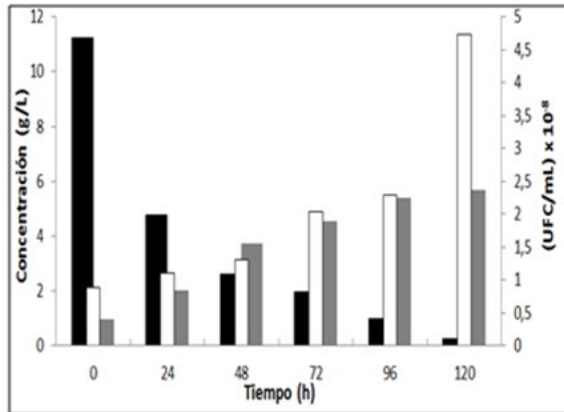
La variación de pH se observó a los tiempos iniciales de incubación (1-3 y 5-7 días) deteniéndose la variación al cuarto día de cultivo (días 4 y 8), lo cual podría indicar el consumo total del azúcar del medio por las bacterias o la inhibición del proceso fermentativo por altos niveles de ácido láctico y valores de pH cercanos a 5 (Djuvic-Vukovic et al. 2013; Djuvic-Vukovic et al. 2012; Wang et al. 2015; Wee et al. 2004; Nandana et al. 2008; Castillo-Martinez et al. 2013; Meng et al. 2012). La variación de pH fue de 2,4 y 2,3 unidades de pH para el primer y segundo periodo de incubación respectivamente, observándose la mayor variación al primer y quinto días de incubación (2,1 y 1,9 unidades de pH respectivamente), el pH final del cultivo fue de 5,6. Luego de demostrar el crecimiento de *E. faecalis* a pH 8,0 y por periodos de tiempo relativamente largos (8días), se procedió a establecer las condiciones de cultivo, para maximizar su crecimiento, mediante un diseño experimental factorial 2<sup>3</sup>, evaluando la temperatura de incubación, el pH del medio de cultivo y la concentración salina; de nuevo

la variación de pH fue el parámetro respuesta tomado como índice de actividad fermentativa y crecimiento bacteriano. Los resultados de tales experiencias se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3.** Variación de pH ( $\Delta$ pH) en el diseño factorial experimental 2<sup>3</sup> mediada por *E. faecalis*.

Sistema	Temperatura (°C)	pH inicial	Sales	pH final	$\Delta$ pH* (DE)**
1	25	7,0	Baja	5,76	(± 0,21)
2	37	7,0	Baja	5,83	1,17(± =,15)
3	25	8,0	Baja	5,93	2,07(±0,25)
4	37	8,0	Baja	6,00	2,00(±0,26)
5	25	7,0	Alta	5,66	1,34(±0,15)
6	37	7,0	Alta	5,70	1,30(±0,10)
7	25	8,0	Alta	6,03	1,97(±0,21)
8	37	8,0	Alta	5,93	2,07(±0,21)

A pH 7,0 la variación de pH en los sistemas 1, 2, 5 y 6 se ubicó entre 1,24 y 1,34 unidades de pH con un valor promedio de 1,26. A pH 8 la respuesta fue mayor, en los sistemas 3, 4, 7 y 8, la variación de pH varió entre 1,97 y 2,07, con un valor promedio de 2,02 unidades de pH, lo cual prácticamente duplicó el valor obtenido a pH 7,0. El análisis estadístico ANOVA para estas experiencias indicó que el pH inicial posee influencia significativa ( $\alpha < 0,05$ ) sobre las variaciones de pH en los sistemas; por el contrario los parámetros temperatura y concentración de sales no presentaron influencias significativas ( $\alpha > 0,05$ ) sobre la respuesta ( $\Delta$ pH). Consecuentemente el pH inicial del cultivo es el factor preponderante en la actividad fermentativa mediada por la bacteria bajo las condiciones experimentales utilizadas; resultados similares han sido reportados al usar Aloe vera para la producción de ácido láctico (Gómez-Gómez et al. 2015). Establecidas estas condiciones se efectuó el proceso fermentativo tal como se indica en Materiales y Métodos (sección 2.5). Es importante señalar que muchos de los procedimientos que utilizan vinaza o melaza como materia prima para obtener ácido láctico complementan los medios de cultivo con extracto de lavadura (Djuvic-Vukovic et al. 2012; Wee et al. 2004; Lee et al. 2014; Cocks et al. 2013); al respecto se ha determinado que entre el 30 y 68% de los gastos asociados al cultivo del microorganismo son imputables al extracto de levadura (Djuvic-Vukovic et al. 2012; Ghaffar et al. 2014; Cocks et al. 2013; Salgado et al. 2011), lo cual aumenta los gastos de producción de ácido láctico. En este trabajo no se utilizó tal extracto, como lo reportan otros autores (Djuvic-Vukovic et al. 2012; Dumbrepatil et al. 2008). Los resultados se presentan en figura 1.



**Figura 1.** Variación de la biomasa (cuadros blancos), azúcares (cuadros negros) y ácido láctico (cuadros grises) durante la fermentación de vinaza respecto al tiempo de incubación.

La biomasa incrementó de  $89 \times 10^6$  UFC/mL hasta  $464 \times 10^6$  UFC/mL; no fue aparente la fase de latencia y el crecimiento fue progresivo alcanzando el valor máximo a las 120 h de incubación; resultados similares han sido reportados por otros autores (Djuvic-Vukovic et al. 2012). La concentración de azúcar disminuyó desde 11,23 g/L hasta 0,272 g/L y la concentración de ácido láctico incrementó de 0,986 g/L a 5,73 g/L en el mismo periodo de incubación. La permanencia de pequeñas cantidades de azúcar luego de largos periodos de incubación ha sido reportada por otros laboratorios pudiendo ascender hasta 5-6 g/L (Djuvic-Vukovic et al. 2012). De acuerdo a los datos obtenidos el consumo de azúcar alcanzó niveles del 97,6% y el incremento de ácido láctico fue de 5,8 (5,73/0,986) veces mayor luego de la incubación, obteniéndose 4,814 g/L de ácido durante el tiempo de incubación, y el rendimiento de la conversión de azúcar a ácido láctico fue 52,3% [ $5,73 \times 100 / (11,23 - 0,272)$ ]. En el reactor, conteniendo 6,6 L de medio fermentativo, se consumieron 72,32 g de azúcar [ $(11,23 - 0,272) \times 6,6$ ], se obtuvieron 37,81 g de ácido láctico ( $5,73 \times 6,6$ ) y la productividad se calculó en 0,047 g/Lxh ( $5,73/120$ ). Bajo estas circunstancias en un reactor de 1000 L, se podrían producir 5,73 Kg de ácido láctico y consumir 10,96 Kg de azúcares totales. La concentración de ácido láctico (g/L), productividad (g/Lxh) y rendimiento respecto a contenido de azúcares totales ( $100 \times \text{g/g}$ ), son bajos al compararlos con lo reportado por otros laboratorios cuyos valores oscilaron entre 42-182 g/L, 0,90-5,0

g/Lxh y 56-98 %g/g, respectivamente. Sin embargo los resultados no son comparables debido a que en todos los estudios aludidos (Djuvic-Vukovic et al. 2013; Djuvic-Vukovic et al. 2012; Djuvic-Vukovic et al. 2013a; Subramanian et al. 2015; Ghaffar et al. 2015; Salgado et al. 2011), el medio de cultivo conteniendo vinaza, con una concentración de azúcares reductores de 12 g/L (Djuvic-Vukovic et al. 2013; Djuvic-Vukovic et al. 2012), fue complementado con altas concentraciones de glucosa, 55-169 g/L, adicionada como sólido o en soluciones al 70% m/v (Djuvic-Vukovic et al. 2013a) y en algunos casos se incluyó extracto de levadura. Esta situación podría indicar que la producción de ácido láctico en estos medios proviene en gran proporción del azúcar exógeno suministrado al medio y no de lo contenido en la vinaza. En este estudio, el medio estuvo constituido por vinaza pura (100MV), al cual se adicionó 0,60 g/L de citrato de sodio, sin adiciones de glucosa ni de otra fuente carbonada. El bajo rendimiento general podría ser justificado por la baja concentración de azúcares presentes en la vinaza, debido a que la bacteria debe consumir parte de la fuente carbonada disponible para satisfacer sus necesidades metabólicas y reproductivas y el remanente sería entonces utilizado para la producción de metabolitos secundarios, es decir, ácido láctico. Los resultados reportados se obtuvieron solo después de aclimatar la cepa de *E. faecalis* por un mínimo de 11 días en medios conteniendo cantidades crecientes de vinaza. El objetivo fue utilizar la mayor cantidad de vinaza y producir un compuesto de elevado valor agregado. Finalmente el incremento en biomasa podría justificar el uso de la vinaza fermentada como un aditivo con alto nivel de proteínas destinado a la preparación de alimentos para animales (Djuvic-Vukovic et al. 2012; Djuvic-Vukovic et al. 2013a). Como dato adicional, un estimado de los costos asociados en la adquisición de medios de cultivo, sales, hidróxidos y reactivos para determinar glucosa y ácido láctico en este estudio, no superaron los Bs. 160; el costo de 1 gramo de ácido láctico (90% de pureza), de acuerdo a cotizaciones de empresas internacionales dedicadas a la comercialización de productos químicos es de US\$ 34.

### Conclusiones

*Enterococcus faecalis*, usando vinaza como fuente de carbono, consumió 97,6% de los azúcares totales iniciales, equivalente a 72,32 g, en un reactor de 6-7 litros de capacidad útil de trabajo, produciendo 37,81 g de ácido láctico en una incubación de 120 h, a 25 °C, pH 8,0 y en anaerobiosis. El proceso fermentativo fue altamente dependiente del pH inicial del medio de cultivo.

### Agradecimientos

Reconocemos la valiosa colaboración en la preparación del manuscrito de MSc Luís Amaíz, Ing Pedro Lugo y TSU Darío Valbuena.

### Bibliografía

Castillo-Martínez, F.A.; E.M. Balcinas; J.M. Salgado; J.M. Dominguez-González; A. Converti; R.P. Sousa-Oliveira. (2013). Lactic acid properties, applications and production: A review. *Trends Food Sci Tech* 30(2013):70-83.

Christofolletti, C.A.; J.P. Escher; J.E. Correia; J.F. Marinho; C.S. Fontanetti, (2013). Sugarcane vinasse: environmental implications of its use. *Wast Manag* 33(12):2752-2761.

Clesceri, L.S.; A.E. Greenberg; A.D. Eaton. Editors. (1978). Standard methods for examination of water and wastewater. 20th edition. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF). Washington DC, USA. pp. (5-17)-(5-18); (5-3)-(5-7), 257-258.

Cocks, L.S.; C.A. Rengifo-Guerrero; M.A. Rojas-Restrepo. (2013). The use of earth worm flour for lactic acid biomass product. *Afric J Biotechnol* 12(40):5962-5967.

COVENIN. Republica de Venezuela, Ministerio de Fomento. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Alimentos. Norma 1195-80. Determinación de nitrógeno. Método Kjeldhal.

Damaso, MCT; Machado, CMM; de Sousa-Rodrigues, D; Belem, SG; Chan-Salum, TF. (2014). Bioprocesses for biofuels: an overview of the Brazilian case. *Chem Biol Technol Agric* 1(1):1-8.

Djukic-Vukovic A.P.; L.V. Mojovic; S. Nikolic; J. Pejin; Y. Skocic-Tanackoy; K. Mihajlovski. (2013). Distillery stillage as a new substrate for lactic acid production in batch and fed-batch fermentation. *Chem Eng Trans* 34:97-102.

Djukic-Vukovic, A.P.; L.V. Mojovic; M.S. Vukasonomic-Sekulic; N.B. Rakin; S.B. Nikolic; J.D. Pejin; M.L. Bulatovic. (2012). Effect of different fermentation parameters on L lactic acid production from liquid distillery stillage. *Food Chem* 134(2):1038-1043.

Djukic-Vukovic, A.P.; L.V. Mojovic; B.M. Jokic; S.B. Nikolic; J.D. Pejin. (2013a). Lactic acid production on liquid stillage by *Lactobacillus rhamnosus* immobilized onto zeolite. *Bioresource Technol* 135:454-458.

Dumbrepatil, A; Adsul, M; Chaudhary, S; Khire, J; Gokhale, D. (2008). Utilization of molasses sugar for lactic acid production by *Lactobacillus delbrueckii* sub sp *delbrueckii* mutant Uc-3 in batch fermentation. *Appl Environ Microbiol* 74(1):333-355.

Espinoza-Escalante, FM; Pelayo-Ortiz, C; Navarro-Corona, J; González-García, Y; Bories, A; Gutiérrez-Pulido, H. (2009). Anaerobic digestion of vinasses from the fermentation of Agave tequilana Weber to tequila: the effect of pH, temperature and hydraulic retention time on the production of hydrogen and methane. *Biomass Bioenerg* 33(1):14-20.

Gacetas Oficiales. República de Venezuela. No. 5021 de fecha 18-12-1995, decreto 883, artículos 10, 12 y 15 y No. 5243 de fecha 3-10-1998, decreto 2635, artículos 40 y 50.

Ghaffar, T; Irshad, M; Anwar, Z; Aqil, T; Zulifqar, Z; Tariq, A; Kamran, M; Ehsan, N; Mehmood, S. (2014). Recent trends in lactic acid biotechnology: A brief review on production to purification. *Sciences* 7(2):222-229.

Gómez-Gómez, JA; Giraldo-Estrada, C; Habeych, D; Baena, S. (2015). Evaluation of biological production

- of lactic acid in a synthetic médium and in Aloe vera (L.) Burm. F. processing by-products. *Univ Sci* 20(3):369-385.
- Gómez, J; Rodríguez, O. (2000). Effects of vinasse on sugarcane (*Saccharum officinarum*) productivity. *Rev Fac Agron (LUZ)* 17:318-326.
- Gómez-Toro, JM. (1996). Efecto de aplicación de la vinaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. *Caña de Azúcar* 14(1):15-34.
- Gunawan, S; Widjaja, T; Zullaikah, S; Ernawati, L; Istianah, N; (2015). Effect of fermenting cassava with *Lactobacillus plantarum*, *Sacharomyces cerevisiae* and *Rhizopus oryzae* on the chemical composition of their flour. *Int. Food Res J* 22(3):1280-1287.
- Karp, SG; Igashiyama, AH; Siqueira, PF; Carvalho, JC; Vandenberghe, LPS; Thomaz-Soccol, V; Coral, J; Tholozan, JL; Pandey, A; Soccol, CR. (2011). Application of the biorefinery concept to produce L lactic acid from the soybean vinasse at laboratory and pilot scale. *Bioresource Technol* 102(2):1765-1772.
- Lee, RK; Dyu, HW; Oh, H; Kim, M; Wee, YJ. (2014). Cell recycle continous fermentation of *Enterococcus faecalis* RKY1 for economical production of lactic acid by reduction of yeast extract supplementation. *J Microbiol Biotechnol* 24(5):661-666.
- Mello-Prado, R; Caione, G; Silva-Campos, CN. (2013). Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture. *Appl Environ Soil Sci* 2013 Article ID 581984, 8 pages.
- Meng, Y; Xue, Y; Yu, B; Gao, C; Ma, Y. (2012). Efficient production of Lactic acid with high optical purity by alkalophilic *Bacillus* sp WL-S20. *Biore-source Technol* 116:334-339.
- Nandasana, AD; Kumar, S. (2008). Kinetic modeling of lactic acid production from molasses using *Enterococcus faecalis* RK1. *Biochem Eng J* 38(3):277-284.
- Núñez, A; Michelena, G; Carrera, E; Álvarez, X. (2009). Estudios sobre la recuperación y purificación de ácido láctico para la producción de plásticos biodegradables. *ICIDCA* 43(2):20-29.
- Rendina, G. (1974). *Técnicas Aplicadas de Bioquímica*. 1ra edición. Interamericana SA de VC. México DC, México. pp 134-135.
- Salgado, JM; Rodríguez, N; Max, B; Pérez, B; Rodríguez, R; Córtes, S; Domínguez, JM. (2011). Evaluation of wine vinasse as alternative nutrients in biotechnological processes. *CyTA J Food* 9(4):278-281.
- Sánchez, OJ; Cardona, CA. (2005). Producción tecnológica de alcohol carburante I: obtención a partir de diferentes materias primas: *Interciencia* 30(11):671-678.
- Subramanian, MR; Talluris, S; Christopher, LP. (2015). Production of lactic acid using a new homofermentative *Enterococcus faecalis* isolate. *Microbiol Biotechnol* 8(2):221-229.
- Vadival, R; Minhas, PS; Kumar, P; Singh, Y; Rao DVK, N; Nirmala, A. (2014). Significance of vinasses waste managment in agriculture and environmental quality: Review. *Afric J Agric Res* (38):2862-2873.
- Wang, Y; Tashiro, Y; Sonomoto, K; Broschi, J. (2015). Review: Fermentative production of lactic acid from renewable materials: Recent achievements, prospects and limits. *Bioeng* 11(1):10-18.
- Wee, YJ; Kim, JN; Yun, JS; Ryu, HW. (2004). Utilization of sugar molasses for economical L (+) lactic acid production by batch fermentation of *Enterococcus faecalis*. *Enzyme Microbiol Tech* 35(6-7):568-573.



## Aplicación móvil para el manejo de solicitudes a una base de datos, usando SMS para conexiones sin Internet

Herrera, Mirella, Herrera, Gerardo , Jara, Augusto  
*Departamento de Computación Universidad de Carabobo, FACYT Valencia, Venezuela*

\***Autor de correspondencia:** mirella.herrera@gmail.com

### Resumen

En la actualidad, resulta de vital interés en casi cualquier ámbito de la vida diaria (negocios, educación y entretenimiento) establecer un proceso de sincronización de información vía Internet a través de un teléfono móvil. Sin embargo, dicha conexión puede fallar por diversas razones interrumpiendo el proceso de sincronización. En orden de presentar una alternativa para disminuir los posibles efectos negativos en las organizaciones que dependen de la sincronización, se presenta un framework que provee un conjunto de componentes para que el programador, adapte sus aplicaciones para enviar las consultas mediante SMS y de esta manera sustituir la conexión a Internet. En el proceso de desarrollo del framework se siguió la metodología propuesta por Bosch (análisis del dominio, diseño arquitectónico y del framework, implementación, prueba del framework y documentación) y se realizaron pruebas instanciándolo en una aplicación del dominio de comercialización en el ramo ferretero, a fin de que los vendedores pudieran realizar operaciones CRUD de pedidos de venta en zonas sin conexión a Internet. Los resultados muestran la posibilidad de establecer conexión sin internet a una BD utilizando SMS desde un dispositivo móvil, se encontraron algunas dificultades que pudieran ser tratadas en futuras investigaciones y versiones del framework

**Palabras Clave:** Framework, Patrones de diseño, Internet, SMS-SQL, Android.

### Mobile app to manage DB queries using SMS for no internet connections

#### Abstract

At present, it is now vitally important to establish a process of synchronizing information via the Internet through a mobile phone in almost any area of daily life (business, education and entertainment). However, the connection may fail for various reasons interrupting the synchronization process. In order to present an alternative to diminish the possible negative effects in the organizations, a framework oriented to programmers presents a set of components to adapt its applications or business model to send data base queries through SMS and substitute the internet connection. The framework development process, followed the methodology proposed by Bosch (domain analysis, architectural and framework design, implementation, framework test and documentation) and tests were carried out instantiating it in an application of the commercialization domain in the hardware industry. The sellers could perform CRUD operations and sales orders to the database without an Internet connection. The results show the possibility of establishing a non-internet connection to a database using SMS from a mobile device; also, we found some difficulties that could be addressed in future research and versions of the framework.

**Keywords:** Framework, Design Patterns, Internet; SMS; SQL; Android.

## Introducción

En la actualidad, la telefonía móvil se ha convertido en una herramienta crítica para los negocios y para la vida diaria, en la mayoría de los países desarrollados. Es así como ha proliferado el uso de los teléfonos para realizar transacciones y operaciones en distintos ámbitos como la educación, negocios y entretenimiento, entre otros; convirtiéndose, en algunos casos, en el medio indispensable para establecer las conexiones necesarias y realizar dichas transacciones.

De la misma manera, son cada vez más las empresas que incorporan la utilización de aplicaciones móviles para llevar a cabo sus procesos de negocio y en consecuencia, sus empleados y clientes requieren de una adecuada y oportuna sincronización, a fin de establecer el acceso a los datos de la empresa, vía Internet.

Sin embargo, a nivel mundial existen ubicaciones geográficas donde los dispositivos móviles no cuentan con conexión a Internet, debido a que la señal no alcanza al teléfono con la suficiente frecuencia. Esta disminución en la frecuencia de la señal, ocasiona pérdida de información en tiempo real generando un sin número de incidencias negativas que, en muchos casos, pudieran conducir a la pérdida de oportunidades y fidelización del cliente, entre otras.

Es importante destacar que en Venezuela, una cantidad considerable de empresas, especialmente del ramo de la comercialización, utiliza la telefonía móvil como mecanismo esencial de sus operaciones de fuerza de ventas, presentando problemas para establecer la sincronización con sus bases de datos, desde lugares donde no hay acceso a la Internet.

Por lo tanto y en base a lo expresado, este trabajo plantea el desarrollo de una primera versión de un framework cuyo objetivo principal permite solventar las dificultades enunciadas, haciendo uso de la mensajería de texto o SMS como vía alterna de comunicación, al permitir una mayor oportunidad para la sostenibilidad de la comunicación.

Es así como el desarrollo de un framework flexible y adaptable a las necesidades de los programadores, que además pueda ser instanciado en el dominio particular de la empresa, conllevaría al logro de una solución rápida y de bajo costo para las organizacio-

nes.

El presente artículo se organiza en cinco secciones, el marco teórico desarrolla una revisión de la literatura a partir de una selección de autores, términos y trabajos importantes para la contextualización del tema y la problemática. Asimismo, una sección para el abordaje metodológico del proceso de desarrollo del framework y una sección para la discusión de los resultados, en la que se despliegan los pasos seguidos en la metodología y la instanciación en el caso de estudio, a partir de una empresa comercializadora en el ramo ferretero. La última sección abarca los aspectos correspondientes a las conclusiones y trabajos a futuro.

## Marco Teórico

### *Revisión de la Literatura*

A continuación se presenta una serie de términos y acepciones importantes, que permiten contextualizar la investigación.

**Framework o Marco de Trabajo:** Un marco “es un conjunto de clases que encarna un diseño abstracto para soluciones a una familia de problemas”[1]. Otra definición es un marco es un diseño reutilizable de todo o parte de un sistema que está representado por un conjunto de clases abstractas y la forma en que sus instancias interactúan”[2]. En términos generales, podría definirse framework como una aplicación que consta de un código desarrollado para todas las funciones básicas de un sistema, que se puede ajustar para el propósito de una aplicación concreta [3]. Puede considerarse también un conjunto de bloques de construcción prefabricados que los programadores pueden utilizar, extender o adaptar para soluciones computacionales [4]. Entonces, una de las razones principales para el desarrollo de frameworks, obedece al hecho de facilitar la reutilización del código.

El primer marco orientado a objetos, MVC para Smalltalk, se desarrolló durante los años 80s y desde entonces se ha producido una cantidad considerable de artículos y desarrollos con el fin de construir el marco perfecto. Sin embargo, aún no hay una metodología única ni para el desarrollo ni para su adecuada documentación, principalmente debido al amplio dominio de las aplicaciones existentes [5].

**Patrones de Diseño de Frameworks:** La mayoría de los autores coincide en el uso de patrones de diseño para el desarrollo de frameworks. Algunos de los más significativos son: Patrón de los tres ejemplos, Caja Blanca, Librería de Componentes, Puntos Calientes o Hot Spots, Caja Negra, Visual Builder, Herramientas de Lenguaje de Programación, entre otros. De acuerdo con [5] durante la fase de análisis del framework, el patrón de los tres ejemplos juega un papel de gran utilidad pues permite una definición del dominio, generando una abstracción para tres aplicaciones. El patrón de caja blanca sugiere el uso de la herencia como la forma más simple de hacer y cambiar código en el desarrollo de software orientado a objetos. El patrón de librería de componentes sugiere que se debe crear una biblioteca consistente de un conjunto de componentes, que se utilizan en la mayoría de las aplicaciones (por ejemplo, algunas clases de utilidad), simplificando el uso del marco en sentido amplio. El patrón de puntos calientes o Hot Spots muestra que el código que se cambiará para cada aplicación, debería estar ubicado en pocas clases. Esto simplificará el uso del framework, y los usuarios (programadores) sabrán dónde deben realizar cambios de código para la aplicación específica, generada usando el framework. Para esta investigación se utilizó el patrón de los tres ejemplos en la fase de análisis del framework y el patrón de puntos calientes o Hot Spots para la fase del desarrollo.

**SMS Gateway:** Una de las especificaciones de los mensajes de texto, en lo sucesivo, Short Message Service (SMS), es que pueden ser enviados de teléfono a teléfono, y también pueden ser enviados de computadora a teléfono. Los servicios SMS Gateway o de pasarela SMS proveen servicios computador-teléfono y teléfono-computador. Estos servicios hacen posible la comunicación desde o hacia un móvil, de actualizaciones de un sitio web por medio de SMS [6].

**Red de telefonía móvil:** Actualmente las operadoras de telefonía móvil en Venezuela, se rigen por las dos plataformas de comunicación CDMA y la GSM. Los sistemas, GSM (Global System for Mobile Communications) o sistema global para comunicaciones móviles, y el CDMA (Code Division Multiple Access) traducido como división de código de acceso múltiple, hacen de la red de telefonía móvil un elemento indispensable para una buena comunicación. Los teléfonos GSM se identifican por llevar en su inte-

rior tarjetas SIM (módulo de identidad del suscriptor) y los CDMA solamente obtienen comunicación por configuración directa. El mercado nacional de acuerdo con la Comisión Nacional de Telecomunicaciones CONATEL en un informe de 2015, adjudica una suscripción del 23% aproximadamente a los usuarios CDMA, quedando el resto para los usuarios del GSM. Este último fue seleccionado como base para el desarrollo del framework, por su uso generalizado a nivel nacional e internacional.

**SMS (Short Message Service):** Un mensaje SMS es aquel enviado desde o hacia un teléfono móvil, limitado a 140 bytes o 160 caracteres de 7 bits [7]. Algunas estadísticas de acuerdo con [8] indican que para el año 2009, 4 mil millones de usuarios GSM usaban el servicio, generando más de 50 mensajes cortos por usuario al mes. Esto lo presenta como un medio altamente utilizado y efectivo, para establecer una comunicación alternativa y llevar a cabo operaciones tipo CRUD (create, read, update, delete) en las organizaciones.

*A. Aspectos Teóricos* El estudio del proceso de desarrollo de un framework tiene sus inicios a mediados de los 90s, uno de los pioneros en el área es Booch, quien trabajó el proceso de desarrollo y el uso de patrones [9]. Desde entonces, han surgido una gran cantidad de trabajos, algunos de interés para la investigación, se presentan a continuación:

De acuerdo con Stanjoevic, Vlajic, Milov y Ognjanovic [5], Markiewicz y Lucena proponen el ciclo del desarrollo clásico de frameworks, comprendiendo las fases: análisis del dominio, diseño e implementación del framework [10]. En otro orden, Johnson considera este enfoque teórico ideal pero con poca correspondencia con la realidad, sugiriendo una opción iterativa en la cual, mientras un grupo desarrolla el framework otro grupo desarrolla la aplicación en un determinado dominio, utilizando el framework [11].

Por su parte, Xavier Amatriain [12] apoya el proceso de desarrollo iterativo propuesto por Johnson y añade la participación del usuario en las distintas etapas. Asimismo, indica que no siempre es necesario el modelo de análisis del dominio en etapas tempranas, puesto que podría realizarse durante el diseño del framework generando el meta-modelo del dominio más adecuado. La empresa Taligent aporta con sus prácticas para desarrollos pequeños, la conveniencia de

enfocar el framework en la solución de forma iterativa, con su correspondiente documentación y respaldo [4]. Bosch diferencia dos actividades principales en el desarrollo: 1) El core que comprende la parte del framework que no cambia con cada instanciación o uso, siendo conformado por los denominados frozen spots, es decir, interfaces y clases ya implementadas en el framework y que son usadas en cada instanciación. 2) El código generado por cada aplicación específica de acuerdo al modelo de dominio llamado internal add-ins. Las partes del código que lo hacen flexible son conocidos como hot spots, los cuales en muchos casos son clases abstractas o métodos que deben ser descartados [13]. En resumen, la aplicación definitiva generada utilizando el framework consiste del core, los add-ins o complementos internos y el código específico de la aplicación o hot spots. En este trabajo se desarrolló un framework basados en el hecho de que un número considerable de empresas del dominio cuya fuerza de ventas realiza operaciones tipo CRUD, desde sus celulares a las bases de datos. Asimismo, se utilizó el método propuesto por Bosch para el proceso de desarrollo en función de su característica iterativa y que además se refina con cada instanciación en los dominios de las aplicaciones, integrando en la revisión aquellos aspectos que facilitan al programador su uso. Finalmente, se trabajó utilizando la separación entre el core, adds-in y hot spots en la construcción de las clases, a fin de orientar con más detalle al programador en su uso.

### *B. Proceso de Desarrollo del Framework*

Es claro que el desarrollo de un software difiere del desarrollo de un framework. Una de las principales diferencias es que el resultado del desarrollo de un software es una aplicación concreta para un dominio específico mientras que el resultado del desarrollo de un framework, es un marco que puede ser usado para desarrollar diversas aplicaciones [5]. Como referencia se siguieron las siguientes fases [14], (Figura 1):

1. **Análisis del Dominio:** En esta fase se llevaron a cabo las actividades de identificación de las características, descripción y modelación del dominio de las comunicaciones a través de dispositivos móviles. Asimismo, se realizó la modelación de los procesos de conexión a través de Internet, la descripción de los componentes

del framework y finalmente la comunicación a través de mensajes SMS utilizando dispositivos móviles sin acceso a Internet, todo ello partiendo de la base del patrón de los tres ejemplos. El resultado fue un Modelo de Dominio contentivo de los elementos y conceptos, así como la relación entre ellos. Igualmente, se levantaron los requerimientos de una empresa comercializadora de productos, cuyas ventas están basadas en aplicaciones móviles que realizan operaciones CRUD sobre una base de datos vía Internet, los cuales son desplegados en la instanciación en el caso de estudio.

2. **Diseño Arquitectónico:** Durante esta fase, se utilizó el análisis del dominio como insumo para decidir cuál modelo de arquitectura de software se ajustó al desarrollo. El diseño de alto nivel resultante conformó las bases para el desarrollo del framework. Como artefacto se obtuvo el diagrama de estados y transiciones del framework.
3. **Diseño del Framework:** La fase sirvió para realizar el diseño de alto nivel del framework obtenido en el paso anterior y se diseñaron las clases adicionales necesarias. El resultado de esta actividad, incorporó el alcance de las funcionalidades del framework y las reglas de diseño basadas en la arquitectura a usar. Al finalizar, se obtuvo el conjunto de diagramas de clase correspondientes.

## Resultados

En este apartado se presentan como resultado, los artefactos más importantes generados durante la ejecución de cada fase de la metodología. Asimismo, se muestran los resultados de la instanciación del framework en el caso de estudio.

### *A. Análisis del Dominio.*

Siguiendo el patrón de los tres ejemplos para el análisis, se revisaron tres aplicaciones para determinar la arquitectura general del framework y los requisitos. Éstas fueron:

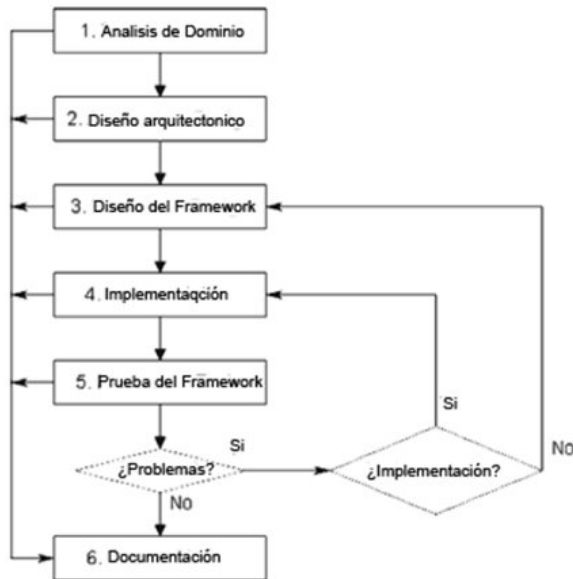


Figura 1. Flujo de trabajo para el proceso de desarrollo del framework [14].

1. El trabajo publicado por Sbaa y otros autores [15] describe el desarrollo de un sistema empujado SMS-SQL para gestionar y consultar una base de datos, en el cual describe un sistema capaz de realizar consultas a bases de datos a través de comandos SMS usando un sistema basado en UNIX. Esta solución extiende las consultas de datos a las redes móviles de generaciones anteriores. Sin embargo, la solución es de difícil distribución y comercialización ya que precisa de la compra, configuración y programación de una computadora que sirve como SMS-SQL Gateway. A partir del trabajo de Sbaa se determina la factibilidad de establecer comunicación con una BD y también con un servidor por medio de SMS. La diferencia con esta investigación es que se desarrolla un framework flexible o adaptable para los programadores, partiendo de las necesidades de un conjunto de aplicaciones en un dominio en particular, el cual puede ser instanciado y adaptado para distintas aplicaciones. Adicionalmente, el modelo de dominio del trabajo de Sbaa en tres capas (teléfono, pasarela SMS-SQL y servidor de base de datos) es fundamental y base para el modelo de dominio planteado en la investigación.
2. En el mismo orden, Ozeki NG - SMS Gate-

way, es una herramienta que sirve de pasarela SMS-SQL y permite enviar y recibir mensajes SMS, usando un servidor de base de datos con la ayuda de consultas SQL [16]. Este trabajo plantea una solución para la gestión de mensajes de texto vía SMS, aportando bases para lograr la pasarela SMS-SQL que es uno de los componentes claves en el desarrollo del framework.

3. Por su parte, Wei Cui, LiaHuang, LiJing, en su trabajo, “The Research of PHP Development Framework Based on MVC Pattern” [17], plantearon la necesidad del uso de frameworks con estructura modular ya que facilita su uso, aumenta el rendimiento de la aplicación, mejora la mantenibilidad y aumenta la tasa de reutilización de código, incrementando la eficacia del desarrollo de la aplicación. La modularidad es uno de los aspectos clave en el proceso de desarrollo del framework en cuestión. Es importante considerar el uso de patrones de diseño en el desarrollo de un framework, es por ello que Chanchai Supaartagorn, en su artículo, plantea la necesidad del uso del patrón MVC, por las razones siguientes [18]:

1. Loosely-couples: Muchos tipos de componentes pueden interactuar de manera flexible.
2. Desarrollo en Paralelo: Al tener una meta clara es posible dividir el sistema en componentes para que personas distintas puedan hacer el desarrollo en paralelo.
3. Expansibilidad: El controlador puede ser expandido simplemente añadiéndole un módulo nuevo, sin necesidad de modificar ninguna de las otras capas.

A partir del estudio de estas tres aplicaciones se configuraron en alto nivel, los componentes del framework y los aspectos arquitectónicos del mismo.

#### Descripción de los Componentes del Framework

En este sentido y tomando como base el trabajo de Sbaa [15], se definieron los componentes requeridos para implantar una aplicación bajo el sistema operativo Android, el cual actúa como servidor a las peticiones recibidas vía SMS. Esta parte del frame-

work contempló el funcionamiento de la pasarela SMS-SQL, pero adaptado al manejo de peticiones HTTP a fin de realizar consultas al servidor.

A continuación, los componentes y sus funcionalidades:

**SMSJSONParser:** Se encarga de traducir el mensaje de texto en una petición HTTP la cual retorna su resultado en formato JSON para luego ser enviada a la aplicación cliente.

**IncomingSMS:** Este es el componente que escucha por mensajes de texto entrantes. Cuando un mensaje realiza una petición al servidor, éste la dirige al SMSJSONParser para que lo maneje.

**SmsManager:** Este componente es el encargado de enviar la respuesta en formato JSON al usuario vía SMS, para que la aplicación cliente la traduzca. Asimismo, se desarrollaron las clases que pueden ser usadas por los programadores para que sus aplicaciones hagan consultas mediante textos SMS, cuando no logren establecer conexión a Internet.

Las clases principales son:

**JSONParser:** Esta clase se encarga de realizar la petición HTTP y retornar el resultado en formato JSON; de no haber conexión a Internet, se le pasa la petición al SMSManager. **ConnectionDetector:** Esta clase es creada por el JSONParser al momento de hacer la petición HTTP para saber si hay conexión a Internet.

**SMSManager:** Envía las peticiones HTTP por textos SMS al servidor.

**IncomingSMS:** Esta clase se encarga de recibir los mensajes que envía el servidor en formato JSON, como respuesta a las consultas enviadas y como si se recibieran de una petición HTTP hecha vía Internet.

**DatabaseHelper:** Esta clase ofrece las operaciones básicas para sincronizar la información obtenida del servidor y así contar con registro de la información de manera local en el teléfono. Esta clase es completamente modificable para que se pueda adaptar al modelo de negocio del usuario.

Cabe señalar, que para solventar la dificultad de Android para realizar consultas SQL directamente en bases de datos externas, se desarrolló una API REST que proporciona respuesta a las solicitudes HTTP y

retorna los resultados en formato JSON. De esta manera, el programador puede realizar las operaciones a la base de datos que más se adapten a sus necesidades.

Tomando las consideraciones propuestas anteriormente, se presenta en la Figura 2, el Diagrama de modelado del Dominio, el cual establece los requisitos del framework.

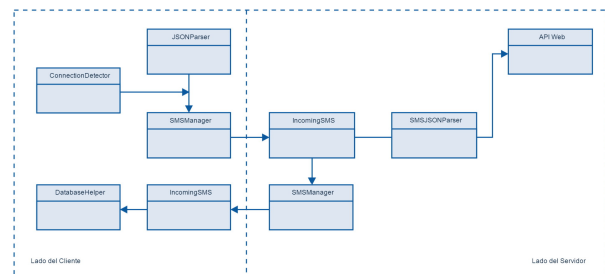


Figura 2. Diagrama de modelado del Dominio. Fuente: Autor.

### B. Diseño Arquitectónico

La Figura 3 presenta la estructura física del framework, cuyos componentes se describen a continuación:

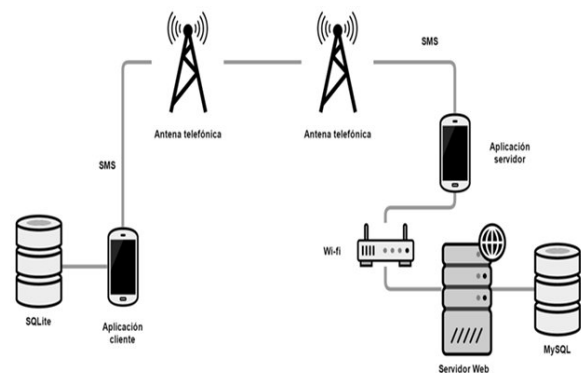


Figura 3. Estructura Física del framework. Fuente: Autor.

**Conexiones de red:** Son manejadas a través de antenas telefónicas, las cuales permiten que exista una conexión GSM para el envío de mensajes de texto por SMS. Por otro lado, el wireless router (en la Figura 3, Wi-fi), permite la conexión del teléfono con el servidor en red local.

**Aplicación cliente:** La aplicación del lado del cliente se adapta al modelo del negocio para el cual el programador desarrolla sus aplicaciones. Es importante



la petición HTTP recibida por SMS. Del lado del servidor la conexión se hace en red local, por lo que es una conexión más segura (Figura 5).

```

+ SmsJSONParser
  fields
  ~ is: InputStre...
  ~ j... :JSON Obj...
  ~ json: String
  ~ url: String
  ~ meth... :String
  ~ params: List<NameValueP...
  ~ db: DatabaseHel...
  constructors
  + SmsJSONParser()
  methods
  + makeHttpRequestFromS... (sender:String, msj:String, conte... Context):JSON Obj...
    
```

Figura 5. Diagrama de clase SmsJSONParser. Fuente: Autor.

### Métodos

- Construc: constructor de la clase SmsJSON-Parser
- makeHttpRequest: recibe el mensaje de texto con la petición HTTP y la traduce para realizar la conexión, luego retorna el resultado en un JSONObject.

Las siguientes clases extienden a menudo la clase Activity, propia de Android para agregar y ajustar a las necesidades de esta aplicación.

**Configuracion:** Esta clase hereda de la clase Activity, tiene como propósito llevar la configuración de las direcciones a las cuales se conectan las aplicaciones para que la aplicación pueda hacer la conexión en red local, con el servidor Web (Figura 6).

```

+ Configuracion extends Activ...
  fields
  ~ db: DatabaseHel...
  ~ con... :Strin...
  ~ inputDom... :EditT...
  ~ inputLocalServ... :EditT...
  constructors
  methods
  + onCreate(savedInstanceSta... Bun... ):void
    
```

Figura 6. Diagrama de clase Configuracion. Fuente: Autor.

### Atributos

- inputDomain: Nombre del dominio al cual accede la aplicación cliente en un ambiente sin problemas de conexión a Internet.
- inputLocalServerIP: Dirección local del servidor Web. IncomingSMS: Esta clase hereda de BroadcastReceiver, es decir, la clase es un receiver que va a estar escuchando a partir de mensajes de texto entrantes. Esta clase tiene la funcionalidad de recibir las peticiones HTTP enviadas por SMS desde el cliente. (Figura 7)

```

+ IncomingSms extends BroadcastRecei...
  fields
  - prefix: String
  ~ smsM: SmsMana...
  ~ jsonString... :ArrayList
  ~ JParser: SmsJSONParser
  ~ json:JSON Obj...
  constructors
  methods
  + onRecei... (conte... Context, inte... Intent):void
  - RetrieveMessages(inte... Intent):Map<String, Stri...
    
```

Figura 7. Diagrama de clase IncomingSMS. Fuente: Autor.

### Atributos

- prefix: Es el prefijo con el cual la aplicación cliente conoce que el servidor envía una respuesta en formato JSON.

### Métodos

- RetrieveMessages: Medio por el cual la clase recibe los mensajes de entrada para ser procesados.

**DatabaseHelper:** Esta clase maneja las consultas a las tablas de usuarios y de configuraciones. Los usuarios que estén en la base de datos son los autorizados a realizar las peticiones HTTP vía SMS (Figura 8)

### Atributos

- Context: El contexto desde el cual se instancia la clase.

### Métodos

- Construc: Constructor de la clase DatabaseHelper.
- createUser: Crea un usuario y retorna su ID.

```

+ DatabaseHelper extends SQLiteOpenHelper...
├── fields
├── constructors
+ DatabaseHel... (conte... Context)
├── methods
+ onCreate( db:SQLiteDatab... ):void
+ onUpgra... (db:SQLiteDatab... , oldVersi... int, newVersion:int):void
+ createUser(user: User):lo...
+ getUser(user_id:lo... ):User
+ validateUserbyPho... (pho... String):boole...
+ getAllUsers():List<User>
+ updateUser(user: User):int
+ deleteUser(user_id:lo... ):void
+ getUserCount():int
+ SaveCon... (doma... String, local_ip_addr... String):lo...
+ getCon... ():Strin...
+ closeDB():void
    
```

Figura 8. Diagrama de clase DatabaseHelper. Fuente: Autor.

- getUser: Retorna el usuario dado su ID correspondiente.
- validateUserByPhone: Comprueba que exista un usuario con un número de teléfono dado.
- getAllUsers: Retorna todos los usuarios en una lista.
- updateUser: Actualiza al usuario enviado por parámetro.
- deleteUser: elimina el usuario dado su ID correspondiente.
- SaveConfig: guarda la configuración de las direcciones para conectar al servidor web.
- getConfig: Obtiene la configuración guardada en la base de datos.
- closeDB: cierra la conexión con la base de datos.

**User:** Esta clase representa a los usuarios del sistema que tienen permitido enviar peticiones HTTP por medio de SMS. (Figura 9)

**Atributos**

- name: Nombre del usuario
- phone\_number: Número de teléfono del usuario

**Métodos**

- Construc: Cuenta con tres constructores para inicializar el usuario con los valores en nulo o

```

+ User
├── fields
~ id:int
~ name:String
~ phone_num... :String
├── constructors
+ User()
+ User(na... String, phone_num... String)
+ User(id:int, na... String, phone_num... String)
├── methods
+ setId(id:int):void
+ setName(na... String):void
+ setPhone_num... (phone_num... String):void
+ getId():lo...
+ getNa... ():String
+ getPhone_num... ():String
    
```

Figura 9. Diagrama de clase User. Fuente: Autor

con valores predefinidos.

- setId: Modifica el ID del usuario.
- setName: Modifica el nombre del usuario.
- setPhone\_number: Modifica el número de teléfono del usuario.
- getID: Devuelve el valor del ID del usuario.
- getName: Devuelve el valor del nombre del usuario.
- getPhone\_number: Devuelve el número de teléfono del usuario.

**NuevoUsuario:** Hereda de la clase Activity, esta clase se encarga de recibir los parámetros para crear un usuario nuevo por pantalla e ingresarlo a la base de datos local. (Figura 10).

**Atributos**

- inputNombre: Nombre del nuevo usuario.
- inputNumeroTelefono: Número de teléfono del usuario a crear.

**EdUsuario:** Hereda de la clase Activity, esta clase se encarga de recibir los parámetros para editar un usuario por pantalla y actualizarlo en la base de datos local. (Figura 11)

**Atributos**



Figura 10. Diagrama de clase NuevoUsuario. Fuente: Autor

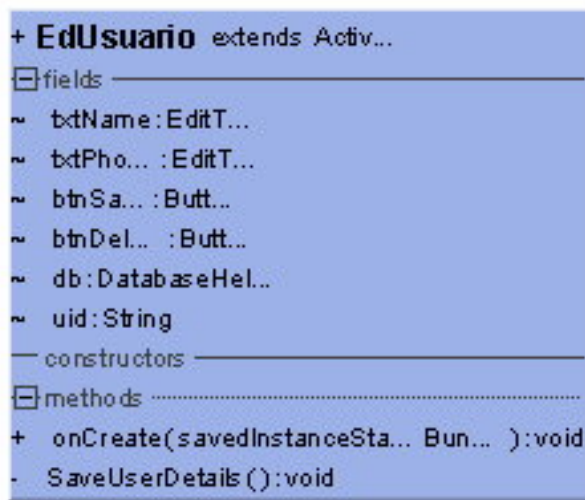


Figura 11. Diagrama de clase EdUsuario. Fuente: Autor

- inputNombre: Nuevo nombre del usuario.
- inputNumeroTelefono: Nuevo número de teléfono del usuario.

#### Métodos

- SaveUserDetails: Guarda los cambios del usuario a modificar.

**TodosLosUsuarios:** Esta clase hereda de ListActivity y se encarga de mostrar por pantalla una lista de todos los usuarios registrados en la base de datos local. (Figura 12)

**ConnectionDetector:** Es la clase encargada de verificar la conexión a Internet, permitiendo que todo el proceso pueda transcurrir sin que la aplicación cliente se detenga por problemas de conexión a Internet. (Figura 13)



Figura 12. Diagrama de clase TodosLosUsuarios. Fuente: Autor



Figura 13. Diagrama de clase ConnectionDetector (Fuente Autor)

#### Atributos

- context: Contexto en el cual fue creado el objeto que instancia la clase, este contexto es necesario para poder verificar el estado de la conexión

#### Métodos

- Construc: Pasa como parámetro el context para poder construir el objeto.
- isConnectingToInternet: Función que activa la clase, por este medio se sabrá si el teléfono está conectado o no a Internet.

**DatabaseHelper:** Esta clase provee al programador de operaciones de base de datos con funciones predefinidas, fáciles de adaptar a su modelo de negocio. En este caso se desarrollaron procedimientos y funciones relacionadas al funcionamiento de un inventario. De esta manera, el programador tendrá un repertorio de operaciones básicas de inserción, modificación, eliminación y consulta, que normalmente se realizarían en un inventario sencillo (Figura 14).

La clase hereda de SQLiteOpenHelper la cual sirve de ayuda para gestionar la creación de la base de datos y las correspondientes versiones.

#### Atributos

```

+ DatabaseHelper extends SQLiteOpenHelper...
+ fields
+ constructors
+ methods
+ onCreate(db: SQLiteDatabase... ):void
+ onUpgrade(db: SQLiteDatabase... , oldVersion: int, newVersion: int):void
+ createProduct(product: Product):long
+ getProductById(productId: long):Product
+ getAllProducts():List<Product>
+ updateProduct(product: Product):int
+ updateProductList(products: List<Product>, productId: long):void
+ deleteProduct(productId: long):void
+ getProductCount():int
+ closeDB():void
    
```

**Figura 14.** Diagrama de clase DatabaseHelper. Fuente: Autor

- context: Contexto en el cual fue creado el objeto que instancia la clase.

**Métodos**

- Construct: Recibe el context para la creación de la base de datos.
- createProduct: Crea un producto y retorna la posición en la cual se registró.
- getProductById: Retorna el producto consultando por su ID.
- getAllProducts: Devuelve todos los productos en una lista.
- UpdateProduct: Actualiza el producto pasado por parámetro.
- updateAllProducts: Actualiza todos los productos a partir de una lista de productos.
- deleteProduct: Elimina el producto que corresponde con el ID pasado como parámetro.
- closeDB: Cierra la conexión con la base de datos.

**IncomingSMS:** Hereda de BroadcastReceiver, es decir, la clase es un receiver que escucha por mensajes de texto entrantes. Es utilizada para recibir los resultados en JSON enviados por el servidor. (Figura 15)

**Atributos**

- ServerNumber: Atributo a ser modificado con el número de teléfono que tenga asignada la

```

+ IncomingSms extends BroadcastReceiver...
+ fields
+ constructors
+ methods
+ onReceive(context: Context, intent: Intent):void
+ retrieveMessages(intent: Intent):Map<String, String>
+ manageJsonResponse(response: JSONObject, context: Context):void
    
```

**Figura 15.** Diagrama de clase IncomingSMS. Fuente: Autor

aplicación servidor, para poder aceptar y procesar los resultados que lleguen vía SMS.

- prefix: Prefijo con el que llegan las respuestas del servidor, permite diferenciar un resultado en JSON de un mensaje normal

**Métodos**

- retrieveMessages: Recupera los mensajes a ser procesados.
- manageJsonResponse: Lee el JSON y gestiona los cambios correspondientes para efectuar la sincronización.

**JSONParser:** Se encargara de realizar las peticiones HTTP y de no ser posible establecer la conexión, envía la consulta vía SMS. (Figura 16)

```

+ JSONParser
+ fields
+ constructors
+ methods
+ makeHttpRequest(context: Context, url: String, method: String, params: List<NameValuePair>, sms: boolean):JSONObject
+ sendSMS(url: String, method: String, params: List<NameValuePair>, sms: boolean):JSONObject
    
```

**Figura 16.** Diagrama de clase JSONParser. Fuente: Autor

**Atributos**

- ServerNumber: Número de teléfono asignado en el servidor, para poder enviar la consulta por mensaje de texto SMS.

**Métodos**

- Construct: Constructor para la clase JSONParser.
- makeHttpRequest: Realiza la petición HTTP vía Internet, si el parámetro sms es verdadero entonces envía la petición HTTP vía SMS, si la conexión a Internet falla.
- SendSMS: Envía el mensaje con la petición HTTP y los parámetros al servidor.

**Product:** Es la clase de ejemplo del framework, representa una recomendación para trabajar orientado a objeto, de manera que las actualizaciones a la base de datos se realicen en forma rápida. Dependiendo del modelo de negocio, esta clase puede desaparecer o adaptarse a sus necesidades al igual que las clases asociadas. (Figura 17)

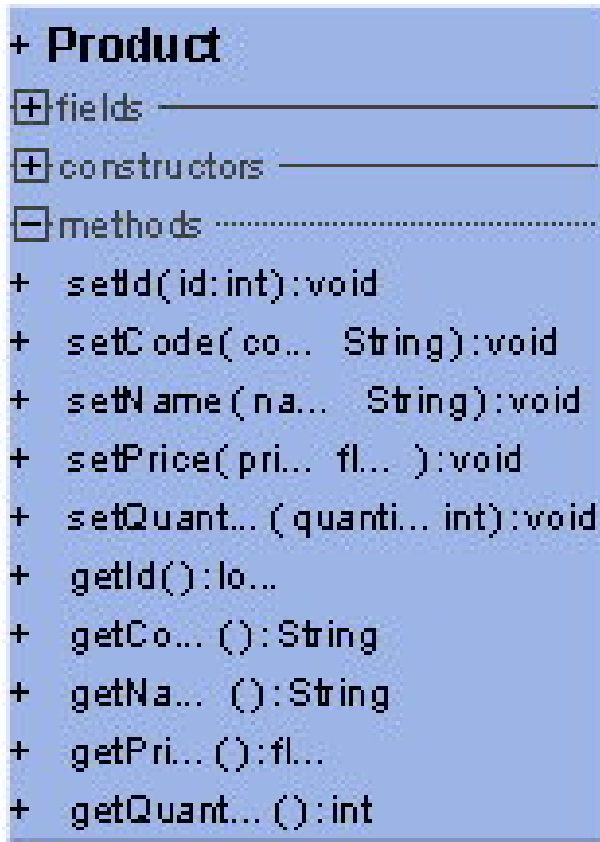


Figura 17. Diagrama de clase Product. Fuente: Autor

#### Atributos

- Id: Id del producto.
- Code: Código del producto.
- Name: Nombre del producto.
- Price: Precio del producto.
- Quantity: Cantidad de ese producto.

#### Métodos

- Construc: Cuenta con dos constructores para inicializar el producto con los valores en nulo o con valores predefinidos por el usuario.
- setId: Método para modificar el ID del producto.

- setCode: Método para modificar el código del producto.
- setName: Método para modificar el nombre del producto.
- setPrice: Método para modificar el precio del producto.
- setQuantity: Método para modificar la cantidad del producto.
- getId: Retorna el ID del producto.
- getCode: Retorna el código del producto.
- getName: Retorna el nombre del producto.
- getPrice: Retorna el precio del producto.
- getQuantity: Retorna la cantidad del producto.

**NuevoProducto:** Esta clase al igual que la clase Product dependen del modelo de negocio del programador y puede ser descartada o modificada para el mejor uso del framework. La clase hereda de la clase Activity para poder interactuar con el usuario mediante EditTexts y a su vez está compuesta por la clase CreateNewProduct que hereda de la clase AsyncTask, esta última realizara la conexión con el servidor en segundo plano de la aplicación.(Figura 18)



Figura 18. Diagrama de clase NuevoProducto. Fuente: Autor

#### Atributos

- txtCode: Lee el valor escrito por el usuario en pantalla para el código de un producto.
- txtName: Lee el valor escrito por el usuario en pantalla para el nombre del producto.
- txtPrice: Lee el valor escrito por el usuario en pantalla para el precio del producto.
- txtQuantity: Lee el valor escrito por el usuario en pantalla para el nombre del producto.

- url: Representa la dirección hacia la cual se realiza la petición HTTP para crear el producto.

**EditarProducto:** Esta clase al igual que la clase Product dependen del modelo de negocio y puede ser descartada o modificada para el mejor uso del framework. La clase hereda de la clase Activity para poder interactuar con el usuario mediante EditTexts y a su vez está compuesta por tres clases que heredan de la clase AsyncTask, estas últimas tres clases realizan la conexión con el servidor en segundo plano de la aplicación, para realizar sus operaciones. (Figura 19)



Figura 19. Diagrama de clase EditarProducto. Fuente: Autor

#### Atributos

- txtCode: Lee el valor escrito por el usuario en pantalla para el código de un producto.
- txtName: Lee el valor escrito por el usuario en pantalla para el nombre del producto.
- txtPrice: Lee el valor escrito por el usuario en pantalla para el precio del producto.
- txtQuantity: Lee el valor escrito por el usuario en pantalla para el nombre del producto.
- url: Representa la dirección hacia la cual se realiza la petición HTTP para cada operación.

**TodosLosProductos:** La clase hereda de la clase ListActivity para poder desplegar una lista de productos al usuario, a su vez está compuesta por la clase CargarProductos que hereda de la clase AsyncTask, esta última realiza la conexión con el servidor en segundo plano de la aplicación. (Figura 20)

#### Atributos

- url: Representa la dirección hacia la cual se realiza la petición HTTP para cada operación.

Las Figuras 21 y 22 a continuación, resumen las clases y sus relaciones tanto para la aplicación del lado del cliente como del lado del servidor.

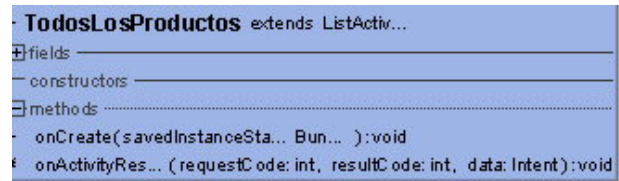


Figura 20. Diagrama de clase TodosLosProductos.

Fuente: Autor

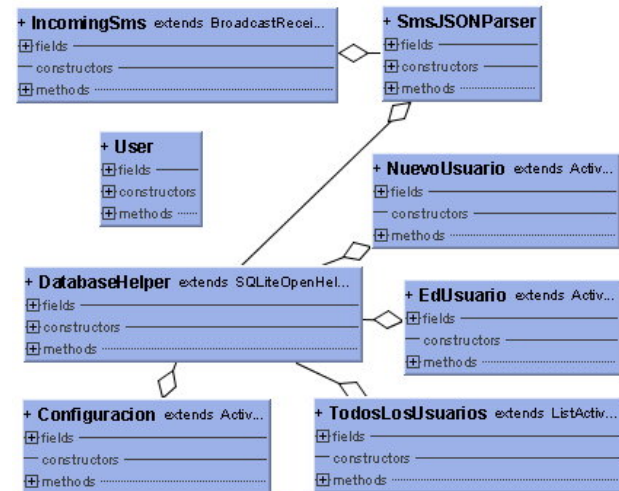


Figura 21. Diagrama de clase de la aplicación servidor.

Fuente: Autor

Para la aplicación servidor, las clases se estructuran como:

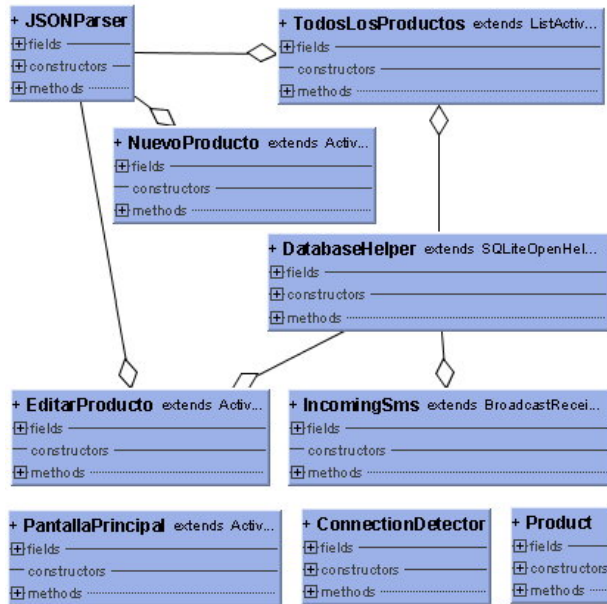
- Core: SmsJSONParser, IncomingSms, User.
- Adds-in: DataBaseHelper.
- Hotspot: TodoslosUsuarios, EdUsuario, NuevoUsuario.

Para la aplicación cliente, las clases se estructuran como:

- Core: JSONParser, IncomingSMS, ConnectionDetector, PantallaPrincipal, Product
- Adds-in: DataBaseHelper,
- Hotspot: NuevoProducto, TodoslosProductos, EditarProducto

#### D. Implementación

La fase de implementación del framework consistió en la generación del código fuente en sí mismo, el cual está disponible en su primera versión en el repositorio Git Hub, en el sitio: <https://github.com/augustotajar/SMSync->



**Figura 22.** Diagrama de clase de aplicación cliente.

Fuente: Autor

Framework.git. Es necesario mencionar en este punto, que el proceso de desarrollo de un framework es una tarea poco fácil puesto que no es posible eliminar el nivel de dependencia del dominio particular de las aplicaciones. Sin embargo, los desarrollos colaborativos apuntan a que con su uso se generen nuevas y mejores versiones, no solo del producto sino de su documentación.

### E. Prueba del Framework

Para llevar a cabo las pruebas de funcionamiento del framework, se creó un microsistema de inventario con el cual se realizaron operaciones del tipo CRUD (create, read, update, delete). En este sentido, la Tabla 1 a continuación, describe los dispositivos hardware y el software utilizados.

**Tabla 1.** Dispositivos hardware y software utilizados en las pruebas. Fuente: Autor

Equipo	Marca/ Modelo	Sistema Operativo	Memoria RAM	Procesador
Teléfono móvil	Motorola Moto G2	Android 5.0.2 Lollipop	1 GB	Snapdragon 400 quad-core a 1.2GHz
Teléfono móvil	LG G2 Mini	Android 4.4.2 Kitkat	1 GB	Snapdragon 400 quad-core a 1.2GHz
Computador (Laptop)	ASUS S56C Series	Windows 8.1	6 GB	Intel Core i5 1.7GHz

Es importante señalar que en el proceso de desarrollo del framework fueron tomados en cuenta aspectos de seguridad, al restringir el acceso a usuarios sin permisos, así como uno de los tópicos más importantes cuando se trabaja con dispositivos móviles, como lo

es el criterio del espacio que ocupan las aplicaciones en dichos dispositivos. La Tabla 2 a continuación presenta el desempeño de las aplicaciones cliente y servidor, observándose en líneas generales, que el framework ocupa un espacio reducido en memoria RAM.

**Tabla 2.** Rendimiento en memoria de las aplicaciones cliente y servidor en los dispositivos móviles. Fuente: Autor

Almacenamiento	Motorola Moto G2	LG G2 Mini
Almacenamiento interno total	8 GB	8 GB
Almacenamiento disponible para la instalación	474 MB	2,62 GB
Espacio ocupado por la aplicación de pedidos de venta (Caso de Estudio)	4,83 MB (1,01 % del almacenamiento disponible, 0.06 % del total)	3,25 MB (0,12 % del almacenamiento disponible, 0.04 % del total)
Espacio ocupado por la aplicación cliente por defecto del framework	4,57 MB (0,96 % del almacenamiento disponible, 0.057 % del total)	3,09 MB (0,11 % del almacenamiento disponible, 0.039 % del total)
Espacio ocupado por la aplicación servidor del framework	4,52 MB (0,95 % del almacenamiento disponible, 0.056 % del total)	3,07 MB (0,11 % del almacenamiento disponible, 0.038 % del total)

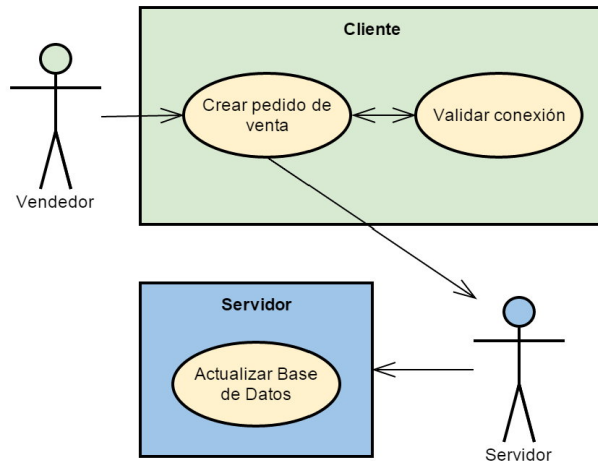
Otro aspecto importante, lo constituye el hecho de que el framework está programado para escribir información en el log del sistema, de forma tal que, a medida que se ejecutan los procesos, pueden llevarse a cabo tareas de seguimiento y control de las aplicaciones. De esta manera, se puede realizar un análisis exhaustivo de la utilización de este nuevo medio y establecer un balance en la efectividad de la respuesta a las solicitudes del usuario.

### Instanciación del Framework en un caso de estudio.

La instanciación en un caso de estudio se realizó a partir de una aplicación de pedidos de venta, la cual permite a los vendedores de una empresa comercializadora y mayorista de ferretería, la facilidad de realizar un pedido de venta desde una aplicación móvil.

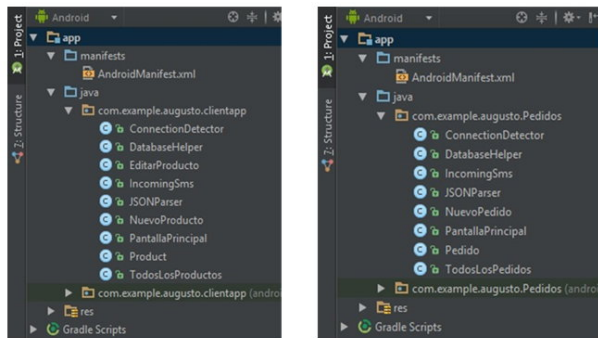
A efectos de este artículo, solo se mostrará el caso de uso de la aplicación de pedidos de venta (Figura 23) y las pantallas de los dispositivos móviles comprobando la realización de operaciones de consulta de estatus de pedidos.

En la Figura 24 parte izquierda, se observa la estructura de archivos del framework con las clases



**Figura 23.** Caso de uso de la aplicación Pedidos de ventas. Fuente: Autor

predeterminadas, y en la parte derecha se puede ver que se han adaptado las clases al caso de estudio, para realizar operaciones de pedidos de venta. Estas clases en conjunto con las clases principales o core del framework, generan las nuevas tareas independientes del ejemplo original.



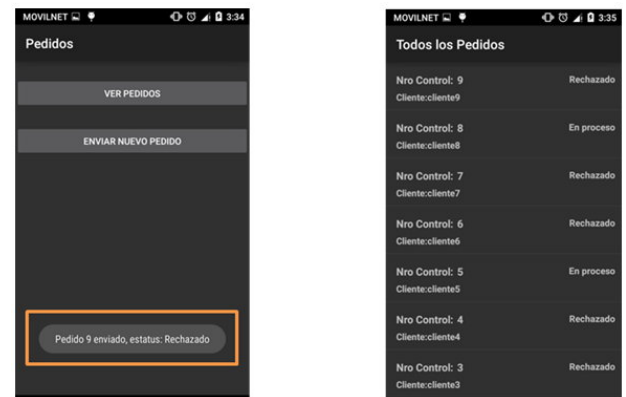
**Figura 24.** Comparación de clases de la aplicación del lado del cliente, con la aplicación de Pedidos de venta. Fuente: Autor

En las operaciones se utilizó la tabla de productos generada para el manejador de base de datos MySQL y creada para las pruebas (Figura 25).

En las pruebas se tomó en cuenta la existencia de los productos en el inventario para determinar si el pedido cambia de estatus “En proceso” o “Rechazado”, en la Figura 26 se tienen los pedidos y su estatus cuando son consultados vía SMS sin Internet.

	id	code	name	price	quantity	created_at
Editar	5	ESM001	Esmeril	55555.00	500	2015-03-24 12:39:43
Editar	49	ALI001	Alicate	999999.00	500	2015-04-04 14:51:00
Editar	51	TUB003	Tubería 1/2	999999.00	500	2015-04-04 14:51:00
Editar	52	TOB001	Tobo	999999.00	500	2015-04-04 14:51:00
Editar	53	LLA001	Llave Inglesa	999999.00	500	2015-04-04 14:51:00
Editar	54	MAN001	Manguera	999999.00	500	2015-04-07 09:57:59
Editar	69	TAL001	Taladro	99999.00	500	2015-05-08 23:36:30
Editar	70	SIE001	Sierra	99999.00	500	2015-05-08 23:46:36

**Figura 25.** Base de Datos MySQL de productos de ferretería.



**Figura 26.** Consulta de estatus de pedidos, sin conexión a Internet. Fuente: Autor.

## Conclusiones Trabajos futuros

El objetivo de este artículo consistió en mostrar los aspectos más relevantes en la construcción de un framework, orientado a un programador que necesite desarrollar aplicaciones con procesos de sincronización de información, usando herramientas que le permitan establecer conexiones por medios diferentes a la Internet desde dispositivos móviles. Esta problemática en la actualidad parece común en muchos países de Latinoamérica y específicamente en Venezuela, y a pesar de ello, es inminente el desarrollo de aplicaciones móviles como modelo de negocios emergente. El empleo de una estrategia sistemática basada en la metodología propuesta por Bosch, que incluye las fases: análisis del dominio, diseño arquitectónico y del framework, implementación, prueba del framework y documentación, permitieron lograr un producto en su primera versión cuyas pruebas cumplieron con el objetivo trazado. Específicamente, para las fases de análisis y diseño los autores utilizaron el patrón de tres ejemplos, a fin de obtener una abstracción de los componentes del framework, su interrelación y arquitectura. Asimismo, se desplegaron diagramas de modelado del dominio y diagrama de estado, los cuales ilustran con detalle los componentes y estructura del

framework. En estas fases se realizaron abstracciones con el fin de obtener las clases que se mantendrán sin cambios en cada aplicación generada y las que serán diferentes dependiendo del modelo de dominio específico. Esto permitirá al programador una visión de facilidad de uso, extensibilidad y adaptabilidad al modelo de negocio, con relativamente poco esfuerzo y facilidad de comprensión del mismo. Durante la instanciación del framework en la fase de pruebas, como era de esperarse, surgieron algunas interrogantes y dificultades que se sugieren como punto de partida para futuros trabajos:

- El uso excesivo de mensajes de texto tiene un costo asociado de acuerdo al servicio de telefonía al que esté suscrito el usuario, por lo tanto, para el tratamiento de consultas que generen una cantidad de mensajes considerable, deben estudiarse métodos alternativos.
- En caso de usar procesos automáticos de sincronización de información a partir del móvil, se recomienda que los tiempos entre sincronizaciones sean altos, de esta manera si el cliente permanece mucho tiempo sin conexión a Internet, se evitaría el consumo excesivo de mensajes de texto.
- Los aspectos de seguridad del framework están circunscritos a la autorización de usuarios. Por lo tanto, los aspectos correspondientes al cifrado de los mensajes no fueron tratados en este trabajo. Este pudiera ser un aspecto a reforzar en futuras versiones del framework, en caso de que se quisiera trabajar con datos bancarios o información estratégica de la empresa.
- Al ser un desarrollo utilizando los criterios de software libre, se recomienda profundizar en el estudio del código fuente, a fin de generar el mantenimiento correspondiente de la solución del software y alternativamente incluir nuevos elementos que permitan reducir el tiempo de desarrollo, ofreciendo la automatización de algunos procesos.

### Bibliografía

[1] Johnson, R. E. and Foote, J. (1988). Designing Reusable Classes. *Journal of Object Oriented Pro-*

*gramming*, 1(2):22-35.

[2] M. Mattsson, J. Bosch, Characterizing Stability involving Frameworks, In *Proceedings of the 29th International Conference on Technology of Object-Oriented Languages and Systems, TOOLS EUROPE '99*, Nancy, France, pp. 118-130, June.

[3] Dr Siniša Vlajić: *Projektovanje programa (skriptas)*, FON, Beograd 2004.

[4] Taligent (1994): *Building Object-Oriented Frameworks*, A Taligent White Paper. <https://lhcb-comp.web.cern.ch/lhcbcomp/Components/postscript/buildingoo.pdf>.

[5] V. Stanojevic S. Vlajic M. Milic and M. Ognjanovic. *Guidelines for Framework Development Process*. In *Software Engineering Conference in Russia (CEE-SECR) 7th Central and Eastern European* pp. 1-9 Nov 2011.

[6] Karch, M. *Android for Work: Productivity for Professionals*. Apress. 2010.

[7] Retford, B., and Schwartz, J. *How to build an SMS Service*. O'Reilly Media Inc., California, USA. 2007.

[8] Hillebrand F, Trosby F, Holley K. *Short Message Service: The Creation of Personal Global Text Messaging*. Chichester: Wiley. John Wiley & Sons. (2010).

[9] Booch, Grady. *Designing an Application Framework*. *Dr. Dobb's Journal* 19, Nro. 2. 1994.

[10] Marcus Markiewicz, Carlos J.P. Lucena: *Object Oriented Framework Development*, "Crossroads" Volume 7, Issue 4 (June 2001), ISSN: 1528-4972.

[11] Don Roberts, Ralph Johnson: *Evolving Frameworks*, A Pattern Language for Developing Object-Oriented Frameworks, <http://stww.cs.illinois.edu/users/droberts/evolve.html>.

[12] Xavier Amatriain: *CLAM: A Framework for Audio and Music Application Development*. *IEEE Software* 24(1) pp.82-85 (2007).

[13] M. Mattsson, J. Bosch, M. Fayad: *Framework*

Integration: Problems, Causes, Solutions, Communications of the ACM, Volume 42, Issue 10 (October 1999), pp. 80-87, 1999, ISSN: 0001-0782.

[14] Jan Bosch, Peter Molin, Michael Mattson, Per-Olaf Bengtsson, and Mohamed E. Fayad (1997). Framework problems and experiences. In Mohamed E. Fayad, Douglas C. Schmidt, and Ralph E Johnson, editors, *Building Application Frameworks: Object-Oriented Foundations of Framework Design*, chapter 3, pp 55–82. Wiley, 1999.

[15] Sbaa, A. El Bejjat, R. & Medromi, H. An SMS-SQL based On-board system to manage and query a database. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)* Vol. 3, No.6 (2012:141).

[16] Ozeki Informatics Ltd. Ozeki NG - SMS Gateway. 2014. Recuperado el 14 de Octubre de 2014, de <http://www.ozekisms.com/index.php?owpn=159>.

[17] Wei Cui, Lin Huang, LiJing Liang, Jing Li (2009) “The Research of PHP Development Framework Based on MVC Pattern”, Fourth International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology (IC3IT), pp.947-949.

[18] C. Supaartagorn, “PHP Framework for database management based on MVC pattern”, Department of Mathematics Statistics and Computer, Ubon Ratchathani University, Thailand, 2011.

# GUIA PARA LOS AUTORES

---

La Revista FARAUTE UC de la Facultad de Ciencias y Tecnología (FACYT) considerará, para su difusión, trabajos inéditos relacionados con las ramas de las Ciencias Básicas y la Tecnología, tanto de carácter técnico como de carácter divulgativo, siempre que el mismo sea el producto de un proceso de investigación objetivo y comprobable. Se aceptan artículos o notas en español e inglés.

## Tipos de Trabajos

- Artículos científicos con un máximo de doce (12) páginas.
- Artículos divulgativos de investigación con un máximo de doce (12) páginas.
- Notas Técnicas con un máximo de cinco (5) páginas.
- Artículos de Actualización Científica que resuman el “Estado del Arte” de un área específica de las ciencias y tecnología con un máximo de doce (12) páginas.
- Artículos de invitados especiales con un máximo de cinco (5) páginas.
- Cartas al Editor, que consistan en observaciones técnicas de artículos publicados en la revista.

## Requerimientos de formato para manuscritos enviados para su evaluación:

El formato del manuscrito debe seguir las siguientes recomendaciones:

- Tipo de letra: *Times New Roman* 12 ptos, a excepción del título en español.
- Texto del artículo a doble columna a excepción del título, la información del(os) autor(es) y el resumen.
- Espaciado: simple
- Tamaño de papel: Carta con márgenes justificado de 2,5 cm por cada lado.
- Los artículos deben constar de las siguientes secciones:
  - **Título:** en español e inglés. El título en español debe ser en letra Times New Roman, tamaño 14, en mayúsculas, negritas, centrado. Dejando una línea de por medio, en letra tamaño 12, el título en inglés, negrita, en mayúsculas únicamente las iniciales de los nombres, pronombres, verbos, adjetivos y adverbios.  
  
**Información del(os) autor(es).** Colocar el primer nombre completo, inicial del segundo, primer apellido completo e inicial del segundo, en mayúscula y centrado. En la siguiente línea colocar la dirección física de los autores y en la última línea la dirección de correo electrónica. Emplear superíndices numéricos para la identificación de los autores y sus respectivas direcciones. En caso de que varios autores posean correos electrónicos bajo un mismo dominio, utilizar el formato siguiente {login1, login2, ... loginn}@dominio. Ejemplo:  
  
{sardito, hvasquez, jrodrigu}@uc.edu.ve
  - **Resumen:** máximo de 150 palabras a una sola columna justificada, sin incluir referencias bibliográficas. Luego colocar entre tres (03) y cinco (05) palabras clave en orden alfabético (el resumen y las palabras clave deben incluirse en idioma inglés).
  - **Introducción.**
  - **Cuerpo del artículo:** Materiales y métodos (en caso de ser necesario), resultados y discusión.
  - **Conclusiones** (opcional).

- **Agradecimientos** (opcional).
- **Bibliografía.** Las referencias bibliográficas serán listadas en orden alfabético, incluirán primer apellido, inicial del nombre y en caso de ser varios autores, inicial del nombre seguido del primer apellido, año de publicación, título de la obra o del trabajo citado (se debe colocar en mayúscula solo la letra inicial de la primera palabra). Ejemplos según sea el caso:
  - Publicaciones periódicas: Autor. Año. Título del artículo. *Nombre de la Revista abreviada*. Volumen (Número): páginas.

Baum, L. E., T. Petrie, G. Soules & N. Weiss. (1970). A maximization technique occurring in the statistical analysis of a probabilistic functions of Markov chains. *Ann. Math. Stat.* 41(1):164–171.

- Libros: Autor. Año. *Título del libro*. Casa editora. Ciudad.

Bernardo, J. & A. Smith. (1994). *Bayesian theory*. Wiley. New York.

- Libros colegiados: Autor. Año. Título del capítulo. In: *Título del libro* (editores), páginas. Casa editora. Ciudad.

Steyermark, J. (1994). Aspectos morfológicos del Parque Nacional Morrocoy. In: *Flora del Parque Nacional Morrocoy* (B. Manara, ed.), 66-103. Fundación Instituto Botánico de Venezuela y Agencia Española de Cooperación Internacional. Caracas, Venezuela.

- Proceedings o memorias: Autor. Año. Nombre del Evento. Institución donde se realizó el mismo. Ciudad. País. Páginas.

Toyota, M. (1999). Caracterização química e citológica como subsídios à taxonomia de grupos-problema. VIII Reunião brasileira de ficologia. Sociedade brasileira de ficologia. Pernambuco. Brasil. 41.

- Tesis o trabajos de ascenso: Autor. Año. Título. Tipo de Trabajo. Facultad. Universidad. Ciudad, País.

Vera, B. (2000). Estudio ficoflorístico de la región oriental del litoral central de Venezuela, Edo. Vargas, Venezuela. Trabajo de ascenso a la categoría de Asistente. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

- Documento en electrónico: citar según las indicaciones del documento electrónico o seguir los formatos indicados en la norma ISO 690-2, disponible en la dirección:

[http://www.ugr.es/~pwlac/G00\\_Referencias\\_electronicas.html](http://www.ugr.es/~pwlac/G00_Referencias_electronicas.html)

- Las referencias deben ser citadas en el artículo, de acuerdo a:
  - **Un solo autor:** se indica el primer apellido del autor seguido por el año de la publicación, todo esto entre paréntesis.
 

..... (Vargas, 1999)....
  - **Dos autores:** se coloca el primer apellido del primer autor, el símbolo & y el primer apellido del segundo autor, seguidamente la fecha de publicación; todo esto entre paréntesis.
 

..... (Vargas & Rodríguez, 2002).....

- **Más de dos autores:** se coloca el primer apellido del primer autor, luego se coloca “*et al.*”, seguidamente la fecha de publicación; todo esto entre paréntesis.

..... (Vega *et al.*, 2005) .....

- **Más de dos referencias:** se coloca cada referencia de acuerdo a lo anterior, separados por puntos y comas (;). Se deben ordenar primariamente en orden cronológico y en segundo lugar alfabéticamente, todo esto entre paréntesis. el primer apellido del primer autor, luego se coloca “*et al.*”, seguidamente la fecha de publicación; todo esto entre paréntesis.

..... (Vargas, 1999; Vargas & Rodríguez, 2002; Graterol *et al.*, 2005; Vega *et al.*, 2005) .....

- Los encabezados de cada sección se escribirán en negritas y deben estar enumerados.
- Las figuras, fotografías, diagramas y gráficos deben denominarse como “Fig.”. Las tablas deben denominarse “Tabla”. Las tablas y figuras deben enumerarse correlativamente y estar citadas en el texto en el mismo formato anterior. Se presentarán insertas en el cuerpo del artículo y además se debe entregar una copia en versión digital de las mismas. Las figuras deben estar en blanco y negro o escala de grises en formato JPEG o TIFF a una resolución de 300 dpi. Para la entrega de la versión final se requieren las imágenes en archivos a parte.
- Unidades de medida. Los valores se deben expresar en el sistema métrico decimal de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). La mayoría de los símbolos se escriben abreviados, en minúscula, salvo algunas excepciones como aquellos derivados de nombres propios, no llevan punto y se separan del valor numérico por un espacio. Ejemplos: cm (centímetro), h (hora), °C (Celsius).
- Las ecuaciones deben identificarse con un número entre paréntesis correspondiente a la enumeración correlativa de las ecuaciones. Estas deben estar en cursiva. Ejemplo:

$$I_F = I_B = -I_C = A^2 I_{A1} + A I_{A2} + I_{A0} = \frac{-J\sqrt{3}E_A}{Z_1 + Z_2} \quad (1)$$

Las ecuaciones tienen que estar citadas en el manuscrito y deben identificarse como “Ec”.

- Los algoritmos o códigos fuentes de programas se deben identificar con la palabra “Algoritmo” seguida de un número correspondiente a la numeración correlativa de los algoritmos y un título que lo identifique. Estos deben respetar la indentación y en letra courier tamaño 9. Ejemplo:

```
(1) void * sum(void * arg) {
(2) int * p; p = (int *)arg;
(3) pthread_mutex_lock(&m);
(4) s = s + *p;
(5) pthread_mutex_unlock(&m);
(6) }
Algoritmo 1. Hilo que efectúa la suma.
```

- Nombres y coordenadas geográficas. Los nombres geográficos sólo se escriben en mayúscula cuando forman parte de un nombre propio, por ejemplo: Península de Paraguana, Río Cabriales. Las coordenadas deben citarse utilizando las siglas correspondientes: Lat. (latitud), Long. (longitud), N (norte), S (sur), E (este), O (oeste), ejemplo: 10°31'01" Lat. N., 67°06'10" Long. O.

**Envío de manuscritos para arbitraje:**

Los *manuscritos iniciales* deben ser enviados en formato electrónico PDF o MSWord (al menos en la versión XP) a la siguiente dirección:

[farautecienciauc@gmail.com](mailto:farautecienciauc@gmail.com)

**Hojas de estilo para artículos aceptados para su publicación:**

El arte final de los artículos aceptados para su publicación debe respetar todos los requerimientos anteriores. Para ello se ponen a disposición de los autores las hojas de estilo correspondiente a cada formato (LATEX o Microsoft WORD), las cuales pueden ser obtenidas electrónicamente en la siguiente dirección electrónica:

<http://www.facyt.uc.edu.ve/investigacion/faraute>

**Hoja de Estilos para LATEX:**

CyT\_UC.sty  
CyT\_UC.tex

**Hoja de Estilos para WORD:**

CyT\_UC.doc

**Notas finales:**

Los artículos serán sometidos a arbitraje en extenso previa publicación. Los artículos arbitrados sujetos a modificación, deben ser corregidos en un plazo de tres semanas para su incorporación en el número correspondiente. En caso de no ser entregados, permanecerán por un período de espera de seis meses como máximo, para la entrega de la versión corregida. Una vez vencido este plazo el trabajo será arbitrado nuevamente previa solicitud por parte del autor.

La Revista Faraute de Ciencias y Tecnología es el órgano de difusión y divulgación de las actividades científicas de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Carabobo, la cual es de Acceso Abierto No comercial (AANC).

## GUIDE FOR AUTHORS

---

“Faraute” Journal of the Experimental Faculty of Science and Technology (Facyt) publishes original papers of interest to a broad group of readers from the basic Science and Technology community.

A submission to Faraute UC must be the original contribution of the author(s) and must not be published elsewhere or be under consideration for another publication in its submitted or a substantially similar form in any language. Contributions in Spanish and English in the following categories may be submitted.

### Types of contributions

- Research articles with original results in the basic science and technology. Maximum twelve (12) pages.
- Technical notes. Maximum five (5) pages.
- Reviews. Critical surveys of specific field of science and technology in which existing published information is analyzed and discussed. Maximum twenty (20) pages.
- Articles of special guest. Maximum five (5) pages.
- Letters to the editor regarding technical observations of articles published in the journal.

### Preparation of text:

The format of the manuscript must follow the following recommendations:

- Type of letter: *Times New Roman* size 12, except the title in Spanish.
- Text of the article in double columns, except the title, the information of the author(s) and the abstract..
- Spacing: single,
- Size of paper: letter, with justified margins of 2.5 cm on either space.
- The article must have the following sections:
  - **Title:** In Spanish and English. The title in Spanish must be in Times New Roman, size 14, in capital letters, bold, centered, leaving one line size 12 between. The title I English will be bold; capital letters are to be used only for the initial the names, pronouns, verbs, adjectives and adverbs. Cursive words are allowed, only when referring to the scientific name of a species. For example:

**DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN PARCIAL DE PROTEASAS  
OBTENIDAS DEL FRUTO DE *Thevetia ahouai* (L.) A.DC.**
  - **Information of the author(s).** Place the first name, initial of the second one, last name and initial of the second one, in capital letters and centered. In the following line place the physical address of the authors, and in the last line the electronic address. Use numeric super indexes to identify authors and their addresses. In case of various authors having electronic addresses under the same domain, use the following format: {login1, login2, ... loginn}@domain. For example:

{sardito, hvasquez, [jrodrigu@uc.edu.ve](mailto:jrodrigu@uc.edu.ve)}

- **Abstract:** The abstract must contain a maximum of 150 words in one column, justified, without including bibliographic references. Afterwards, add between three (3) and five (5) keywords in alphabetical order.
- **Introduction:** This section should provide a comprehensible statement of the problem, a relevant literature of the subject, and the proposed approach or solution.
- **Body of the article:** The paper may include a section of material and methods, if necessary, and must contain both a result and a discussion section.
- **Conclusions:** A conclusions section is optional.
- **Acknowledgments:** This section is also optional.
- **Bibliography:** Bibliographical references will be listed in alphabetical order. They will include, for the first author, first surname and initial of the first name. For the rest of the authors, if there are any, initial of first name followed by first surname. After the authors names it follows the year of publication in parenthesis. The next information should be the title of the work referenced. Only the first letter of the first word should be in capital letters. Examples of possible referenced works are given in the following paragraphs:

- Periodic publications: Author or authors. Year. Title of the article. Abreviated name of the publication (in italics). Volume (Number): pages.

Baum, L. E., T. Petrie, G. Soules & N. Weiss. (1970). A maximization technique occurring in the statistical analysis of a probabilistic functions of Markov chains. *Ann. Math. Stat.* 41(1):164–171.

- Books: Author or authors. Year. Title of book. Publishers. City.

Bernardo, J. & A. Smith. (1994). *Bayesian theory*. Wiley. New York.

- Collaborative books: Author or authors. Year. Title of chapter. In: Title of book (editors), pages. Publishers. City.

Steyermark, J. (1994). Aspectos morfológicos del Parque Nacional Morrocoy. In: Flora del Parque Nacional Morrocoy (B. Manara, ed.), 66-103. Fundación Instituto Botánico de Venezuela y Agencia Española de Cooperación Internacional. Caracas, Venezuela.

- Proceedings or memoirs: Author or authors. Year. Name of presentation. Name of the Event. Institution where the event took place. City. Country. Pages.

Toyota, M. (1999). Caracterização química e citológica como subsídios à taxonomia de grupos-problema. VIII Reunião brasileira de ficologia. Sociedade brasileira de ficologia. Pernambuco. Brasil. 41.

- Thesis or promotion research projects: Author or authors. Year. Title. Type of work. Faculty. University. City, Country.

Vera, B. (2000). Estudio ficoflorístico de la región oriental del litoral central de Venezuela, Edo. Vargas, Venezuela. Trabajo de ascenso a la categoría de Asistente. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

- Document in electronic format: Cite according to indications of the electronic document or follow the formats indicated the norm ISO 690-2, available in the address:

[http://www.ugr.es/~pwlac/G00\\_Referencias\\_electronicas.html](http://www.ugr.es/~pwlac/G00_Referencias_electronicas.html)

- The references must be cited in the article according to:
  - **One author:** Indicate the first surname of the author followed by the year of publication, all in parenthesis.  
 ..... (Vargas, 1999)....
  - **Two authors:** indicate the first surname of the first author, the symbol & and the surname of the second author, followed by the year of publication, all in parenthesis.  
 ..... (Vargas & Rodríguez, 2002).....
  - **More than two authors:** Indicate the last name of the first author, the add “*et al.*”, followed by the year of publication, all in parenthesis.  
 ..... (Vega *et al.*, 2005) .....
  - **More than two references:** Write each reference according to the previous information, separated by semi-colons (;). They should be sorted chronologically firstly and them alphabetically, all in parenthesis.  
 ..... (Vargas, 1999; Vargas & Rodríguez, 2002; Graterol *et al.*, 2005; Vega *et al.*, 2005) .....
- The headings of each section must be written in bold, and should be numbered.
- Figures, photographs and graphics should be identified “Fig.”. Tables should be called “Table”. These words should be placed under the figure or table aligned to the left. There should follow a description, in Times New Roman letters, size 10. The tables and figures must be numbered correlatively and be cited in the text in the same previous format.
- Figures will be inserted in the body of the article, and a digital copy should be handed in. They should be in JPEG or TIFF, a resolution of 300 dpi, and the file should be name as “Fig”, followed by the corresponding number of the article.
- Units of measure. The values must be expressed in the decimal metric system, according to the Systeme International d’Unités (SI). Most symbols are abbreviated, in common letters, except in some cases, as those derived from proper names, they do not take a period, and are separated from the numeric value by a space. Examples: cm (centimeter), h (hour), °C (Celsius).
- Equations must be identified with a number in parenthesis corresponding to the correlative numbers of the equation. These must be in cursive. For example:

$$I_F = I_B = -I_C = A^2 I_{A1} + A I_{A2} + I_{A0} = \frac{-J\sqrt{3}E_A}{Z_1 + Z_2} \quad (1)$$

To refer these equation in the manuscript should be identified as “Eq”.

- Algorithms or codes of program sources must be identified with the word “Algorithms”, followed by a number corresponding to the correlative number of the algorithms and the title identifies it, all centered in a placed I the lower part. Each line must be numbered as show below. These must respect indentation and be in “Courier” size 9. Example:

```
(1) void * sum(void * arg) {
(2) int * p; p = (int *)arg;
(3) pthread_mutex_lock(&m);
(4) s = s + *p;
(5) pthread_mutex_unlock(&m);
(6) }
```

Algorithm 1. Hilo que efectúa la suma.

- Names and geographical coordinates. Geographical names are only written in capital letters when they are part of a proper name, for example: Península de Paraguana, Río Cabiliaes. Coordinates must be cited using the corresponding abbreviation: Lat. (latitude), Long. (length), N (north), S (south), E (east), W (west), for example: 10°31’01” Lat. N., 67°06’10” Long. O.

#### **Sending manuscripts for arbitration:**

The initial manuscripts must be sent in PDF or MSW electronic format to the following address:

[farautecienciauc@gmail.com](mailto:farautecienciauc@gmail.com)

#### **Style pages for articles accepted for publication:**

The final art of the article accepted for publication must respect all the previous requirements. Therefore, the authors are offered the style pages that correspond to each format (LATEX or Microsoft WORD), which can be obtained at the following electronic address: <http://www.facyt.uc.edu.ve/investigacion/faraute>

#### **For LATEX style pages:**

CyT\_UC.sty  
CyT\_UC.tex

#### **For WORD style pages:**

CyT\_UC.doc

#### **Final notes:**

The articles will undergo complete arbitration prior to publication. The arbitrated articles subjected to modifications, must be corrected in three weeks to be included in the corresponding number. In case they are not turned in they will be held for a maximum of six months, awaiting for the corrected version. Once that period expires the article will be subjected to arbitration again upon the author’s request.

Faraute de Ciencias y Tecnología is the organ of diffusion and dissemination of the scientific activities of the Facultad de Ciencias y Tecnología of the Universidad de Carabobo, which is Non-commercial Open Access (AANC).



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD EXPERIMENTAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

Jessy Divo de Romero  
**Rectora**

Ulises Rojas  
**Vicerrector Académico**

José A. Ferreria  
**Vicerrector Administrativo**

Pablo Aure  
**Secretario**

**AUTORIDADES DE LA FACULTAD**  
**EXPERIMENTAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

---

Profesor José Gregorio Marcano  
Decano

Profesora Elizabeth Perozo  
Directora Departamento de Química

Profesora Marilyn Giugni  
Directora Departamento de Computación

Profesor Richard Barrios  
Departamento de Física

Profesor Luis Rodríguez  
Departamento de Matemática

Profesor Rafael Fernández  
Departamento de Biología

Profesora Rosa de Muñoz  
Coordinadora de la unidad de formación  
Socio-Humanística

Profesor Reimer Romero  
Director de Investigación

Profesor Juan Carlos Pereyra  
Director de Postgrado

Profesor Orestes Montilla  
Director de Asuntos Estudiantiles

Profesora Ysmel la Rosa  
Directora de extensión

Profesora Miryelis Rojas  
Directora de asuntos profesoriales

Profesora Rosa Bravo  
Directora de currículum