

## Avances y retos de la ciencia y la ingeniería

### Editores académicos

- Patricia Rosenzweig Levy | **Editora general**
- María Teresa Célis | **Coordinadora de la edición**
- Nayive Jaramillo
- Francklin Rivas

Avances y retos de la ciencia y la ingeniería



PUBLICACIONES  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
C O D E P R E



UNIVERSIDAD  
DE LOS ANDES



**Esta colección** contempla la edición de textos académicos que sirvan de apoyo docente en las áreas del conocimiento existentes en la Universidad: Ciencias Humanísticas y Sociales, Ciencias Básicas y Tecnología, Ciencias de la Salud.

Entre los objetivos específicos de esta colección resaltan:

- Estimular la edición de libros al servicio de la docencia.
- Editar la obra científica de los profesores de nuestra Casa de Estudios.
- Publicar las investigaciones generadas en los centros e institutos de investigación.

Hasta ahora, un número destacado de textos universitarios ha sido publicado por miembros de nuestra planta profesoral, obras de las que –en la búsqueda del mejoramiento de la calidad de nuestra educación de pre y posgrado– se han beneficiado por igual estudiantes y docentes.



UNIVERSIDAD  
DE LOS ANDES



**Esta colección** contempla la edición de textos académicos que sirvan de apoyo docente en las áreas del conocimiento existentes en la Universidad: Ciencias Humanísticas y Sociales, Ciencias Básicas y Tecnología, Ciencias de la Salud.

Entre los objetivos específicos de esta colección resaltan:

- Estimular la edición de libros al servicio de la docencia.
- Editar la obra científica de los profesores de nuestra Casa de Estudios.
- Publicar las investigaciones generadas en los centros e institutos de investigación.

Hasta ahora, un número destacado de textos universitarios ha sido publicado por miembros de nuestra planta profesoral, obras de las que –en la búsqueda del mejoramiento de la calidad de nuestra educación de pre y posgrado– se han beneficiado por igual estudiantes y docentes.



TEXTOS  
UNIVERSITARIOS

ISBN: 978-980-11-1858-9



9 789801 118589

*Universidad de Los Andes*  
*Vicerrectorado Académico*

# **AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERÍA**

## **Editores académicos**

Patricia Rosenzweig Levy **Editora general**  
María Teresa Celis **Coordinadora de la edición**  
Nayive Jaramillo  
Francklin Rivas



---

**PUBLICACIONES  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
CODEPRE**

## UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

### *Autoridades universitarias*

- **Rector**  
Mario Bonucci Rossini
- **Vicerrectora Académica**  
Patricia Rosenzweig Levy
- **Vicerrector Administrativo**  
Manuel Aranguren Rincón
- **Secretario**  
José María Andérez Álvarez
- **Coordinador de la Comisión de Desarrollo del Pregrado**  
Juan Carlos Pacheco Rivera

## PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, SEDE IBARRA

### *Autoridades Universitarias*

- **Prorectora**  
María José Rubio
- **Vice-Prorector**  
Miguel Ángel Morales
- **Directora Académica**  
María Fannery Suarez
- **Director Administrativo**  
Andrés Simbaña
- **Coordinadora del Centro de Investigaciones**  
Tania Aguilera
- **Director de la Escuela de Ingeniería**  
Stalin Arciniegas

## SELLO EDITORIAL

### PUBLICACIONES DEL VICERRECTORADO ACADÉMICO

- **Presidenta**  
Patricia Rosenzweig Levy
- **Coordinador**  
Ricardo R. Contreras
- **Consejo editorial**  
Ricardo R. Contreras  
María Teresa Celis  
Jesús Alfonso Osuna Ceballos  
Hernán Galindo  
Rafael E. Solórzano  
Marlene Bauste

Unidad operativa

- **Supervisora de procesos técnicos**  
Yelliza García
- **Asesor editorial**  
Freddy Parra Jahn
- **Asistente**  
Yoly Torres
- **Asistente técnico**  
Ricardo Huggines

## COLECCIÓN TEXTOS UNIVERSITARIOS

Sello Editorial Publicaciones Vicerrectorado Académico

## AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERÍA

Primera edición digital, 2017

© Universidad de Los Andes.

Sello Editorial del Vicerrectorado Académico de la Universidad de Los Andes con el financiamiento de la Comisión de Desarrollo del Pregrado (CODEPRE)

© Patricia Rosenzweig Levy, María Teresa Celis  
Nayive Jaramillo, Francklin Rivas  
Hecho el depósito de ley.  
Depósito legal ME2016000123  
ISBN 978-980-11-1858-9  
ISBN 978-980-11-1861-9

• **Corrección de texto**  
María Teresa Celis

• **Concepto de colección**  
Katalin Alava

• **Diseño y diagramación**  
María Teresa Celis  
Javier C. Rodríguez

• **Diseño de portada**  
Carlos A. Saavedra

• **Fotografía de portada**  
Nadia González  
(Oficina de Relaciones Interinstitucionales.  
Facultad de Ingeniería)

**Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra sin la autorización escrita de los autores y editores.**

Universidad de Los Andes  
Av. 3 Independencia,  
Edificio Central del Rectorado,  
Mérida, Venezuela.  
publicacionesva@ula.ve  
publicacionesva@gmail.com  
<http://www2.ula.ve/publicacionesacademicas>

**Los trabajos publicados en esta colección han sido rigurosamente seleccionados y arbitrados por especialistas en las diferentes disciplinas.**

Editado en la República Bolivariana de Venezuela

### **Comité científico**

María Teresa Celis (coordinadora)  
Alix Moncada  
Ana Forgiarini  
Beatriz Sandia  
Carlos Quintero  
Diana Páez  
Domingo Hernández  
Edison Iglesias  
Francisco Bongiorno  
Francisco León  
Franklin Rivas  
Grellys Sosa  
Iñaki Aguirre  
Jean Dolhoste  
Jorge Calderón  
José Gregorio Delgado  
Juan Carlos López  
Leandro León

Leira Chacón  
Jhonny Bullon  
Magdiel Ablan  
Manuel Jáuregui  
Marisol Dávila  
Mary Vergara  
Miguel Díaz  
Miguel Ríos  
Miriam Villarreal  
Nayive Jaramillo Santana  
Norly Belandria  
Sebastián Provenzano  
Silvia Calderón  
Víctor Guedez  
Yhon García

### **Decano de la Facultad de Ingeniería**

**Universidad de Los Andes**  
Rubén Darío Chacón Morón



Esta colección contempla la edición de textos académicos que sirvan de apoyo docente en las áreas del conocimiento existentes en la Universidad: Ciencias Humanísticas y Sociales, Ciencias Básicas y Tecnología y Ciencias de la Salud.

Entre los objetivos específicos de esta colección resaltan:

- Estimular la edición de libros al servicio de la docencia.
- Editar la obra científica de los profesores de nuestra Casa de Estudios.
- Publicar las investigaciones generadas en los centros e institutos de investigación.

Hasta ahora, un número destacado de textos universitarios ha sido publicado por miembros de nuestra planta profesoral, obras de las que –en la búsqueda del mejoramiento de la calidad de nuestra educación de pre y posgrado-- se han beneficiado por igual estudiantes y docentes.

# **AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERÍA**

**COLECCIÓN TEXTOS UNIVERSITARIOS**

Sello Editorial Publicaciones del Vicerrectorado Académico

Comisión de Desarrollo del Pregrado

Universidad de Los Andes

**MÉRIDA - 2017 - VENEZUELA**

**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Prólogo		xxii
Cap 1	Concepto de formulación y algunas de sus aplicaciones interfaciales en sistemas micro-heterogéneos surfactante/agua/aceite	<b>Salager, Jean-Louis*</b> ; Forgiarini, Ana ; Bullón, Johnny; Delgado-Linares, José Gregorio; Márquez, Ronald; Aubry, Jean-Marie; Celis, María-Teresa 1-14
Cap 2	La academia pilar fundamental de la universidad	<b>Rosenzweig Levy, Patricia</b> 15-19
Cap 3	Programa de promoción social integral para el desarrollo de áreas en los campos educacionales y culturales. Mérida como estado para la salud, desarrollo agrícola, turismo e infraestructura vial	<b>Monzón Salas, Germán*</b> ; Godoy Bolívar, Jesús; Newman, Ligia; Mora Contreras, Ezio; Guerrero, Omar Antonio; Contreras Miranda, Wilver; Toro Toro, Lienard; Villavicencio Moreno, Orlando Tadeo; Fargier, Luis; Moreno, Guido; Araque, Víctor; Mazzei, Luis; Villasmil, Néstor; Véliz, Luis 20-41
Cap 4	Potencial antioxidante de extractos de <i>Pimenta racemosa</i> var. <i>racemosa</i> (Mill.) J.W. Moore de Táchira - Venezuela	<b>Contreras-Moreno, Billmary*</b> ; Díaz, Lorena; Celis, María-Teresa; Rojas, Jann; Rodríguez-Castillo, Gabriela; Plaza, Claudia; Alarcón, Libia; Rosenzweig Levy, Patricia 42-50
Cap 5	Estudio del pasaje transdérmico del ácido hialurónico sobre membranas sintéticas	<b>Bullón, Johnny*</b> ; Gallo, Ann Loc Génesis; Forgiarini, Ana Maria; Celis, María –Teresa; Cordero, Atilio; Goncalves, Edith 51-55
Cap 6	Evaluación del comportamiento hidráulico de la planta potabilizadora las mesas mediante ensayo de trazadores	<b>Vivas, Marisabel*</b> ; López, Salomón 56-64

**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Cap 7	Diseño e implementación de un geoportal turístico	<b>Puetate, Galo*</b> ; Ibarra, José; Rivas, Francklin; Vargas, Carmen; Cevallos, Adrián	65-71
Cap 8	Mejora de las condiciones ergonómicas del puesto de trabajo de un soldador de taller metalmecánico	<b>Yépez, Sara*</b> ; Rodríguez, Deliher	2-82
Cap 9	Una tarea de analítica social de aprendizaje basada en métodos espectrales y minería semántica para detectar comunidades eco-conectivistas	<b>Mosquera, Diego*</b> ; Jose Aguilar,	83-93
Cap 10	Electrodos de pasta de carbón modificados con cobre para la reducción electroquímica de oxígeno	<b>Sindony, Yira*</b> ; Burguera, Griceyd; Márquez, Olga; Navarro, Pedro; Márquez, Jairo; Martínez, Yris	94-103
Cap 11	Estudio de las propiedades índices de mezclas asfálticas en caliente incorporando material reciclado de poliestireno	<b>Briceño, Johannes*</b> ; Gioconda González,	104-112
Cap 12	Determinación de níquel en soluciones acuosas empleando un sistema FIA-EAA con minicolumna de preconcentración	<b>Rondón, Wendy*</b> ; Villegas, Migue; Lujano, Juan; Moreno, María; Peña, Yesenia	113-121
Cap 13	Un sistema multi-robot heterogéneo basado en el algoritmo ACO para tareas de exploración y búsqueda	<b>Gil, Ángel*</b> ; Juliao, Diego; García, Jesús; Aguilar, José; Rivas, Rafael; Dapena, Eladio	122-129
Cap 14	Una propuesta para la recuperación electroquímica del oro de los diques de cola en las minas	<b>Márquez, Keyla*</b> ; Márquez, Olga; Márquez, Jairo; Weinhold, Elkis	130-136
Cap 15	Caracterización de un ataque Man in the Middle de tipo ARP Spoofing y análisis de alternativas de detección y protección	<b>Landeta, Pablo*</b> ; Salazar, Fausto; Pusdá, Marco; Pusdá, Segundo	137-145



**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Cap 16	Evaluación de la adsorción del surfactante dodecil benceno sulfonato de sodio en muestras de roca de la formación misoa con fines de formulación óptima en recuperación mejorada de petróleo	Lobo, Albany; <b>Rivero, María*</b> ; Mousalli, Victoria.	146-150
Cap 17	Caracterización de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en la quebrada la Coromoto, municipio Santos Marquina del estado Mérida	<b>Rondón, Ivana</b>	151-159
Cap 18	Emulsión y solubilización de retinoides para determinar suficiencia anti-leishmanial <i>in vitro</i>	<b>Goncalves Paredes, Loredana*</b> ; Maizo de Segnini, Zulay; Bonfante-Cabarcas Rafael	160-165
Cap 19	Capacidad de soporte californiana en suelos granulares finos mezclados con poliestireno reciclado para la construcción de carreteras	<b>Santiago, Yrene*</b> ; González, Gioconda	166-175
Cap 20	Ciencia, arte y tecnología al servicio del modelado gráfico de conceptos y sistemas complejos	<b>Rodríguez-Millán, Jesús</b>	176-184
Cap 21	Utilización de DEAE-celulosa como intercambiador iónico para el fraccionamiento y purificación de inmunoglobulinas	<b>Goncalves Paredes, Loredana*</b> ; López Barrios, María; Maizo de Segnini, Zulay.	185-191
Cap 22	Desarrollo de un sistema de toma y calificación de exámenes de admisión basada en software libre y tecnologías híbridas	<b>Ibarra Estévez, José*</b> ; Puetate Huera, Galo Hernán; Pusedá Chulde, Segundo	192-195
Cap 23	Efecto de la geometría en la resistencia aparente de probetas de concreto sometidas a compresión uniaxial	<b>Torres, Rafael*</b> ; Pinto, Arnaldo; Ucar, Roberto	196-204
Cap 24	La red social de aprendizaje Edmodo en la educación universitaria	<b>Delgado, Eugenia</b>	205-212

**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Cap 25	Comportamiento de mezclas asfálticas densas en caliente modificadas con material de polipropileno	<i>Sánchez, Engelber*</i> ; González, Gioconda; Briceño, Johannes	213-222
Cap 26	Análisis y gestión de riesgos en sistemas de información académica universitaria implementando MageritV3	<i>Pusdá, Marco*</i> ; Imbaquingo, Daisy; Ibarra, José; Pusdá, Segundo	23-229
Cap 27	Diseño, construcción y aplicación de un sistema de evaluación grupal para estudiantes de introducción a la robótica	<i>Dapena, Eladio*</i> ; Rivas, Rafael; Pérez, Jesús	230-236
Cap 28	Estimación simultánea de estado y parámetros para un proceso de producción de bioetanol	Haack, Ivana; <i>Miranda, Moira*</i> ; García Yohn	237-244
Cap 29	Actividades biológicas analizadas en los extractos de <i>Jatropha curcas</i> Linn	<i>Méndez, Lucero*</i> ; Rojas, Janne; Contreras-Moreno, Billmary; Velasco, Rosenzweig Levy, Patricia; Judith; Celis, María Teresa	245-252
Cap 30	Actividad antioxidante y antimicrobiana de mieles de <i>Melipona favosa</i> (Fabricius 1798)	Peña-Vera, María; <i>Pérez-Pérez, Elizabeth*</i> ; Vit, Patricia; Guerrero, Carlos; Sulbarán-Mora, Miguel.	253-268
Cap 31	Desarrollo de mecanismo de asistencia a la extensión para prótesis externa de rodilla	<i>Amador, Belkys*</i> ; Müller-Karger, Carmen	269-276
Cap 32	Influencia de la salinidad en la adsorción de surfactante aniónico sobre arcilla caolinítica. Aplicación de tensiometría superficial	<i>Salazar, Franklin*</i> ; Carrero, Daniel; Guevara, Mairis; Celis, María -Teresa; Forgiarini, Ana.	277-283
Cap 33	Consideraciones para el estudio computacional de fatiga mecánica en prótesis policéntrica de rodilla	<i>Rosas, María Andrea*</i> ; Sánchez, Edgar ; Amador, Belkys; Müller-Karger, Carmen	284-291

**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Cap 34	Una propuesta académica a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes	<b>Rodríguez-Millán, Jesús</b>	292-303
Cap 35	Registro de caudales y evaluación hidráulica del río la mucuy	<b>Mogollón, David*</b> ; Sánchez, Engelber; Rivas, Francisco	304-314
Cap 36	Modelo ontológico del estándar LOM extendido para la gestión de objetos de aprendizaje adaptativos	<b>Guevara, Carlos*</b> ; Aguilar, Jose	315-324
Cap 37	Filtro de Información unscented en arquitectura federada adaptativa aplicada a la destilación	<b>Miranda, Moira*</b> ; Méndez, Dayana; Flores Rigoberto	325-331
Cap 38	Formulación de una emulsión O/W a base de eugenol para aplicación como anestésico tópico y bucal utilizando el método de transición de fases	Cedeño, Yleana; Segovia, Leonel; Dávila, Rafael; Pérez, Albany; Sulbarán, Betzabeth; Gómez, Rubén; Izaguirre, César ; Bullón, Johnny; Rennola, Leonardo; <b>Márquez, Ronald*</b>	332-337
Cap 39	Comparación de tecnologías de propulsión aplicables al transporte vehicular particular en Venezuela	Contreras Cordero, Francisco; Maan Di Camppli, Freddy; Guzmán Arguis, Víctor; <b>Romero Quintini, Juan*</b>	338-346
Cap 40	Un modelo de optimización de rutas de ventas para la distribución de productos	<b>Yépez, Sara*</b> ; Márquez, Renny; Calderón, Ana	347-357
Cap 41	Un agente para la gestión de entornos inteligentes	<b>Rivero, Dulce *</b> ; Narvaez, David; Arciniegas, Stalin	358-364
Cap 42	Módulo supervisor basado en la técnica de superficie deslizante para un controlador paramétrico de matriz dinámica	Valverde, Luis; <b>Camacho, Oscar*</b> ; Iglesias, Edinzo; Calderón, Silvia; Rosales, Andrés	365-373
Cap 43	La computación científica en la enseñanza de la ingeniería química	<b>Calderón, Silvia*</b> ; Iglesias, Edinzo	374-383

**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

Cap 44	Influencia de la formulación fisicoquímica sobre la persistencia de emulsiones en procesos de deshidratación de petróleo	Fernández, Jesús; Márquez, Ronald; Delgado-Linares, José; Salager, Jean-Louis; <b>Forgiarini, Ana*</b>	384-391
Cap 45	Estudio de compensación reactiva para el sistema de potencia occidental de Corpoelec	Zerpa, Ivana; <b>Muñoz, Juan*</b> ; Mora, Ernesto; Ballester, Lelis.	392-402
Cap 46	Índice de maduración en quesos pasta blanda elaborados con leches tratadas con cloruro de calcio, para diferentes razas bovinas, durante el verano	<b>García, Diana Carolina*</b> ; González, Aura Marina; Izaguirre, Cesar; Carrasco, Lisbeth; Gómez, Rubén; Vielma, Rosa Alba; Borregales, Carmen	403-409
Cap 47	Sistema de gestión de riesgos laborales y morbilidad en proyecto del nuevo teleférico de Mérida - Pico Espejo. Venezuela	<b>Ortega, José*</b> ; Yépez, Sara ; Guedez, Victor	410-418
Cap 48	Sistema planificación en empresas holónicas	<b>Chacon, Edgar*</b> ; Cardillo, Juan	419-425
Cap 49	GIUTOO: Generación automática de ontologías desde diagramas de clases UML	Briceño, Miguel; <b>Besembel, Isabel*</b>	426-434
Cap 50	Evaluación de fósforo en quesos pasta blanda obtenidos a partir de leches de distintas razas de ganado, sometidas a la acción del cloruro de calcio, en invierno	<b>González, Aura Marina*</b> ; Quiñones, Ana; Fernández, Antonio; Gómez Rubén; Izaguirre, Cesar; Lucena, Haidee; Pérez, Darío; Borregales, Carmen	435-441
Cap 51	Tutoriales automáticos para aprender, enseñar y evaluar conceptos científicos y tecnológicos	<b>Alvarez, Nancy</b>	442-445

**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Cap 52	Diseño e implementación de un sistema gestor para la vigilancia de los sistemas de enfriamiento y de respaldo eléctrico en la central Mérida I de CANTV	<i>Velázquez, Oscar*</i> ; Cardillo, Juan; Dávila, Omar	446-456
Cap 53	Desarrollo de un sistema de control de acceso basado en reconocimiento facial con redes neuronales artificiales	Espinosa Villareal; Héctor; Ibarra Estévez, José; <i>Rivas Echeverría, Francklin*</i>	457-462
Cap 54	XMLibc: Integración de documentos XML en bases de datos relacionales	Grimaldos, Nelson; <i>Besembel, Isabel*</i>	463-470
Cap 55	Efecto de la adición de CaCl <sub>2</sub> sobre el rendimiento quesero, en la elaboración de quesos pasta blanda en estación invierno	<i>González, Aura Marina*</i> ; Rivas, Miguel Ángel; Gómez, Rubén; Izaguirre, Cesar; Lucena, Haidee; Borregales, Carmen; Pérez, Darío	471-476
Cap 56	Estudio de “reflexiones fantasma” en sistemas de cable de potencia	<i>Ramírez, Francisco*</i> ; Hernández, Jean; Dávila, Marisol;	477-486
Cap 57	Una nueva estrategia para resolver balances de materia en sistemas heterogéneos	<i>García, Yohn</i>	487-494
Cap 58	Flujo de carga optimo con restricciones de seguridad y fuentes de energía intermitentes	<i>Becerra, Daniel*</i> ; Muñoz, Juan Carlos; Mora, Ernesto; Mora, Pedro; Ballester, Lelis Nelson	495-501
Cap 59	Una estrategia de computación inteligente para optimizar la dosificación de reactivos en una planta potabilizadora de agua	Guerrero, Pablo ; Calderón, Silvia; Montoya, Rubén; García, Jesús; Mayorga, Omar; <i>García, Yohn*</i>	502-510
Cap 60	Efecto de la maduración y el contenido graso de la leche en la lipólisis del queso tipo Brie	<i>De Lima, Aída*</i> ; Sánchez, María Dolores; Gómez, Rubén; Borregales, Carmen; Salas, Janeth; Izaguirre, Cesar; González, Aura Marina	511-515

**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Cap 61	Sitio web dinámico para grupos de investigación	Quevedo, Blas; <b>Besembel, Isabel*</b> ; Hernández, Domingo	516-522
Cap 62	Plan de gestión de riesgos en caso de sismo para el edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes en Mérida	Vielma, Johanna; Peña, Eloy; <b>Jaramillo, Nayive*</b>	523-535
Cap 63	Filtros a considerar en la interpretación de sondeos eléctricos verticales 1D en casos de alto contraste de resistividades. Aplicaciones en la contaminación de acuíferos	<b>Mora, Luis*</b> ; Jégat, Hervé; Mejías, Jesús ; Cardillo, Juan	536-546
Cap 64	Identificación y caracterización bioquímica y fisiológica de cepas de <i>Xanthomonas</i> aisladas a partir de cultivos comerciales de Venezuela	<b>Pérez-Pérez Elizabeth*</b> ; Peña-Vera María; Sulbarán-Mora Miguel, Escalante Anderson, Roa María, Peña Mili-beth	547-559
Cap 65	Sistema experto para apoyo en el análisis de estados financieros	<b>Vaca Tapia, Ana*</b> ; Rivas Echeverría, Francklin; Aragón Puetate, Johnny	560-568
Cap 66	Módulo de análisis estadístico para una base de datos NOSQL	Santiago, Luis; <b>Besembel, Isabel*</b>	569-576
Cap 67	Desarrollo de un elemento finito tipo placa para el análisis de estructuras aporricadas tridimensionales	<b>Quintero, Jormany*</b> ; Jaramillo, Nayive; Uzcátegui, Maylett	577-584
Cap 68	Modelo del sistema de producción de agua potable de la planta Dr. Enrique Bourgoïn de la ciudad de Mérida	Rojas, Lisbeth; Jaramillo, Nayive; <b>Peña, Eloy*</b>	585-595

**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Cap 69	Análisis de estabilidad de taludes del sistema teleférico de Mérida-Venezuela, entre las estaciones la montaña y pico espejo	<b>Chourio, Diana*</b> ; Torres, Jesús; Lobo Annie.	596-605
Cap 70	Estimación de recarga mediante un modelo basado en elementos analíticos. Acuífero del Vigía, Venezuela	<b>Mora, Luis*</b> ; Suarez, Blenda ; Contreras, Joel ; Jégat, Hervé; Mejías, Jesús	606-613
Cap 71	Un recurso hipermedial como estrategia de refuerzo académico para programación	<b>Cervantes, Nancy*</b> ; Pineda, Carpio; Pusdá, Segundo.	614-619
Cap 72	Diseño de un dispositivo para rehabilitación de rodilla a través de movimientos de flexión y extensión en pacientes adultos	<b>Vergara, Mary*</b> ; Pachano, Leonardo; Provenzano, Sebastian; Diez y Riega Jesús; Restrepo, Magda; Segnini, José	620-626
Cap 73	Automatización y estimación de la composición de una columna de destilación atmosférica: Una implementación real	<b>Camacho, Oscar*</b> ; Rodas, Ana	627-635
Cap 74	Identificación en línea de sistemas dinámicos lineales usando métodos algebraicos	<b>Colina, Eliezer*</b> ; Baquero, Diego; Ochoa, Cristina; Camacho, Oscar; Chávez, Danilo	636-642
Cap 75	Fotogrametría terrestre digital aplicada a la documentación métrica de la fachada principal de la Iglesia Nuestra Señora del Carmen	<b>Pacheco, Jhaneira</b>	643-652
Cap 76	Estudio geométrico y topológico de un cable de acero	<b>Parra, Rafael*</b> ; Rodríguez, Armando; Herrera, José	653-659

**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Cap 77	Determinación de la superficie crítica en la estabilidad de taludes aplicando el cálculo de variaciones	<b>Belandria, Norly*</b> ; Úcar, Roberto; Arteaga, Jhonnathan	660-669
Cap 78	Estudio comparativo de los efectos de la generación solar fotovoltaica y generadores sincrónicos convencionales en la estabilidad de los sistemas de potencia	<b>Muñoz, Juan*</b> ; Contreras, Ivana; Mora, Ernesto; Ballester, Nelson; González, Jaime	670-675
Cap 79	Radiación UV como proceso de desinfección para el pos tratamiento de aguas residuales municipales	<b>Angulo, Nancy*</b> ; Dávila, Yesenia; Bravo, Rosangel; García, Franklin; Toncel, Enrique; Rincón, Nancy; Morillo, Gustavo	676-682
Cap 80	MUCUHÁBITAT, tecnología para una tradición	Lobatón, Elimar; <b>Rodríguez, Jose*</b>	683-685
Cap 81	Simulación de la distribución de temperaturas en la viruta producto del corte ortogonal en los metales	<b>Peña, Mariano*</b> ; Méndez, María; Reinoza, Rigoberto	686-692
Cap 82	Crecimiento de <i>Lemna obscura</i> en el Lago de Maracaibo en función de los niveles de fósforo y nitrógeno	<b>Morillo, Gustavo*</b> ; Pineda, Ángel ; Aldana, Gerardo ; Angulo, Nancy ; Araujo, Ismenia; Melo, Penelope	693-699
Cap 83	Prefactibilidad geológica y geomorfológica de la propuesta vial expresa entre la región central andina y el flanco surandino: estado Mérida y Barinas	<b>Guerrero, Omar*</b> ; Sánchez, Jesús; Contreras, Wilbert; Dugarte, Mairin; López, José; Alvarado, Miguel; Guerrero Camargo, Omar	700-703
Cap 84	Desarrollo de banco de pruebas para tuberías y medidores de flujo	<b>Gómez, Francisco*</b> ; Dulhoste, Jean	704-717



**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Cap 85	Niveles de plomo en agua hervida al usar utensilios de cocina	<i>Rojas, Edyleiba*</i> ; Molina, Karina; Ruíz, Angie	718-721
Cap 86	El tren de levitación magnética – MAGLEV como alternativa de transporte masivo. Caso de estudio: Japón	<i>Noguera Gottberg, María Alejandra</i>	722-736
Cap 87	Caracterización sedimentológica y estratigráfica de las secciones aflorantes en los sectores Los Naranjos, La Villa y quebrada Boquerón, de Canaguá, estado Mérida	<i>Alarcón, Viviam*</i> ; Castillo, María; Rivero, María; Guerrero, Omar; Guerrero, Ersy	737-747
Cap 88	Indicadores de gestión en sistemas de abastecimiento humano	<i>Espinosa, Carlos*</i> ; Pérez, Mária; Focà, Vecellio	748-754
Cap 89	Evaluación de la respuesta sismo-resistente de edificios con estructura mixta de acero y concreto armado en zonas de elevada amenaza sísmica	<i>Ugel, Ronald David*</i> ; Herrera Reyes, Indira	755-764
Cap 90	Propiedades termodinámicas de fluidos puros mediante una ecuación de estado Lee-Kesler re-escalada	Derjani Bayeh, Sylvana; <i>Olivera Fuentes, Claudio*</i>	765-775
Cap 91	Caracterización hidrogeológica del acuífero localizado dentro de la poligonal urbana de la ciudad de Guanare, del estado Portuguesa	<i>Ramírez, Daniel*</i> ; Valera, Edgar; Hervé, Jegat; Molina, Germán; Rivas, Daniel; Meza, Hillary	776-784
Cap 92	Esfuerzo cedente en fluidos de perforación arcillosos en medio electrolítico: Una nueva descripción teórica.	Zambrano-Herrera, Werner; <i>Sulbarán, Belky*</i> ; Olivares-Rivas, Wilmer	785-788

**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Cap 93	Esfuerzo control y supervisión de una placa térmica usando el controlador digital CONTROL-LAB	<i>Ortega, Heyzel*</i> ; Córdor, Claudio; Quintero, Jormany	789-795
Cap 94	Estudio experimental de la influencia de la formulación fisicoquímica de un sistema polifásico sobre la mojabilidad de sólidos	<i>Tolosa, Laura*</i> ; Bouriat, Patrick; Rondón, Miguel; Salager, Jean-Louis; Lachaise, Jean	796-803
Cap 95	Caracterización de coques de petróleo por molienda mecánica	<i>Tolosa, Ramón*</i> ; Briceño, Richard; Graterol, Luis; Araque Marco	804-809
Cap 96	Modelo del proceso de producción de hielo en un evaporador inundado	<i>Jinete, María Elena*</i> ; Ávila, Manuel Vicente	810-816
Cap 97	Diseño de un agente Inteligente para emular un entrenador de gimnasio	<i>Altamiranda, Junior*</i> ; Aguilar, José; Jaimes, Julio; Cuevas, Roger; Villegas, Yosephaider	817-827
Cap 98	Un control basado en SOF para sistemas descriptores LPV	<i>Ríos-Bolívar, Addison</i>	828-835
Cap 99	Desempeño de controlador predictivo basado en modelo (CPBM) vs controlador PI para el control de nivel en pozos	<i>Aceros Egner *</i> ; Ríos, Addison; Camargo, Edgar	836-844
Cap 100	Modelado y simulación del balance hídrico en la localidad de mixteque con un suelo bien drenado	<i>Quintero, Carlos*</i> ; Ablan, Magdiel; Sarmiento, Lina	845-855
Cap 101	Estimación de parámetros en macollas de producción de pozos electrosumergibles	<i>Camargo, Edgar*</i> ; Aceros, Egner; Aguilar, José	856-863

**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Cap 102	Desarrollo de herramienta web para el análisis geoquímico de estimación de la presencia de compartimientos en yacimientos petrolíferos	<b>Fernández, Álvaro*</b> ; Marquina, Kerlyn; Guzmán, Lice; Briceño, Mariuska; Crespo, Ernesto	864-872
Cap 103	Una herramienta computacional para la estimación de matrices de contabilidad social dinámicas	<b>Ramírez, Vicente*</b> ; Uzcátegui, Mayerlin; Tucci, Kay; Vera, Julie; Ávila, Arlis	873-881
Cap 104	Revisando algunos almacenes de documentos NoSQL, caso MongoDB y Elasticsearch	<b>Solé, Solazver*</b> ; Hernández, Domingo	882-885
Cap 105	Diseño, aplicación e implementación parcial de una metodología de planificación crítica	<b>Oswaldo, Terán*</b> ; Johanna, Álvarez; Kleivymar, Montilla; Andreína, Ávila; Enny, Zambrano	886-896
Cap 106	Planificación del cultivo de hortalizas en una finca de Bailadores, estado Mérida	<b>Márquez, Renny*</b> ; Gil, Luis	897-905
Cap 107	Caracterización de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes utilizando análisis de correspondencia múltiples	<b>Peña, Eloy*</b> ; Borrero, Armando; Quintero, Carlos	906-914
Cap 108	Una plataforma tiempo real para supervisión y control de procesos basada en Raspberry Pi	<b>Hidrobo, Francisco*</b> ; Ríos Bolívar, Addison	915-922
Cap 109	Evaluación hidrogeomorfológica de los sistemas de humedales de fondo de valle de la cuenca hidrográfica del Río Mucujún: Determinación de cantidad y calidad de agua. Municipio Libertador, estado Mérida-Venezuela	Llavaneras, Ricardo; Guerrero, Omar; <b>Mattié, Eder*</b> ; Montilva, Katherin; Sánchez, Emilio	923-931

**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Cap 110	Evaluación hidrogeomorfológica del sistema de humedales de las microcuencas la sucia, platanillo y la honda: determinación de cantidad y calidad de agua. Parroquia Chiguará – Municipio Sucre, estado Mérida	<i><b>González, Rub*</b></i> ; Useche, Daniela; Sánchez, Diego; Sotomayor, Issy, Prado, Leni, Guerrero, Omar	932-946
Cap 111	Análisis no lineal de una junta experimental de columna y vigas de concreto armado-columna de acero para pórticos	<i><b>López, Nelson Andrés*</b></i> ; Herrera Reyes, Indira; Ugel, Ronald David	947-957
Cap 112	Análisis, modelado y simulación de trazas sintéticas con distribuciones autosimilares y la distribución de Weibull	<i><b>Quintero, Carlos*</b></i> ; Borrero, Armando; Peña, Eloy	958-965
Cap 113	Química verde en la síntesis de complejos M(acac) <sub>3</sub> y M(acac) <sub>2</sub> , donde M = Cr(III), Mn(III), Fe(II), Fe(III), Co(II), Co(III), Ni(II), Cu(II) Y Sm(III) y acac = acetilacetato	<i><b>García Molina, Luis Osvaldo*</b></i> ; Contreras, Ricardo; Cardozo Villalba, Eduardo José; López-Rivera, Santos Adán.	966-976
Cap 114	Evaluación de la respuesta sismo-resistente de edificios con estructura mixta de acero y concreto armado en zonas de elevada amenaza sísmica	<i><b>Ronald David Ugel*</b></i> ; Reyes Indira Herrera	977-986
Cap 115	Parámetros de diseño para el cálculo de un deshidratador de bananas en estado natural y cortadas en rodajas	<i><b>Muñoz, Jesús*</b></i> ; Jinete, María	987-995
Cap 116	Estudio de la aplicación del proceso de pirolisis en la generación de carbón y remediación de suelo contaminado con petróleo	<i><b>Strubinger, Adelitza*</b></i> ; Barragan, Alexais; Salazar, Paola; Betancourt, Yeimi; Alizo, Diego	996-1005

**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de Los Andes**  
**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**  
**Sede Ibarra**

**CONTENIDO**

---

Cap 117	Levantamiento geológico de superficie a escala 1:25000 del sector La Palmita y áreas aledañas, municipios Alberto Adriani y Sucre, estado Mérida, Venezuela.	<b>Meza, Hillary*</b> ; Segovia, Iván; Rivas, Daniel; Chaparro, Lina; Maldonado, Jesús; Perdomo, Jessica; Pinto, Ann	1006-1015
Cap 118	Elaboración de un mapa de riesgo geotécnico empleando sistemas de información geográfica en el sector Vuelta de Lola – El Peñón, municipio Libertador del estado Mérida	<b>Rivas, Daniel*</b> ; Meza, Hillary; Belandria, Norly; Ramirez, Daniel	1016-1026
Cap 119	Reflexiones sobre transitorios electromagnéticos en plantas fotovoltaicas de gran escala: ejemplo planta fotovoltaica de gran escala en el Archipiélago de Los Roques - Venezuela	<b>Méndez, Yarú*</b> ; Acosta, Ismael; Rodríguez, Juan Carlos; Ramírez, Jorge; Calzadilla, Andrés; Bermúdez, Juan; Martínez, Miguel	1027-1031
Cap 120	Sobre la traslación volumétrica de ecuaciones de estado cúbicas	<b>Olivera Fuentes, Claudio</b>	1032-1041
Cap 121	Preparación y caracterización de zeolita X modificada para la captura de dióxido de carbono, co <sub>2</sub>	<b>Goffin, Sharol*</b> ; Lugo, Claudio; Rodríguez, Pedro; Villarroel, Marlín; Imbert, Fredy; Del Castillo, Héctor	1042-1056
Cap 122	Análisis experimental de eficiencia en un motor cohete de combustible sólido	<b>Lacruz, Leonardo*</b> ; Parco, María; Santos, Rafael; Torres, Carlos; Pérez, José F; Benítez, Pedro; Ferreira, John; Marcano, Vicente; Serrano, Carlos; Landaeta, Andrew; Parada, Enrique	1057-1052

## PRÓLOGO

El inicio de los estudios de Matemática, en la casa de Estudios Superiores Emeritense, coincide con la creación de la Real Universidad de San Buenaventura de Mérida de los Caballeros, en virtud del decreto expedido por la Superior Junta Gubernativa de la Provincia, el 21 de septiembre de 1810, por el cual se concede se establezcan las cátedras de Anatomía, Matemática, Historia Eclesiástica, Concilios, Lugares Teológicos y Sagrada Escritura. Pero, fue a mediados del siglo XIX, en 1843, cuando se fundó la cátedra de Matemática que regentó inicialmente el Dr. Eloy Paredes.

Hacia 1898, esta Cátedra había evolucionado en la Facultad de Ciencias Exactas, que dispondría de Cátedras de Álgebra Superior, Geometría Analítica y Descriptiva, Cálculo Infinitesimal, Mecánica Racional, Geodesia, Astronomía y Física.

En 1918, el Rector Dr. Diego Carbonell estableció la Escuela de Ciencias Físicas-Matemáticas y Naturales que, conforme al decreto del Ejecutivo Nacional con fecha 28 de julio de 1932, se transformó en Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas.

En el primer rectorado del Dr. Humberto Ruíz Fonseca, fue erigida en Facultad de Ingeniería por el Consejo Universitario el 14 de octubre de 1936. Hoy en día, cuenta con diferentes carreras y postgrados; además, de Centros e Institutos de investigación. Además de contar con la Revista Ciencia e Ingeniería, reconocida en el ámbito nacional e internacional, posicionada en el ciberespacio a través del sistema REDALYC e incorporada en el *Emerging Source Citation Index*, importantes bases de datos de publicaciones científicas en el mundo. Sin desconocer que es la Revista más antigua de la Universidad de Los Andes, contando con 66 años de existencia.

Dada la necesidad de divulgar a la comunidad científica e industrial, tanto nacional como internacional, los frutos del trabajo académico, de investigación y extensión recientes, así como propiciar el intercambio de ideas entre investigadores y profesionales en el área de ciencia y tecnología, que conlleven a formular proyectos multidisciplinarios y a la vez establecer convenios institucionales. La Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes celebra las VII Jornadas Científico Técnicas en el marco de sus 84 años. Se cuenta con la presencia de 200 ponentes, estudiantes de pregrado y postgrado; así como, ponentes de Chile, Ecuador, Colombia y España. Además de los provenientes de otras universidades nacionales.

Sobre la base de lo antes señalado, el Vicerrectorado Académico de la Universidad de Los Andes, en aras de continuar con el quehacer académico, y plasmar los resultados de estas jornadas, presenta el libro titulado “**AVANCES Y RETOS DE LA CIENCIA Y LA INGENIERIA**”, editado por el sello editorial Publicaciones del Vicerrectorado Académico de la

Universidad de Los Andes, en coedición con la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes y Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Ibarra.

Como resultado de un importante esfuerzo editorial, nos permitimos presentar precisamente este libro, que tiene 122 capítulos plasmados en más de mil páginas, en virtud de que allí el lector podrá encontrar los trabajos en primera plana de un destacado grupo de profesionales en el área de la Ciencia y Tecnología, en aras a incrementar el conocimiento científico.

Hablar acerca de los 122 capítulos de este libro sería una tarea compleja, tomando en cuenta, no solo la excelente calidad de los temas desarrollados, sino la diversidad académica involucrada. Podemos adelantar que los lectores aprovecharán este libro, que será una referencia importante para futuras investigaciones y proyectos de cooperación

Queremos felicitar a todos los autores, los cuales constituyen un interesante grupo que, aportando sus ideas, son una muestra representativa del talento que encontramos en la Casa de Estudios Superiores fundada por Fray Juan Ramos de Lora, una institución bicentenaria dedicada a ser faro académico y cultural del occidente venezolano. A los autores nacionales e internacionales, por formar parte de esta gran familia ulandina y al Consejo Directivo de Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Ibarra, por su colaboración en la logístca.

Mérida, 25 de julio de 2019

**Patricia Rosenzweig Levy**  
*Vicerrectora Académica de la*  
*Universidad de Los Andes*

**María Teresa Celis**  
*Coordinadora del Vicerrectorado Académico de la*  
*Universidad de Los Andes*

## Capítulo 1

# Concepto de formulación y algunas de sus aplicaciones interfaciales en sistemas micro-heterogéneos surfactante/agua/aceite

Salager, Jean-Louis\*<sup>1</sup>; Forgiarini, Ana <sup>1</sup>; Bullón, Johnny<sup>1</sup>; Delgado-Linares, José Gregorio<sup>1</sup>; Márquez, Ronald<sup>1</sup>; Aubry, Jean-Marie<sup>2</sup>; Celis, María-Teresa<sup>1,3</sup>.

<sup>1</sup>Lab. FIRP, Ingeniería Química, Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela

<sup>2</sup>ENSCL, Université de Lille1, Cité Scientifique, Villeneuve d'Ascq, France

<sup>3</sup>Laboratorio de Polímeros y Coloides (POLYCOL), Ingeniería Química, Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela

\*[salager@ula.ve](mailto:salager@ula.ve)

### Resumen

*La formulación es una noción antigua, cuyo inicio y desarrollo hizo que nuestra civilización avanzara inventando el bronce, el acero y la pólvora, así como la alquimia medieval era mitad magia. Cuando la química se convirtió en una ciencia, la edad de oro de la síntesis orgánica comenzó el segundo período de formulación, lo que permitió crear nuevas especies a la carta, aunque todavía se realizaban por ensayo y error. El tercer período de historia de formulación inició hace medio siglo, cuando las propiedades de un sistema comenzaron a asociarse con sus ingredientes y la forma en que se ensamblaban o combinaban, es decir, cuando la formulación y la fenomenología del sistema se conectaron para obtener un producto comercial. Actualmente, se está progresando hacia una ciencia interdisciplinaria. En el presente trabajo, se discute el caso de la formulación en sistemas multifásicos conteniendo dos o más fases, y por tanto sistemas con interfases, llamados heterogéneos, o micro-heterogéneos si tienen un aspecto homogéneo a la escala visible. Los surfactantes presentes en tales sistemas, simples o poliméricos, permiten resolver una gran variedad de problemas en un sin número de aplicaciones como en las industrias del petróleo, de los alimentos, de las pinturas, de las medicinas y de los cosméticos, así como otros productos que encontramos en cada momento de nuestra vida.*

ISBN: 978-980-11-1858-9



9 789801 118589



## 1 Definición de la formulación

La palabra "formulación" se utiliza en forma muy general para propósitos muy diferentes y, por ello, conviene primero definir lo que se entiende como "formulación físico-química" de productos para usos específicos y con propiedades a la medida para satisfacer necesidades particulares. Las propiedades del producto formulado pueden ser su estabilidad o inestabilidad en el tiempo, su reactividad con el ambiente o productos particulares, su seguridad de uso, su acondicionamiento y presentación, su conductividad térmica o eléctrica, su viscosidad o reología, su mojabilidad, su aspecto, textura, color, olor, etc.

La formulación combina dos aspectos: Primero los conocimientos que relacionan el contenido del producto con los efectos y propiedades deseadas, lo cual tiene que ver en general con la química, la física y la físico-química. Esto tiene que ver con los sistemas al equilibrio cuyo comportamiento ha estado estudiado en la termodinámica con un buen nivel científico.

Segundo, la formulación incluye las operaciones que se usan para fabricar el producto que involucran la forma de asociación de los ingredientes y el acondicionamiento final del producto. Esto tiene que ver a menudo con fenómenos temporales, fuera de equilibrio e irreversibles, cuyo resultado final depende a menudo de la historia de la fabricación. Esos aspectos son muy poco estudiados en la formación universitaria clásica en Ciencias e Ingenierías porque su manejo científico requiere el uso de funciones que no son continuas ni derivables. Es, por ejemplo, el caso de fenómenos que, incluyendo la histéresis, y aunque sean corrientes en la práctica, son a veces difíciles de explicar y, eventualmente, contrarios a la lógica elemental. En todo caso, la formulación está destinada a obtener un producto (por lo general comercial) con un objetivo bien definido y capaz de satisfacer una lista de requerimientos diversos que implican, en muchos casos, una colaboración multidisciplinaria.

Por lo general, los sectores industriales que se ocupan de formulación son muy especializados y están asociados con conocimientos y saber-hacer ("know-how" en inglés) que representan un alto porcentaje del valor comercial del producto, bien sea porque son muy complicados (requieren un alto nivel científico) o porque tienen un carácter único, confidencial y a menudo protegido con patentes.

Las industrias que fabrican productos básicos ("comodities" en inglés) como soda cáustica, gasolina y kerosén, hierro y metales no ferrosos, etc., o especialidades "finas" como productos químicos particulares pe-

ro corrientes, tales como ácido acético salicílico, tricloroetileno, cloruro de vinilo, dodecil benceno sulfonato, etc. Ambos tipos de productos están en un mercado competitivo donde su valor depende de las operaciones de producción (materia prima, extracción, síntesis química) y no son de las industrias de la formulación.

Al contrario, las industrias que hacen productos cuyo valor no depende de la disponibilidad de ingredientes sino de su asociación y combinación para producir sinergias, de mucho saber-hacer confidencial y de larga experiencia, entonces sí son de formulación. Cuando existen varios niveles de calidad para un producto, como por ejemplo en pinturas, alimentos, limpiadores, higiene, perfumes, etc., aquellos productos básicos u ordinarios son productos clásicos y económicos. Por otra parte, aquellos productos que tienen un alto desempeño y un alto precio pertenecen a la industria de la formulación.

## 2 La formulación en la historia humana

La formulación, en su período antiguo que se puede calificar de "natural", consistía en asociar productos naturales para muchas aplicaciones para la gente y su vida diaria. Se lograban resultados de interés en alimentos, medicinas y otros propósitos, todo por tanteo, muchas veces al azar. Años tras años la especie humana se organizó en grupos, en países y en civilizaciones y se inventaron formulaciones para cambiar la vida de la especie humana como procesar metales, fabricar bronce y luego acero, inventar pólvora, etc. Después de la edad media surgieron muchas formulaciones a veces hasta mágicas y, cuando la química se volvió una ciencia, se llegó a la segunda etapa de la formulación, aquella del *período de oro de la síntesis orgánica*, con la disponibilidad de sustancias a la carta. Sin embargo, es solamente en los últimos 50 años que se entendió, desde el punto de vista fisicoquímico, la relación entre la formulación y las propiedades logradas en un producto considerado un sistema complejo. Como resultado de ello, hoy en día se ha llegado a una *comprensión fenomenológica* que permite buscar o inventar materias primas acorde con necesidades precisas, tomar en cuenta lo amigable y lo ecológico y elaborar formulaciones en forma realmente científica basada en el conocimiento y en el saber-hacer práctico acumulado durante siglos.

Hoy en día, la formulación se define como *los conocimientos y las operaciones empleadas durante la es-cogencia, el mezclado, la asociación y el acondicionamiento de los ingredientes*, con el objetivo de obtener un producto comercial bien definido capaz de satisfacer una lista pre-establecida de requerimientos (Aubry y col., 1999). Con esta definición, es fácil entender que la formulación es una ciencia interdisciplinaria que requiere una colaboración excepcional entre profesionales con

diversas competencias en varios campos del saber, desde lo académico hasta lo industrial.

Esta presentación se limitará a los casos de formulación en sistemas heterogéneos que son los más importantes en la práctica. Son productos con interfases entre líquido(s), gas y sólido, como las emulsiones, espumas, suspensiones, simples o múltiples.

### 3 Producto formulado

Un producto formulado contiene, en general, varios ingredientes. De un lado las *materias activas* que cumplen la mayor parte de la función principal buscada y, de otro lado, los *auxiliares o aditivos* que contribuyen en mejorar la utilización y el desempeño durante las diferentes etapas de su manejo (Aubry y col., 1999).

Las *materias activas* son los ingredientes más importantes en el sentido que son aquellos que, en la gran mayoría de los casos, determinan la función principal deseada. A menudo dan el nombre al producto aunque puedan representar sólo una pequeña parte de su cantidad; es el caso de la aspirina, de las vitaminas, del jabón, de las pinturas acrílicas, del trinitrotolueno, etc.

Los *auxiliares de formulación* son, en general, indispensables por diversas razones, en particular como vehículo de la materia activa. Son de varios tipos y están clasificados de acuerdo a su papel principal sobre el producto. Existen los llamados *activadores y moderadores*; son ingredientes que aumentan o aceleran, o inhiben y reducen las propiedades buscadas, por ejemplo en lo que se refiere a la intensidad o la velocidad de ocurrencia. Puede ser un catalizador o un inhibidor de una reacción química, como por ejemplo un antioxidante o un agente secuestrante, o el aditivo que acelera el proceso de secado de una pintura. Estos auxiliares pueden controlar el suministro de un producto formando una película protectora o una cápsula.

Otros auxiliares, que son llamados en general *aditivos*, promueven propiedades adicionales que facilitan el empleo de los productos. Los aditivos *sensoriales* se encuentran en productos usados en forma personal como limpiadores, champús, cosméticos, alimentos, bebidas etc. Es el caso de los perfumes y aromas, saborizantes como salado o edulcorante, sustancias que producen cambios de aspecto visible como opaco, transparente, colorante, fluorescente. Pueden estar relacionados con una sensación táctil como rugoso, liso, suave, húmedo o seco, mojable al agua (hidrofilico) o no (hidrófobo), pegajoso o lubricado.

Finalmente, existen los *auxiliares o aditivos de proceso* que permiten mejorar el efecto de la materia ac-

tiva o facilitar su utilización en condiciones reales, en particular desde el punto de vista económico y ecológico. Es el caso de los llamados *soportes*, como los diluyentes o transportadores en forma líquida, gas, o sólida, que aumentan el volumen, bajan el costo y facilitan la manipulación. A menudo son los ingredientes que se encuentran en la mayor cantidad. El agua es por supuesto el más corriente en un producto líquido, pero también hay casos de solventes o líquidos aceitosos y, a veces, mezclas homogéneas o dispersiones heterogéneas con propiedades de interés como las emulsiones, las espumas y las suspensiones. Estos aspectos han cambiado considerablemente en el último medio siglo con el desarrollo de la termodinámica y de la fisicoquímica aplicadas a sistemas mezclados.

Por otra parte, en el último período de la formulación, después de la segunda guerra mundial aparece una nueva categoría de auxiliares que producen un efecto importante a pesar de estar presentes en pequeña cantidad. Se llaman a veces *agentes de optimización*, cuyo papel se basa sobre propiedades innovantes, basadas en interacciones moleculares complejas, a veces asombrosas: es el caso de los *surfactantes* y de los *polímeros*.

Los surfactantes y polímeros se utilizaron inicialmente como:

- Agentes interfaciales, para bajar la tensión, adsorberse en monocapas, cambiar la mojabilidad, formar dispersiones varias (emulsiones, espumas, suspensiones), estabilizarlas, o al contrario romperlas.
- Agentes reológicos para espesar o gelificar un líquido, reducir la fricción de un fluido, o fluidificar un polvo, o producir una reología no-newtoniana pseudoplástica o viscoelástica, o una textura particular.

Además de las propiedades anteriores, las cuales se pueden calificar de directas, ya que tienen que ver con los efectos básicos de estas moléculas, los surfactantes y los polímeros poseen efectos más complejos que se han ido entendiendo gracias a un nivel científico avanzado. Entre las propiedades que ellos dan a los productos se encuentran:

- Agentes estabilizantes que evitan las separaciones por sedimentación, demixión, coagulación, floculación, coalescencia, asociación multimolecular, precipitación etc., con el propósito de evitar la degradación térmica, física o biológica.
- Agentes estabilizantes que forman nuevas estructuras estables por agregación micelar o más compleja como cristales líquidos, vesículas, liposomas, etc.
-

- Agentes desestabilizantes que tienen propiedades opuestas basadas sobre los últimos avances concerniendo la formulación óptima.
- Agentes compatibilizantes que permiten hacer mezclas muy complejas sin precipitación o separación de fase, cambiar la mojabilidad de una superficie sólida, o acumular propiedades a priori incompatibles.

#### 4 Formulaciones mono y multifásicas

En caso de los sistemas homogéneos, es decir monofásicos, el avance científico significativo provino del desarrollo de la fisicoquímica en fase líquida, mediante la teoría de soluciones regulares de Hildebrand y Scott en base al concepto de parámetro de solubilidad que introdujeron en 1950. Este parámetro es una medición de la cohesión o adhesión entre moléculas vecinas en una fase líquida. Depende de las interacciones entre moléculas iguales o diferentes y permite estimar la compatibilidad entre sustancias, es decir, la posibilidad de obtener una monofase sin separación. Charles Hansen, un científico que trabajaba sobre pinturas, que son sistemas formulados conteniendo en general muchos ingredientes de diferentes géneros, propuso una descomposición del parámetro de solubilidad en varios términos que corresponden a tres interacciones diferentes, calificadas de no polar, dipolar y de enlace hidrógeno (Hansen 1967, 1969).

Se pueden estudiar estos conceptos (Eisembach y col., 1979, Burke 1984) y ver cómo se utilizan en forma simple en una revisión reciente (Hansen 2004).

Se puede encontrar una gran cantidad de datos sobre estos parámetros en libros (Barton 1991, Hansen 2000), e incluso una maravilla recientemente reportada en forma inexplicable como el solvente N,N-dimetil 9-decanamida (Stepan Company, 2014). No se van a discutir aquí la obtención de sistemas homogéneos obtenidos asegurando la compatibilidad de los ingredientes, en particular con un solvente o una mezcla apropiada de solventes, ya que eso es relativamente fácil hacerlo manejando los parámetros de solubilidad de Hansen.

En este artículo se discutirán sistemas heterogéneos, los cuales, en general, son más complejos y cuya persistencia o estabilidad es un problema crítico que se debe controlar. Estos sistemas contienen dos o más fases inmiscibles entre sí y, por tanto, van a separarse con el tiempo. En general, una de estas fases del sistema heterogéneo es una fase líquida continua y la otra fase está en forma dispersada en fragmentos que tienden a separarse de acuerdo a la ley de Stokes. El caso más corriente es un sistema compuesto por dos líquidos referidos como agua y aceite, es decir uno polar, en general una solución acuosa y el otro apolar de tal forma que ambas

fases se separan tarde o temprano. Un sistema heterogéneo puede también contener eventualmente un sólido dispersado en forma de partículas micrométricas, o un gas dispersado en burbujas. Los sistemas heterogéneos con pequeños fragmentos son muy corrientes en la práctica y si dichos fragmentos son relativamente pequeños, tan pequeños para no ser visibles al ojo desnudo (<200  $\mu\text{m}$ ), pueden tener propiedades similares o hasta mejores que un sistema monofásico. Se clasifican como sistemas micro-heterogéneos y, según el tipo de fragmentos, se llaman emulsiones (líquido-líquido), espumas (gas-líquido), suspensiones (partículas sólidas-líquido) y a veces con otros términos como suspoemulsiones (emulsión aceite/agua conteniendo partículas sólidas, como es el caso de las pinturas y de diversos alimentos).

La presencia de por lo menos una fase dispersada con pequeños fragmentos implica un área interfacial considerable, y para que el sistema permanezca cinéticamente estable requiere, en muchos casos, un agente con propiedades interfaciales, llamado en general surfactante, cuando tiene un tamaño molecular pequeño (PM 200-500 Da) o bien polímero surfactante (PM hasta centenares de miles Da). Otro tipo de estabilización de gotas o burbujas puede producirse con nano-partículas sólidas que forman una encapsulación de los fragmentos, en cuyo caso se habla de emulsiones o espumas de Pickering (Tyrode y col., 2003).

Ciertos sistemas pueden contener sustancias incompatibles como agua y aceite que pueden, sin embargo, asociarse en forma inseparable gracias a las moléculas de surfactantes que forman estructuras llamadas cristales líquidos o microemulsiones, que no son términos muy apropiados por la confusión que insinúan. En efecto, los cristales líquidos no son ni cristales ni líquidos, y las microemulsiones no son emulsiones, es decir no son gotas de un líquido en otro. En estas estructuras, el tamaño de la heterogeneidad es muy pequeño (algunas decenas de moléculas) y por tanto no aparece ni a nivel microscópico y, por otra parte, no se separan las fases por ser estables las asociaciones en las condiciones típicas de uso, por lo cual son sistemas considerados como monofásicos especiales. Un ejemplo es el caso de las nano-emulsiones, donde el recubrimiento de la nanogota mediante un cristal líquido, confiere alta estabilidad cinética (Forgiarini y col., 2001, 2015).

La presencia de varias fases en sistemas micro-heterogéneos (2 fases o más) hace las cosas mucho más complejas, en particular en cuanto a la persistencia en el tiempo ya que, tarde o temprano, se separarán las fases. Sin embargo, si bien es cierto que una persistencia de algunos minutos o algunas horas puede ser un inconveniente en algunos casos, es probable que en otros casos la ausencia de cambio en meses o años sea, esencialmente, equivalente a sistemas termodinámicamente es-

tables. Es por eso que la estabilidad se reporta como el tiempo durante el cual se produce en el producto un cambio identificable, como por ejemplo 50% de separación de las fases.

Se notará que, en ciertos casos, un sistema microheterogéneo en forma de dispersión fina permite soluciones excepcionales y atractivas a los problemas, soluciones que son hasta extraordinarias cuando permiten eliminar efectos en conflicto con el fin de conseguir lo que se quiere de reología, textura, persistencia, tensión, mojabilidad, fluidez, robusteza, etc. (Bullón y col., 2002, Cuellar y col., 2005, Salager y col., 2012a, 2012b, Mercado y col., 2013, Delgado y col., 2015).

## 5 En qué consiste formular

Formular consiste esencialmente en tres aspectos. El primero es escoger los ingredientes y juntarlos de forma apropiada para fabricar el producto con las propiedades deseadas. El segundo es utilizar el producto de acuerdo a las propiedades que debe presentar. El tercero tiene que ver sobre cómo queda o desaparece el producto después de su utilización.

Esto implica, como primer paso, agrupar personas capaces de manejar problemas científicos, tecnológicos, económicos, ecológicos y hasta legales. En vista de los requerimientos de competencias variadas es, en general, difícil sino imposible encontrar una persona que especialista en todos los aspectos, y aún en solo el sector científico-técnico se necesitarán a menudo a la vez químicos, físicos, biólogos, e ingenieros diversos. En otras palabras, un grupo eficiente de formuladores tiene que ser relativamente numeroso con el fin de crear un conocimiento global de un equipo y un saber-hacer sobre su utilización práctica, basado sobre una experiencia acumulada por diversas personas. Se requiere también que el grupo aprenda a trabajar en forma sistemática para ser eficaz en cuanto al tiempo y el dinero invertido. Eso significa que es, de una parte, lo que se hace en un centro de investigación universitario donde importa más que todo la generación de conocimiento sin mucha restricción de tiempo y, de otra parte, lo que se hace en un centro de desarrollo del sector industrial donde lo que importa es tener resultados rápidos y significativos respecto a los requerimientos, preocupándose menos del costo. Este tipo de combinación implica conflictos y no es en general exitosa en forma espontánea. Es indispensable manejarla en forma científica-técnica-económica un ternario de consideraciones: el riesgo, el costo y el interés que se estiman o se determinan de acuerdo al conocimiento y a la experiencia del equipo de investigación. El riesgo tiene que ver con la probabilidad de que el trabajo organizado alcance el propósito. El costo de tiempo y de recursos económicos depende mucho de la

eficiencia investigativa del personal. El interés tiene que ver con el beneficio que se lograría al alcanzar la meta y está muy relacionado con la innovación tanto científica como tecnológica.

En el caso particular de sistemas microheterogéneos, el análisis de antecedentes y el contexto relativo a los requerimientos deberán generar las alternativas de ingredientes y el estudio de las propiedades que presentan, particularmente por la adsorción y asociación de surfactantes. Es lo que se ha hecho en la introducción de herramientas científico-técnicas en materia del uso práctico de sistemas surfactante-agua-aceite como el conocido concepto numérico HLD (Hydrophilic-Lipophilic Deviation) mucho más útil que el anterior concepto HLB (Salager y col., 2001a, 2006, 2008, 2010).

Una vez que los antecedentes conocidos han sido asimilados, se realizarán los estudios científicos básicos a para verificar las posibilidades de asociar las materias activas con los auxiliares y aditivos como está indicado en la parte izquierda de la figura 1.



Fig. 1. Requerimientos y pasos en la formulación de un producto

Este tipo de trabajo requiere, en general, equipos diversos para estudiar surfactantes y polímeros, e implica disponer de un inventario costoso de aparatos, al menos que se pueda contratar servicios analíticos en espectroscopía UV-vis y FTIR, HPLC, potencial z, RMN, tensiometría, granulometría, reología etc., que es lo que se hace a menudo al principio.

Luego, se deben manipular las variables operacionales con gente que tienen competencia científica de una parte y experiencia tecnológica de la otra. En los sistemas heterogéneos, particularmente microheterogéneos, hay muchas posibilidades indicadas en la figura 2, tanto en cuanto al conocimiento sobre los fenómenos involu-

crados como el saber-hacer práctico. Son estos aspectos que son en general limitativos, y que implican a menudo innovaciones en cuando a métodos y a la construcción de aparatos nuevos. Se puede decir que es corriente que el éxito de un nuevo producto esté asociado con el desarrollo de instrumentos nuevos o de una combinación inédita nunca realizada antes.

Por ejemplo, en los estudios sobre la recuperación mejorada del petróleo se desarrollaron en la década de los años 1970, el tensiómetro de gota giratoria en la Universidad de Texas, y luego llegó a ser el mayor centro académico-industrial del momento en esta área gracias a la fabricación del tensiómetro a escala comercial y a la gran información científica sobre formulación de sistemas dispersos.



Fig. 2. Fenómenos involucrados en la formulación de sistemas micro-heterogéneos

Actualmente, nuestro laboratorio está encontrando nuevos conceptos en el efecto de la reología interfacial en la ruptura de emulsiones, gracias al desarrollo por el CITEC-ULA de un nuevo tipo de reómetro interfacial que funciona a tensión ultrabaja, lo que no es el caso de los aparatos comercialmente disponibles.

## 6 Un ejemplo: desarrollo de una fórmula detergente para lavar ropa a máquina

Para fijar las ideas, se va a examinar un caso clásico de formulación que es el desarrollo de un producto detergente de alto desempeño para lavar ropa a máquina. Se trata de un producto que tenga propiedades particulares en función de las costumbres de un país o de las condiciones de uso como la temperatura y el contenido de electrolitos del agua. Tal producto ha sido desarrollado en varias compañías y, por tanto, el producto no es realmente nuevo, pero por lo general cada caso presenta resultados diferentes.

En el caso de un producto a crear a partir de nada, o

en imitación con nuevo desempeño o similar a otros ya existentes pero independiente de sus patentes, es necesario hacer primero una lista de los requerimientos indispensables (o eliminatorios si no se cumplen) y de los requerimientos deseables (originales, innovadores que añaden valor agregado). Como está indicado en una revisión (Aubry y col., 1999) hay requerimientos de varios tipos en cuanto a productos (surfactantes, polímeros, oxidantes, agentes de pH, enzimas) y para varios efectos de limpieza (despegue del sucio, cambio de mojabilidad, solubilización de material insoluble en agua, saponificación de grasa).

Los mecanismos puestos en juego durante la detergencia son varios. Los dos más importantes son el despegue del sucio sólido y del sucio líquido, cuya adhesión tiene naturaleza diferente de acuerdo a la figura 3. Para sucios sólidos la adsorción del surfactante en las partículas favorece su separación. Para sucios líquidos es la variación de tensión que permite cambiar la mojabilidad del sustrato y tener un efecto favorable reduciendo la adhesión del sucio e impidiendo su re-deposición. En todos casos la agitación mecánica es determinante.

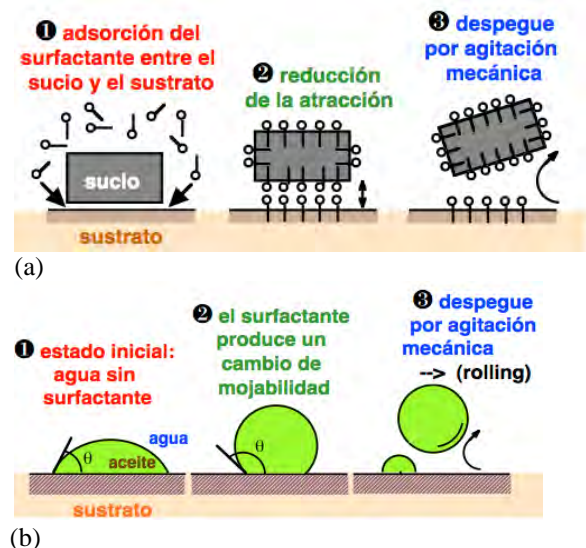


Fig. 3. Mecanismos de despegue del sucio de un sustrato sólido a) sucio sólido-sobre sólido b) sucio líquido-sobre sólido

Adicionalmente, existen otros mecanismos que son de dispersión en emulsiones o suspensiones con pequeños fragmentos de sucio suspendidos en la interfase o en las gotas de la emulsión, o de solubilización en micelas que es esencialmente lo mismo que disolución en la fase agua que se elimina durante el enjuague, figura 4.

Según los casos particulares en cuanto a la naturaleza del sucio, la temperatura, los electrolitos, la agitación mecánica, se utilizará más un mecanismo que otro. Otros aspectos deben tomarse en cuenta como el pro-

blema de redeposición del sucio ya despegado del sustrato, o la formación de espuma inconveniente por la incorporación de gas durante la agitación.

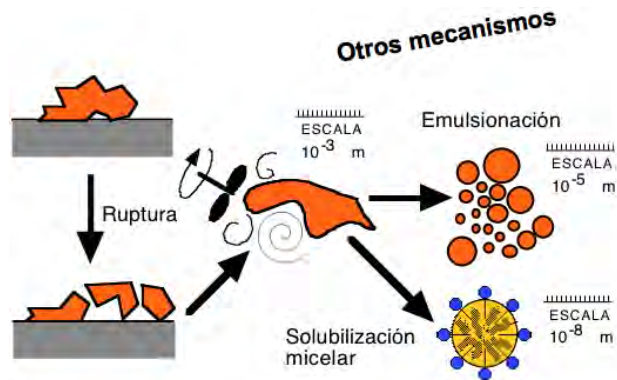


Fig. 4. Otros mecanismos de detergencia o remoción del sucio

Después de varios ensayos con ingredientes diferentes y estudio del proceso mediante lavados cambiando el tiempo de remojo, la agitación, el enjuague etc., se encuentra una formulación como la mostrada en la figura 5, que es un ejemplo típico para una máquina de lavar en frío o tibio con agua calcárea y un sucio en gran parte proteico.

### Detergente formulado (en polvo) para máquina lavaropa

- 15 % Dodecibenceno sulfonato Na<sup>+</sup> (surfactante ABS)
- 5 % Tridecanol + 8 EO (surfactante noiónico tolera Ca<sup>++</sup>)
- 3 % Jabón oléico (antiespumante)
- 0,5 % Silica hidrofobada (antiespumante)
- 50 % Tripolifosfato de Na<sup>+</sup> (builder-secuestrante Ca<sup>++</sup>)
- 15 % Silicato (alcalino) (builder)
- 7 % Sulfate de Na<sup>+</sup> + Agua (carga para cohesión)
- Carboximetilcelulosa CMC (agente antiredeposición)
- Proteasa, Lipasa, Celulasa, Amilasa (enzimas)
- Perborato (blanqueador), EDTA (activador perborato)
- Agente Fluorescente, Perfumes, ...

Fig. 5. Ejemplo típico de formulación para un detergente en polvo

Se ve que la formulación de la figura 5, contiene una gran cantidad de ingredientes, es decir, que entre la posibilidad de intercambiar ingredientes por otros y de cambiar las cantidades, hay obviamente centenares de casos. Nótese que, este tipo de fórmula, es prácticamente clásica y para hacer innovación en un producto es necesario tratar de introducir al mismo nuevas propiedades que mejoren la eficiencia del detergente en su uso. Por ejemplo se puede acondicionar la superficie de la ropa lavada para que se ensucie menos en su uso y/o que sea más fácil de lavar la vez siguiente, en particular con menos detergente.

El mecanismo correspondiente al término en inglés "soilreleaseagent" consiste en añadir un surfactante-

polímero llamado bolanfífilo, con una parte central hidrófoba y dos extremidades hidrofílicas. Se usan copolímeros poliEO-PoliPO-PoliEO o sustancias similares como el PET-POET-PET, indicado en la figura 6.

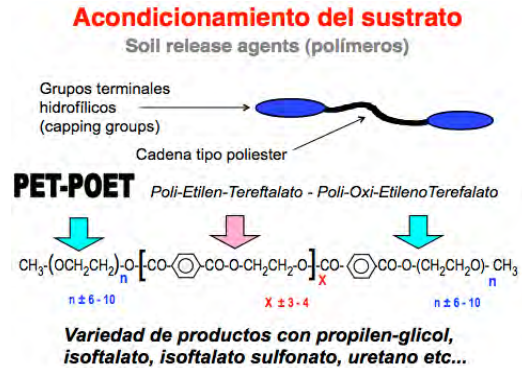


Fig. 6. Surfactantes utilizados como agentes de anti-redeposición

Durante el primer lavado de una tela de poliéster u otras fibras hidrófobas sobre las cuales se adhiere un sucio apolar (grasa, aceite) este bolanfífilo se adsorbe por la parte hidrófoba del sustrato, recubriendo la fibra y dejando las dos cabezas hacia el agua. En otros términos, esta adsorción tiende a hidrofilar o hacer más afín al agua, la superficie de las fibras, es decir; hacer la tela más mojable al agua y a facilitar la penetración de la solución de surfactante en la textura de la tela y por tanto facilitar los mecanismos de remoción el sucio, como esta indicado en la figura 7 (a).

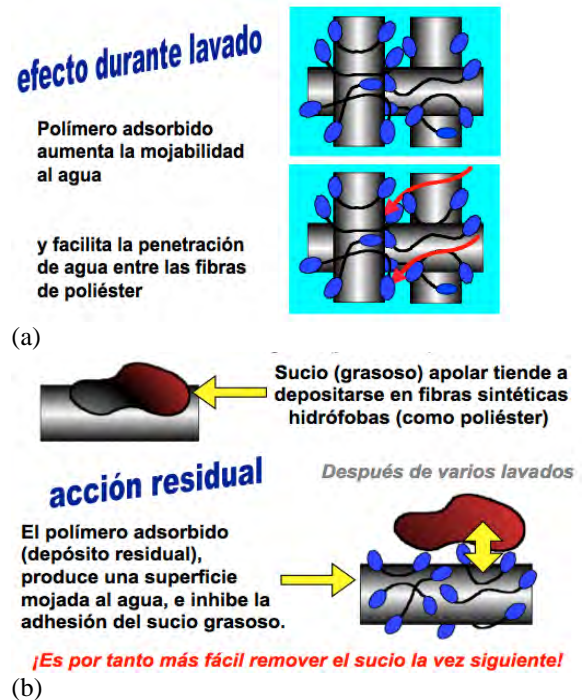


Fig. 7. Mecanismos de remoción el sucio

Si la adsorción del bolanfifilo es notable y no se desorbe totalmente en el enjuague clásico, entonces queda un poco de material adsorbido y la superficie de la tela es menos mojable al aceite, en particular al sucio hidrófobo que puede ser una grasa contenida en el sudor. En consecuencia el sucio que se deposita durante el uso de la prenda se adhiere menos a una tela poliéster que en el caso normal como indicado en la figura 7 (b). En consecuencia, es más fácil despegar el sucio por los dos mecanismos principales y, por tanto, es más eficaz la limpieza posterior de la prenda.

Se determina cuál es el mejor desempeño respecto a este doble efecto cambiando la dimensión de las partes del bolanfifilo. Si su parte central es mayor se pega más a la tela y va a persistir adherida en mayor cantidad después del lavado, pero va a tener menos grupos polares por unidad de área y el mojado al agua y la penetración de disoluciones acuosas del detergente puede ser insuficiente durante el lavado. Adicionalmente, el bolanfifilo puede precipitar si es demasiado hidrófobo, lo que es un inconveniente, pero puede también adsorberse en el fragmento de sucio grasoso, lo que es una ventaja por el efecto antiredeposición del sucio despegado ya que lo torna mojable al agua y por tanto más suspendido. Se ve que hay que hacer estudios para optimizar una situación con efectos contrarios.

Los efectos encontrados son a veces asombrosamente innovantes y con propiedades extraordinarias como la recientemente propuesta estructura de oleofuranosulfonatos que fueron presentados hace unos días como los surfactantes perfectos para detergentes (DaeSung Park y col., 2014).

Este tipo de presentación como novedad sensacional no es nuevo, y si a menudo es exagerado, es cierto que a veces puede realmente ser un progreso notable como por ejemplo la introducción de surfactantes sintéticos en 1950 para reemplazar los jabones (Miller 1950, Collins 2015).

En general se trata más de un detallito, que de todas formas se presenta con bastante publicidad comercial de carácter técnico/económico, como por ejemplo, el lanzamiento de un nuevo detergente especialmente adaptado a la forma de lavar en Norteamérica.

## 7 Gran variedad de las aplicaciones de la formulación de sistemas con surfactantes realizadas por el Laboratorio FIRP de la ULA

El concepto de formulación es multidisciplinario y se aplica en muchas situaciones de nuestro quehacer diario, en particular en sistemas microheterogéneos conteniendo surfactantes, tal es el caso de dispersiones de par-

tículas, micro- y macroemulsiones, y espumas. En lo que sigue se presentarán brevemente algunas de las aplicaciones en las cuales el Laboratorio FIRP ha contribuido en la investigación y el desarrollo en este campo en los últimos 40 años (Salager y col., 2014).

En 1978, el Lab. FIRP comenzó sus actividades con trabajos de formulación para obtener una tensión interfacial ultrabaja ( $< 10^{-3}$  mN/m) con diversos surfactantes aniónicos comercializados usando aceites limpios de tipo alcanos o cortes de refinería. Los primeros estudios realizados con el apoyo del CDCHTA de la ULA, así como con un proyecto de la DGRST-Francia y un respaldo de INTEVEP (centro de I&D de PDVSA creado en 1977) se orientaron a la formación de emulsiones en condiciones de baja tensión y el estudio de sus propiedades en función de la formulación. Se encontraron resultados de interés que por ser innovadores en ciertos aspectos fueron presentados en 1981 en un congreso de recuperación mejorada realizado en Caracas (2<sup>nd</sup> International Seminar Advances in Enhanced Oil recovery. INTEVEP Los Teques-Venezuela December 2-3, 1981) y publicados en la nueva revista petrolera nacional (Salager y col., 1982). Con la bajada del precio de venta del petróleo en los años 1981-82, así como por la necesidad para la industria nacional de producir más explotando la faja del Orinoco, PDVSA decidió conformar entre INTEVEP y el Laboratorio FIRP una colaboración de gran escala (más de 10 investigadores de la ULA) para desarrollar el transporte emulsionado de los crudos pesados que no podían bombearse convencionalmente por su alta viscosidad (Salager y col., 2001b). En la figura 8 se muestra una fotografía de una emulsión de crudo en agua formulada para transporte.

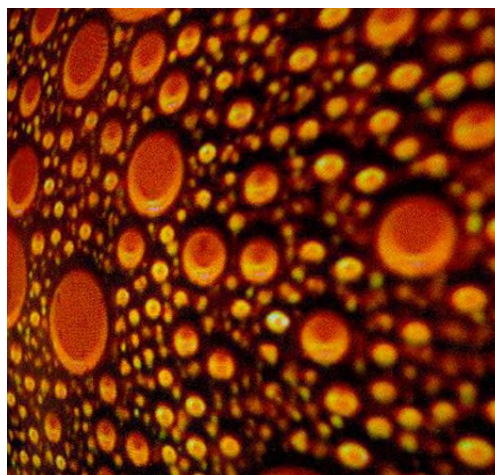


Fig. 8. Micro-fotografía de una emulsión de crudo pesado en agua para transporte de crudo emulsionado

Se realizaron en el Laboratorio FIRP unos 20 proyectos específicos en los 6 años siguientes en los cuales se abordaron desde aspectos fundamentales que se pu-

blicaron en revistas nacionales (Salager y col., 1982,1986, Grosso y col., 1985,Villabona y col., 1985, Bracho y col., 1985,Villabona y col., 1985b, Antón 1985) e internacionales (Salager y col., 1980, 1992b, 1983a,1983b,2005a, Grosso y col., 1987), hasta avances prácticos que se transfirieron en forma confidencial a INTEVEP para su puesta en práctica con crudos (Briceño y col., 1990). Unos años mas tarde (1987) PDVSA empezó a fabricar comercialmente, transportar y vender como combustible la Orimulsion®, emulsión descrita en la literatura (Orimulsión, s.f.) y en cuyo desarrollo histórico se incluye la participación de la ULA (Vessuri y col., 2003).

Un problema general de la industria petrolera es que hay que romper las emulsiones de agua-en-crudo que se forman durante la producción, en un tratamiento en cabeza de pozo que se llama deshidratación. La solución a este problema es incorporar un surfactante, llamado demulsificante, que al combinarse con los asfaltenos y resinas que son surfactantes naturales responsables de la emulsión agua-en-crudo producida, la desestabilizan. En la segunda mitad de la década de los años 80 los trabajos de I&D del Laboratorio FIRP sobre las propiedades de las emulsiones se orientaron a encontrar una forma sistemática de romper emulsiones para esta aplicación particular (Antón y col., 1986; Salager, 1987). Dichos estudios que se dejaron de realizar para PDVSA cuando INTEVEP redujo considerablemente su interés en la investigación en 2003-2004, se reactivaron en los años siguientes con numerosos doctorados en la ULA y proyectos internacionales para una operación semejante en refinería llamada desalación en la cual se emulsiona agua en crudo para extraer la sal presente (Salager 1990,Carnahan y col., 1999,Salager y col., 2007,Marfisi y col., 2007, Rondon y col., 2006, 2008,Marfisi y col 2009, Pereira y col., 2007, 2011, Álvarez y col., 2009,Bouriat y col., 2009; Delgado y col., 2012,2016a, 2016b, Silva y col., 2014).

La extensión internacional de los trabajos de formulación sobre emulsiones de más de 20 investigadores del Laboratorio FIRP se enfocó en el diseño y a la formulación de sustancias innovadoras como los aditivos llamados “lipophiliclinkers” (figura 9.a) (Graciaa 1993a,1993b,Salager y col., 1998), y los nuevos surfactantes con parte intermediaria de tipo polióxido de propileno entre la cabeza y la cola, llamados “surfactantes extendidos” (figura 9.b) (Miñana y col., 1995a,1995b,Salager y col., 2005b, Quintero y col., 2009), que permitieron obtener microemulsiones con aceites naturales como mono-, di- o triglicéridos para aplicaciones medicas o veterinarias.

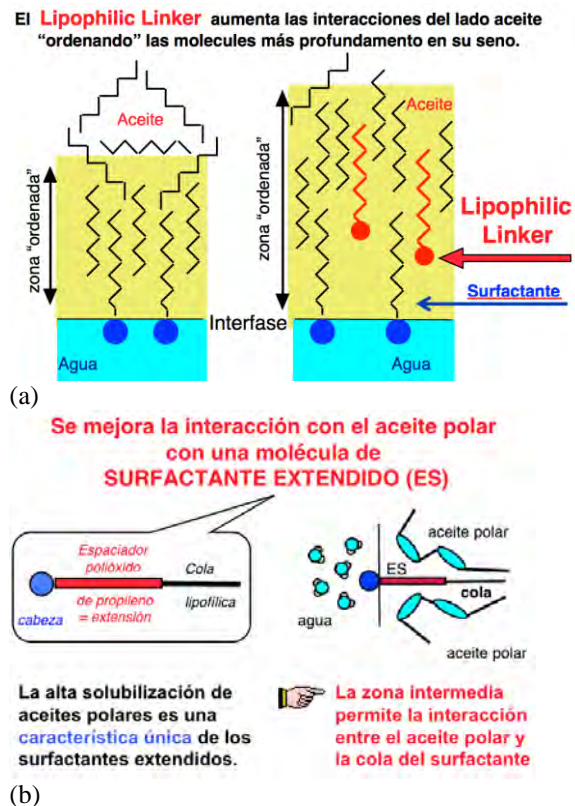


Fig. 9. Moléculas innovadoras desarrolladas con colaboración internacional en el Laboratorio FIRP; a) “lipophiliclinkers”, b) surfactantes extendidos

Algunos de nuestros trabajos fueron de tipo doctorado en colaboración con investigadores de otras Universidad en Europa o en Norteamérica o para servicios y asesoría destinados a resolver problemas para grandes compañías internacionales en detergencia como Procter & Gamble, Unilever o SC Johnson, y en la formulación de lociones, cremas y cosméticos para compañías como l’Oréal, Cognis, Glaxo-Smith-KlineóVallée (Villarreal y col., 2011, Fernández y col., 2004, Rodríguez y col., 2013,Koteich y col., 2015).

En Venezuela desarrollamos, con el apoyo del sector industrial y con colegas trabajando en el sector farmacéutico de la ULA, un vehículo micro/macroemulsionado para el tratamiento de leishmaniasis por aplicación de una crema que penetra lentamente en la piel para evitar las usuales inyecciones múltiples durante semanas alrededor de la zona afectada. En la figura 10 se muestran algunas lesiones provocadas por la Leishmaniasis.





Fig. 10. Lesiones cutáneas provocadas por la Leishmaniasis

También realizamos trabajos originales, por lo general de servicio, con fabricantes de surfactantes para determinar las características de sus productos y su posible uso en una aplicación específica, a veces con propósito multidisciplinario, yendo desde emulsiones asfálticas que deben ser estables en el recipiente donde se almacenan e inestables al contactar la roca granulada (Pierini y col., 2006), fenómeno que se representa en la figura 11, hasta pinturas industriales, vehículos para agroproductos o dispersiones de partículas con derivados de lignina en lodos de perforación.

En ciertos casos hemos usado nuestra comprensión sobre la forma de usar microemulsiones como solvente con carácter ambivalentes, para desarrollar vehículos de productos insecticidas para tratar maderas con zonas mojables al agua y otras grasosas o resinosas.

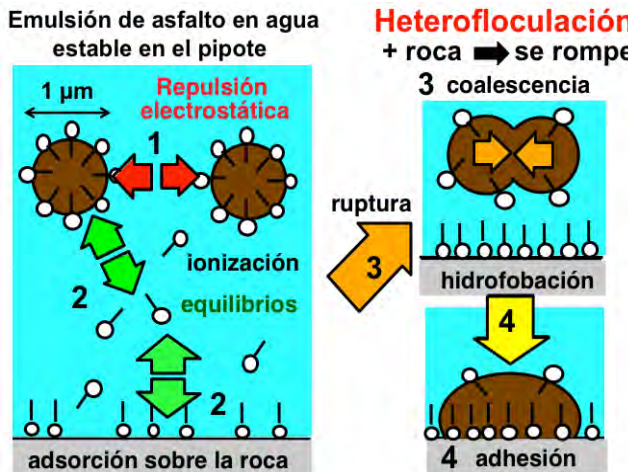


Fig. 11. Mecanismo de heterofloculación de emulsiones asfálticas

En vista de nuestra larga experiencia en la industria petrolera en los últimos 35 años, seguimos aplicando nuestro saber-hacer en aplicaciones complejas, resolviendo problemas prácticos notables con los fluidos de perforación y los fluidos de tipo microemulsión a inyectar para reparar los daños de perforación que tienden a

tapar el fondo de los pozos (figura 12). La innovación en la extrema complejidad de este tipo de investigación-desarrollo resultó en su divulgación protegida más que todo con patentes de parte de nuestros socios industriales (Quintero y col., 2008, 2009, 2012a, 2012b, Kakadjian 2011, Brege y col., 2015).



Fig. 12. Remediación de daños de formación usando microemulsiones

Debe hacerse notar que el laboratorio FIRP de la ULA ha tratado de transferir la comprensión y la experiencia adquirida a nivel nacional e internacional mediante la divulgación de un importante material como son los más de 700 artículos y comunicaciones listados en nuestro sitio Web (<http://www.firp.ula.ve/site/es/publicaciones/lista-de-publicaciones>), además de un gran número de cuadernos FIRP para el autoaprendizaje y la realización de dos centenares de cursos de conocimiento y de saber-hacer no solo en Venezuela, sino también en otros 14 países.

El CITEC, taller de construcción de equipos técnico-científicos en la ULA, contribuyó con el Laboratorio FIRP comenzando con el desarrollo, hace unos 25 años, de un tensiómetro de gota giratoria para medir tensiones ultrabajas en nuestros proyectos de recuperación mejorada. Luego puso a punto un nuevo tipo de aparato deshidratador sin los problemas de chispas típicos en los dispositivos disponibles comercialmente (Marfisi y col., 2009). También realizó prototipos para un reómetro de caída de bola y un espumómetro a alta presión y alta temperatura para simular las condiciones en un pozo horizontal a 2.500 m de profundidad (Zamora y col., 2007).

Lo más notable fue el desarrollo en cooperación FIRP- CITEC de un aparato único, no disponible en el comercio cuando se terminó de construir el primer prototipo en 2010. Se trata de un reómetro interfacial de gota giratoria oscilante para medir la viscosidad interfacial en condiciones de muy baja tensión. Este aparato suministra una información de importancia para mejorar la eficiencia del surfactante usado, que no se puede obtener con los aparatos convencionales de gota colgante oscilante. Su puesta en práctica permitió al Laboratorio

FIRP ser el primero en determinar el comportamiento interfacial típico a la formulación óptima y sus implicaciones para formular productos para la recuperación mejorada y para la deshidratación del petróleo. En la figura 13 se muestra una fotografía de este equipo, desarrollado recientemente (Zamora y col., 2018).



Fig. 13. Reómetro interfacial de gota giratoria desarrollado en colaboración con el CITEC-ULA

## Referencias

- Alvarez G, Poteau S, Argillier JF, Langevin D, Salager JL., 2009, Heavy oil-water interfacial properties and emulsion stability: Influence of dilution. *Energy&Fuels*, 23, 294-299.
- Antón RE, 1985, Comportamiento de fase de un sistema surfactante-alcohol-salmuera-hidrocarburo - representaciones pseudoternaria y cuaternaria. *Ciencia e Ingeniería*, 17, 1, 79-94.
- Antón RE, Salager JL, 1986, Emulsion Instability in the three-phase Behavior Region of Surfactant-alcohol-oil-brine Systems. *J. Colloid Interface Science*, 111, 54-59.
- Aubry JM, Schorsch G, 1999, Formulation - Présentation générale. In *Techniques de l'Ingénieur*, Vol. Génie des Procédés J2, Chapter 110, 1-20.
- Barton, AFM, 1975, Solubility parameter. *Chem. Rev.*, 75, 6, 731-753.
- Barton AFM, 1991, *Handbook of Solubility Parameters and Other Cohesion Parameters*, CRC Press, Boca Raton, FL, 1983; 2nd ed.
- Bouriat P, Rondón M, Lachaise J, Salager JL, 2009, Correlation between Interfacial Tension Bump and Optimal Crude Oil Dehydration. *Energy&Fuels*, 23: 3998-4002.
- Bracho C, Villabona J, Salager JL, 1985, Transporte de Emulsiones surfactante-agua-aceite - Parte II: Influencia de los parámetros físicos sobre la reología de las emulsiones. *Ciencia e Ingeniería*, 17, 1, 63-70.
- Brege JJ, Pietrangeli GA, McKellar AJ, Quintero L, Forgiarini AM, Salager JL, 2015, Fluid formulations for cleaning oil-based or synthetic oil-based mud filter cakes. US/20150087563A1.
- Bullon J, Cardenas A, Sanchez J, 2002, Emulsion filtration through surface modified ceramic membranes. *J Dispersion Sci. Technology* 23: 269-277.
- Burke J, 1984, *Solubility Parameters: Theory and Application*. AIC Book and Paper Group Annual, Volume 3, Craig Jensen, Editor, pg. 13-58. California.
- Carnahan N, Salager J. L., Anton RE, Davila A, 1999, Properties of Resins Extracted from Boscan Crude Oil and Their Effect on Stability of Asphaltenes in Boscan and Hamaca Crude Oils, *Energy & Fuel*, 13, 2: 309-314.
- Celis MT, Forgiarini A, Briceño MI, Garcia-Rubio LH, 2008, Spectroscopy measurements for the determination of polymer particle size distribution. *Colloids and Surfaces A*, 331: 91-96.
- Collins, R, 2015, Clean slate: Henkel launches a new U.S. detergent. Ver <http://www.stthomas.edu/news/clean-slate-henkel-launches-first-u-s-detergent/> Fecha de consulta: 26 Noviembre 2017.
- Cuéllar I, Bullón J, Forgiarini AM, Cárdenas A, Briceño MI, 2005, More efficient preparation of parenteral emulsions or how to improve a pharmaceutical recipe by formulation engineering. *Chemical Engineering Science* 60: 2127-2134.
- Dae Sung Park et al. Tunable Oleo-Furan Surfactants by Acylation of renewable Furans ACS Central Science, Open Article ASAP DOI; 10.1021/acscentsci.6b00208 published on the web October 19, 2016. Ver <http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acscentsci.6b00208> o <https://twin-cities.umn.edu/news-events/researchers-invent-%E2%80%98perfect%E2%80%99-soap-molecule> Fecha de consulta: 26 Noviembre 2017.
- Delgado J, Pereira, JC, Rangel A, Salazar F, Guevara M, Forgiarini A, Bullón J, 2012, Efecto de la adición de moléculas anfífilas sobre las propiedades de la película de asfaltenos en la interfase aire-agua. *Revista Ingeniería UC*, Vol. 19, No. 2, 16 - 24.
- Delgado-Linares JG, Bullon J, Salager JL, 2015, Aplicaciones de las Micro y Nanotecnologías en la Exploración y Producción del Petróleo y del Gas. Chap. 6 in *Nanopartículas: Fundamentos y Aplicaciones*. C.L. Larez-Velasquez, S. Koteich, F. Lopez, Eds. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. pp 155-182.
- Delgado-Linares JG, Pereira JC, Rondón M, Bullón J, Salager JL., 2016a, Breaking of Water-in-Crude Oil Emulsions. 6. Estimating the Demulsifier Performance at Optimum Formulation from Both the Required Dose and the Attained Instability. *Energy & Fuels*. 30, 7, 5483-5491
- Delgado-Linares JG, Alvarado JG, Vejar F, Forgiarini A, Bullón J, Salager, JL., 2016b, Breaking of Water-in-Crude Oil Emulsions. 7. Demulsifier Performance at Optimum Formulation for various Extended Surfactant Structures. *Energy & Fuels*. 30, 9, 7065-7073.
- Eisembach M, Caplan R, 1979, Interaction of purple membrane with solvents. II. Mode of interaction. *Biochimica et Biophysica Acta*. Vol 554, 2, 281-292.
- Fernández A, Usubillaga A, Salager JL, 2004, Síntesis de un nuevo surfactante extendido con cabeza polar car-

- bohidrato. *Ciencia*, 12, 3, 229-236.
- Forgiarini A., Esquena J, González C, Solans C, 2001, Formation and stability of nanoemulsions in mixed nonionic surfactant systems. *ProgressColloidPolymerSci.* 118: 184-189.
- Forgiarini A, Márquez L, Celis MT, Salager JL, 2015, Nanoemulsiones — Formación con baja energía. Chap. 11 in *Nanopartículas: Fundamentos y Aplicaciones*. C.L. Larez-Velasquez, S. Koteich, F. López, Eds. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. pp 273-293.
- Graciaa A, Lachaise J, Cucuphat C, Bourrel M, Salager JL, 1993a, Improving Solubilization in microemulsion with aditives - Part 1: The Lipophilic Linker role. *Langmuir*, 9, 669-672.
- Graciaa A, Lachaise J, Cucuphat C, Bourrel M, Salager JL, 1993b, Improving Solubilization in microemulsion with aditives - Part 2: Long chain alcohols as lipophilic linkers. *Langmuir* . 9, 3371-3374.
- Grosso J, Layrisse I, González J, Salager J L, Villabona J, 1985, La Influencia de los parámetros fluido-mecánicos y fisico-químicos en la formación de emulsiones. *Rev. Tecn. INTEVEP*, 5, 3-8.
- Grosso JL, Briceño MI, Paterno J, Layrisse I, 1987, Influence of crude oil and surfactant concentration on the rheology and flowing properties of heavy crude oil in water emulsions. In *Surfactants in Solution*, K. Mittal & P. Bothorel Eds., vol. 6, 1653-1673, Plenum Press.
- Hansen CM, 1967, The three dimensional solubility parameter-Key to paint component affinities: I. Solvents, plasticizers and resins. *J. Paint Technology*, 39, 104-117.
- Hansen CM. The universality of the solubility parameter *Industrial & Engineering Chemistry Product Research & Development* 1969, 8, 2-11.
- Hansen CM, 2000, *Hansen Solubility Parameters-A User's Handbook*, CRC Press Inc., Boca Raton, FL.
- Hansen CM, 2004, Aspects of solubility, surfaces and diffusion in polymers. *Prog. Org. Coatings*, 51, 1, 55-66.
- Kakadjian SR, Zamora F, Garza T, De Santis Márquez L, Salager JL, 2011, Compositions and methods for gas well treatment. US7989404B2.
- Koteich S, Goncalves E, Bullón J, 2015, La farmacéutica y la dermocosmética como campos de aplicación de la nanotecnología. Chap. 7 in *Nanopartículas: Fundamentos y Aplicaciones*. C.L. Larez-Velasquez, S. Koteich, F. Lopez, Eds. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. pp 183-201.
- Marfisi S, Alvarez G, Anton RE, Lachaise J, Graciaa A, Salager JL, 2007, Relation between the water-in-crude oil Emulsion Breaking kinetics and the Dynamic Variation of the Interfacial Tension. 8th International Conference on Petroleum Phase Behavior and Fouling, Petrophase June 10-14, Pau - France.
- Marfisi S, Alvarez G, Paruta E, Moreno P, Antón RE, Salager JL, 2009, Deshidratador electrostático de laboratorio para probar formulaciones desemulsionantes. Mecanismo de electrocoalescencia. *Ciencia e Ingeniería*, 30: 229-236.
- Mercado R, Avendaño J, Celis MT, Salager JL, 2013, Ruptura de emulsiones asfálticas catiónicas y no-iónicas mediante adición de arena. *Ciencia e Ingeniería* 34: 111-122.
- Miller, M, 1950, EC261 Soap and other Detergents. <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3166&context=extensionhist> Fecha de consulta: 26 noviembre 2017.
- Miñana-Pérez M, Graciaa A, Lachaise J, Salager JL, 1995a, Solubilization of polar oils with extended surfactants. *Colloids Surfaces A* 1995, 100, 217-224.
- Miñana-Pérez M, Graciaa A, Lachaise J, Salager JL, 1995b, Solubilization of polar oils in microemulsion systems. *ProgressColloidPolymerScience*, 98, 177-179.
- Orimulsión, s.f., En Wikipedia. Ver <https://es.wikipedia.org/wiki/Orimulsión> Fecha de consulta: 26 noviembre 2017.
- Pereira J, López I, Salas R, Silva F, Fernandez C, Urbina C, López JC., 2007, Resins: The molecules responsible for the Stability/Instability Phenomena of Asphaltenes. *Energy & Fuels*, 21, 1317-1321.
- Pereira JC, Delgado-Linares JG, Scorzza C, Rondón M, Rodríguez S, and Salager JL, 2011, Breaking of Water-in-Crude Oil Emulsions. 4. Estimation of the Demulsifier Surfactant Performance To Destabilize the Asphaltenes Effect. *Energy & Fuels*, 25, 3, 1045-1050.
- Pierini C, Bracho C, Gonzales G, 2006, Formulation of Asphalt Emulsion with Lignin Derivatives and its Behavior with Mixtures of Stony Materials. *Revista Técnica Ing. Univ. Zulia* 29, 134-143.
- Quintero L, Clark DE, Jones Th, Salager JL, Forgiarini A., 2008, In Situ Fluid Formation for Cleaning Oil- or Synthetic-Oil-Based Mud. US/20080110618A1.
- Quintero, L, Clark D E, Salager JL, Forgiarini A, 2009, Mesophase Fluids with Extended Chain Surfactants for Downhole Treatments. US/20090183877A1.
- Quintero L, Clark DE, Cardenas AE, Salager JL, Forgiarini A, Bahsas A, 2012a, Dendritic Surfactants and Extended Surfactants for Drilling Fluid Formulations. US20120241220A1.
- Quintero L, Clark DE, Jones Th, Salager JL, Forgiarini A., 2012b, In situ fluid formation for cleaning oil- or synthetic oil-based mud. US/8091645B2.
- Rodríguez J, Salager JL, Forgiarini de Guédez A, 2013, Evaluación del poder antioxidante de una microemulsión conteniendo quercetina y aceites esenciales mediante un método optimizado de análisis. *Ciencia e Ingeniería*. 34, 1, 45-50.
- Rondón M, Bouriat P., Lachaise J, Salager JL, 2006, Breaking of Water-in-Crude Oil Emulsions. 1. Physicochemical Phenomenology of Demulsifier Action. *Energy & Fuels*. 20, 1600-1604.
- Rondón M, Pereira JC, Bouriat P, Graciaa A, Lachaise J,

- Salager JL., 2008, Breaking of Water-in-Crude Oil Emulsions. 2. Influence of Asphaltene Concentration and Diluent Nature on Demulsifier Action. *Energy & Fuels*, 22, 702-207.
- Salager JL, Quintero L, Ramos E, Andérez J, 1980, Properties of surfactant-oil-water emulsified systems in the neighborhood of three-phase transition. *J. Colloid Interface Sci.* 77, 288-289.
- Salager JL, Grosso JL, Eslava M A, 1982a, Flow Properties of emulsified surfactant-oil-water systems near optimum formulation. *Rev. Tecn. INTEVEP*. 2, 149-154.
- Salager JL, Loaiza-Maldonado I, Miñana-Pérez M, Silva F, 1982b, Surfactant-Oil-Water Systems near the Affinity Inversion - Part I: Relationship between equilibrium phase behavior and emulsion type and stability. *J. Dispersion Science Technology*. 3, 279-292.
- Salager JL, Miñana-Pérez M, Andérez J, Grosso J, Rojas C, Layrisse I, 1983a, Surfactant-oil-water systems near the affinity inversion - Part II: Viscosity of emulsified Systems. *J. Dispersion Science Technology*, 1983, 4, 161-173.
- Salager JL, Miñana-Pérez M, Pérez-Sánchez M, Ramírez-Gouveia M, Rojas JI, 1983b, Surfactant-oil-water systems near the affinity inversion - Part III: The two kinds of emulsion inversion. *J. Dispersion Science Technology*, 4, 313-329.
- Salager JL, 1986, Uso de los surfactantes en la industria petrolera. *Ciencia e Ingeniería*. 18, 2, 85-102.
- Salager JL, 1987, Bases fundamentales del papel de la química deshidratante: Influencia de la formulación físico-química sobre la estabilidad de una emulsión. *Revista Técn. INTEVEP*, 7, 3-15.
- Salager JL, 1990, The fundamental basis for the action of a chemical dehydrant. Influence of the physical and chemical formulation on the stability of an emulsion. *International Chemical Engineering*, 30, 103-116.
- Salager JL, Graciaa A, Lachaise J, 1998, Improving Solubilization in microemulsion with additives - Part III: Lipophilic Linker Optimization. *J. Surfactants & Detergents*, 1, 403-406
- Salager JL, Antón RE, Andérez JM, Aubry JM, 2001a, Formulation des micro-émulsions par la méthode HLD. In *Techniques de l'Ingénieur*, Vol. Génie des Procédés J2, Chapter 157, 1-20.
- Salager JL, Briceño M, Bracho CL, 2001b, Heavy Hydrocarbon Emulsions - Making use of the State of the Art in Formulation Engineering, en *Encyclopedic Handbook of Emulsion Technology*, J. Sjöblom, Ed., Chap 20, pp. 455-495, Marcel Dekker New York.
- Salager JL, Briceño MI, Marfisi S, Alvarez G, 2005a, Emulsification de bruts extralourds: un cas typique de génie de la formulation. *Energie et Formulation J. P. Canselier Ed.*, Cahiers de Formulation, EDP Science Paris.
- Salager JL, Antón RE, Sabatinib DA, Harwell JH, Acosta EA, and Tolosa LI, 2005b, Enhancing Solubilization in Microemulsions—State of the Art and Current Trends. *J. Surfactants & Detergents*. Vol. 8, 1,; 3-21.
- Salager JL, Antón RE, Aubry, JM, 2006, Formulation des émulsions par la méthode HLD. In *Techniques de l'Ingénieur*, Vol. Génie des Procédés J2, Chapter 158, 1-16.
- Salager JL, Rondon M, Pereira JC, Bouriat P, Lachaise J, Graciaa, 2007, Physical Chemistry of water-in-crude emulsion breaking — Recent Advances Phase inversion phenomena in petroleum water-in-oil emulsion under turbulent conditions. 8th International Conference on Petroleum Phase Behavior and Fouling. PETROPHASE, Pau France, June 10-14.
- Salager JL, Choplin L, 2008, Mousses: Formation, formulation et propriétés. *Techniques de l'Ingénieur*, Vol. Génie des Procédés. Chapitre J2-200, 1-14.
- Salager JL, Bullón J, Pizzino A, Rondón-González M, Tolosa L, 2010, Emulsion formulation engineering for the practitioner. In *Encyclopedia of Surface and Colloid Science*, 1:1, 1-6. P. Somasundaran Ed., Taylor & Francis.
- Salager JL, Forgiarini AM, Bullon J, 2012a, Surfactant Formulation to Reach the Ultralow Interfacial Tension required for Enhanced Oil Recovery. Chap. 5. In *Topics in Colloidal Aggregation and Interfacial Phenomena*. M. Garcia-Sucre, A Lozsán, A Castellanos-Suarez & J. Toro-Mendoza Eds. Research Signpost, Kerala - India pp 125-160.
- Salager JL, Forgiarini A, Anton RE, Quintero L, 2012b, Available Know-how in Transforming an Emulsified Drilling Fluid to be removed from unwanted location into a low-viscosity Single Phase System, *Energy & Fuels* 26 : 4078-4085.
- Salager JL, Forgiarini AM, Bullón J, Progress over a Century of Designing Emulsion Properties – Emerging Phenomenological Guidelines from Generalized Formulation and Prospects to Transmute the Knowledge into Know-How, 2014, In *Surfactant Science and Technology: Retrospects and Prospects*. Chap 18. pp 459-487. L.S. Romsted Ed. CRC Press Boca Raton FL.
- Silva I, Borges B, Blanco R, Rondón M, Salager JL, and Pereira, JC, 2014, Breaking of Water-in-Crude Oil Emulsions. 5. Effect of Acid-Alkaline Additives on the Performance of Chemical Demulsifiers. *Energy Fuels*, 28, 6, 3587–3593
- Stepan Company, 2014, STEPOSOL® MET-10U. <http://www.jrhessco.com/wp-content/uploads/2014/04/STEPOSOLMET10U.pdf>. Fecha de consulta: 26 Noviembre 2017.
- Tyrode E, Pizzino A, Rojas O, 2003, Foamability and Foam Stability at High Pressures and Temperatures. I. Instrument validation, *Review of Scientific Instruments*, 74: 2925-2932.
- Vessuri H, Canino MV, 2003, Restricciones y oportunidades en la conformación de la tecnología: el caso Ori-

mulsi3n. Venezuela: el Desafío de Innovar. Fundaci3n POLAR-CENDES. Caracas, Venezuela, 181-201. Ver <http://www.oei.es/historico/salactsi/orimulsion.htm> Fecha de consulta: 26 noviembre 2017.

Villabona J, Bracho C, Salager JL, 1985a, Transporte de emulsiones surfactante-agua-ceite. Parte I: Problema y alternativas de transporte de los crudos pesados de la Faja del Orinoco. *Ciencia e Ingeniería*. 17, 1, 53-61.

Villabona J, Bracho C, Salager JL, 1985b, Transporte de emulsiones surfactante-agua-ceite. Parte III: Influencia de los parámetros fisicoquímicos. *Ciencia e Ingeniería*. 17, 2, 256-263.

Villarreal AM, Fernandez C, Forgiarini A, Márquez L, Nielloud F, Salager JL, 2011, Nanoencapsulation de filtres solaires via nanoémulsions. *Cahier de formulations: Procédés et formulation au service de la santé*. Durand A, Cansellier J. P. Eds. Vol 15: 5-18. EDP Sciences. París.

Zamora JM, Espina S, Rodríguez M, Vargas G, Moreno P, Vejar F, Ridelis H, Mira I, Tyrode E, Pizzino A, Alvarez G, Marfisi S, Rojas O, Briceño MI, Bracho C, Bullon J, Salager JL, 2007, Desarrollo de equipos de laboratorio comerciales en la Universidad de Los Andes: Sinergia FIRP-CITEC. VI Jornadas Científico-Técnicas Facultad de Ingeniería ULA, Mérida Oct. 8-11.

Zamora, JM, Marquez R, Forgiarini AM, Langevin D, Salager JL, 2018, Interfacial rheology of low interfacial tension systems using a new oscillating spinning drop method. *Journal of Colloid and Interface Science* 519: 27-37.

**Salager, Jean-Louis:** *B.Sc. en Química y B.Sc. en Ingeniería Química de la Universidad de Nancy (Francia), así como un M.Sc. y Ph.D de la Universidad de Texas, Austin (USA) en recuperación mejorada y formulación con surfactantes. En los últimos 45 años ha estado relacionado con la enseñanza e investigación en la Universidad de los Andes (Mérida, Venezuela), donde ha sido Director fundador de la Escuela de Ingeniería Química y fundador del Laboratorio FIRP de la Universidad de Los Andes. Actualmente es Profesor Emérito de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes y consultor en ciencia y tecnología de surfactantes, particularmente en micro-, macro- y nano-emulsiones, con aplicaciones en producción de petróleo, productos de cuidado personal y detergentes.*

**Forgiarini, Ana Maria:** *Ingeniero Químico con M.Sc en Ingeniería Química en la Universidad de los Andes (Mérida-Venezuela). Recibió su Ph.D. de la Universidad de Barcelona (España) y permaneció durante un año como investigador post-doctoral en la Universidad de Carolina del Norte (EE.UU). Es actualmente Directora adjunta del Laboratorio FIRP, y jefe del grupo de investigación y desarrollo de micro y nanoemulsiones, particularmente con aplicaciones en producción de petróleo.*

Correo electrónico: [anafor@ula.ve](mailto:anafor@ula.ve)

**Bullón, Johnny:** *Ingeniero Químico de la Universidad de los Andes (Mérida-Venezuela) y Ph.D. del European Membrane Science and Technology Institute en la Universidad Montpellier 2 (Francia). Actualmente es profesor y director del Laboratorio FIRP, con líneas de investigación en el campo de membranas y procesos de separación relacionados con sistemas con surfactantes y emulsiones. Correo electrónico: [jbullon@ula.ve](mailto:jbullon@ula.ve)*

**Delgado-Linares, José Gregorio:** *Ingeniero Químico, Maestría en Ingeniería Química y Doctorado en Ciencias Aplicadas de la Universidad de los Andes (2000; 2006 y 2012) Post-doctorado en Colorado School of Mines (EE UU, 2012). Es profesor de la Escuela de Ingeniería Química de la ULA. Correo electrónico: [josedel@ula.ve](mailto:josedel@ula.ve)*

**Márquez, Ronald:** *Ingeniero Químico de la Universidad de los Andes (Mérida-Venezuela). Actualmente se encuentra realizando estudios Doctorales en el área de Reología Interfacial en aplicaciones de Deshidratación de crudo y Recuperación mejorada de petróleo. Es profesor de la Escuela de Ingeniería Química de la ULA e investigador del Laboratorio FIRP. Correo electrónico: [marqueyronald@ula.ve](mailto:marqueyronald@ula.ve)*

**Aubry, Jean-Marie:** *Ingeniero ESPCI opción Química; Doctorado es-Sciences en Química Orgánica en la UPMC, Francia. Director del EA "Química Molecular y Formulación". Profesor de Química y Formulación en la ENSCL, Lille, Francia. Correo electrónico: [jean-marie.aubry@ensc-lille.fr](mailto:jean-marie.aubry@ensc-lille.fr)*

**Celis, Maria-Teresa:** *Ingeniero Químico Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela-1981; Master en Ingeniería Química, 1997, Ph.D. en Ingeniería Química 2000, University of South Florida (USF), USA; Post. Doc. (Water-based, Natural Polymer Surfactants: Implications for Deep-water Horizon Oil Spill Dispersions and Cleanu pOperations), 2012, USF, USA; Directora Laboratorio de Polímeros y Coloides, Facultad de Ingeniería (ULA); área de investigación Polímeros, emulsiones y espectroscopia. Correo electrónico: [celismt@ula.ve](mailto:celismt@ula.ve)*

## Capítulo 2

# La academia pilar fundamental de la universidad

**Rosenzweig Levy, Patricia**

Vicerrectora Académica, Universidad de Los Andes,  
Merida, Venezuela.

[vicerecutora.academica@ula.ve](mailto:vicerecutora.academica@ula.ve)

### Resumen

*La actividad académica, como pilar fundamental del quehacer universitario, requiere de un constante proceso de reflexión, tomando en cuenta los cambios de los paradigmas educativos, tecnológicos, y los avances de la investigación científica, vistos a la luz de las transformaciones socioculturales. Esto es especialmente cierto en un mundo altamente globalizado, inmerso en un proceso de cambios. El presente trabajo, hace una breve reflexión de las diversas actividades que, desde el Vicerrectorado Académico de la Universidad de Los Andes, se están realizando para apoyar los nuevos paradigmas de la enseñanza y la gestión de la actividad universitaria, especialmente a través de sus diversas dependencias y los programas adscritos. Así mismo, se mencionan los nuevos programas que se han creado como estímulo a la excelencia en la docencia universitaria y a la trayectoria académica de los profesores, así como a las carreras de pregrado. Este trabajo coloca en perspectiva solo algunas de las actividades más emblemáticas, quedando muchas otras actividades que se desarrollan y que forman parte del trabajo natural y atribuciones que, el artículo 38 de la Ley de Universidades, le asigna al Vicerrectorado Académico, y que se encuentran reflejados en el quehacer cotidianado universitario.*

ISBN: 978-980-11-1858-9



## 1 Introducción

*“Las instituciones universitarias enfrentan nuevos retos en un mundo cambiante y globalizado en el que tiene lugar la revolución del conocimiento para cumplir su misión de conservar, incrementar, transmitir y usar el saber o los “saberes, como lo diría don Alfonso el Sabio” (Cárdenas 2004).*

La formación de recursos humanos, a nivel de pregrado y postgrado, permite que las regiones se consoliden y contribuyan positivamente al desarrollo de las naciones (Bloom y col., 2006), y esto solo es posible gracias a una educación superior sólida, arraigada y apoyada con políticas públicas coherentes y articuladas con el sector privado (Brunner 2008). En tal sentido, la universidad se transforma en una fuente de movilidad social, que impulsa positivos cambios sociales, motiva a los jóvenes a buscar su formación profesional, y propicia el mejoramiento profesional, un aspecto que es fundamental especialmente en los países emergentes (Fleet 2007). En consecuencia, la responsabilidad social universitaria, es un principio fundamental que debe ser asumido por las universidades (Cavero, 2006), tomando en cuenta un enfoque ético del vínculo mutuo entre universidad y sociedad. Se trata de establecer un compromiso relevante para la solución de los problemas sociales, y permite la aplicación directa del saber científico y tecnológico; así como, una formación profesional con un profundo sentido humano.

La responsabilidad social universitaria, también se puede visualizar como la capacidad que tiene la universidad para divulgar y llevar a la práctica un conjunto de principios y valores humanos generales y específicos. Esto lo puede realizar tomando en cuenta cuatro procesos básicos del quehacer universitario: 1) la docencia, 2) la investigación, 3) la extensión universitaria, y 4) la gestión universitaria (Jiménez, 2002)

Es importante recordar que, el saber universitario va más allá del simple conocimiento de una profesión, es decir, de sus técnicas y sus métodos. La universidad no es solo una “fábrica de profesionales”; por el contrario, es una institución llamada a formar ciudadanos que, además del conocimiento específico de cada profesión, tiene valores éticos y morales.

Por otro parte, es importante recordar que el eje central de la sociedad actual se encuentra en los grandes cambios que se experimentan con las nuevas tecnologías de información y la comunicación (TIC) (Castells, 1996,1997), cuyo principal objetivo es la construcción de conocimiento para generar ciclos permanentes de innovación y mejora en los distintos ámbitos de la sociedad. El valor estratégico de las tecnologías de la información y la comunicación (Bell,

1973), ha transformado tanto a la sociedad, que ahora la debemos calificar como “sociedad de la información”; y, la universidad debe estar preparada para formar profesionales que sean capaces de desenvolverse con todas estas herramientas, a los fines de resolver problemas profesionales, pero también problemas sociales. En este orden de ideas, se encuentra el concepto de capitalización del conocimiento (Etzkowitz, 2008), que vendría a ser una nueva misión de la universidad.

En este contexto, es menester conocer cada vez, profundamente las estructuras universitarias, a los fines de visualizar si están preparadas para enfrentar los cambios que exige formar nuevos profesionales universitarios, con calidad profesional, pero también con valores humanos. El sociólogo brasileño Darcy Ribeiro, en su obra sobre las universidades latinoamericanas (Ribeiro, 1971), consideró necesario conocer, en lo más profundo, las estructuras universitarias, el conjunto y la integración de los órganos y procedimientos a través de los cuales las universidades cumplen sus funciones. Para Ribeiro, los cambios estructurales de las universidades latinoamericanas, son necesarios para la investigación y difusión del saber científico y tecnológico en la cultura nacional, en un esfuerzo deliberado de superación del subdesarrollo.

En este sentido, el presente capítulo persigue hacer una reflexión del papel que el Vicerrectorado Académico de la Universidad de Los Andes, y sus dependencias, han tenido a lo largo de los últimos dos lustros, y su contribución a los cambios requeridos para la formación, con altos estándares de calidad académica y valores éticos, de las nuevas generaciones de profesionales universitarios venezolanos.

## 2 Marco teórico y Metodología

Las universidades se definen como instituciones académicas de enseñanza superior y juegan un papel relevante en el ámbito de la investigación, que está orientada a dar respuesta a las demandas de su entorno, genera nuevos conocimientos y forma profesionales de alto nivel. En tal sentido, la Universidad de Los Andes (ULA), desde hace más de dos siglos, ha materializado esta misión, y en sus aulas se han formado profesionales que han contribuido al desarrollo nacional. La ULA es una institución que ha venido superando obstáculos a lo largo de la historia, porque se ve dignificada, en su esencia y razón, la academia. Sin embargo, la ULA no ha escapado a la circunstancia histórica del último lustro. Venezuela actualmente padece una crisis política, económica y social, que tiene un impacto importante en las universidades, y se refleja en la actividad académica, la docencia, la investigación, y la extensión. La universidad no puede, ni debe, mantenerse al margen o a la expectativa de los acontecimientos, sino que, por el contrario, ha de tener un papel activo y dinámico en la sociedad. Se enfrenta al problema de encontrar respuesta al escenario actual de

crisis. Esta tarea es altamente compleja, pero la comunidad ulandina, acostumbrada a enfrentar retos, impulsa acciones desde diversos ámbitos. En tal sentido, el Vicerrectorado Académico, tal y como lo establece la Ley de Universidades en su artículo 38, asume los retos como suyos, y permanentemente se mantiene renovando y creando proyectos que apoyan el desarrollo en tiempo de crisis. Por esta razón, en este momento crucial de nuestra historia, es relevante estudiar lo académico en el contexto universitario, y hacer una reflexión crítica para dar paso a los cambios paradigmáticos, en la forma y en los procesos, que fortalezcan a la academia como pilar fundamental de la universidad; entendiendo que, la docencia y la investigación, la ciencia y la tecnología, son imprescindibles para conectarnos con el mundo, estableciendo como precepto que el talento, la inteligencia, el esfuerzo, el mérito y la excelencia, deben ser los valores centrales de la institución universitaria.

El Vicerrectorado Académico de la ULA, ha determinado como objetivos, el establecimiento de políticas que lo comprometen con la vocación universitaria y que persiguen prestigiar y consolidar a la universidad como referente, en cuanto al valor y al impacto real que representa para el desarrollo de nuestro país. El camino seguido, toma en cuenta la comprensión y valoración de la academia, lo cual implica una permanente observancia de las diferentes vertientes de construcción del proceso universitario (docencia/investigación); es decir, desde la perspectiva de la educación universitaria. Es importante señalar que “academia” o “vida académica” son términos que se apartan del término “academicismo”. Este último se caracteriza por establecer una clausura espiritual mediante un saber teórico, alejado de las necesidades humanas, desprovisto de orientación social. Por otro lado, cuando nos referimos al término “academia”, se apunta a un conocimiento integral, una cultura viva, una preocupación profunda por lo humano, una inmersión en el mundo de la sociedad.

Se trata de visualizar a la institución universitaria como el espacio donde toma impulso la riqueza del saber, inseparable del ejercicio crítico. Una universidad novedosa, en devenir, espacio donde se da apertura a lo multi-, inter- y transdisciplinario, lo que implica un movimiento dinámico entre el hacer y el pensar, que propicie las condiciones para que los sujetos, en su proceso de formación, puedan asumirse como seres pensantes, conscientes de su propio papel en la construcción de la sociedad.

En un momento en el cual se cuestionan los grandes paradigmas universitarios, nos debemos preguntar cuál es la misión de la universidad latinoamericana moderna, a los fines de comenzar a fijar las medidas de transformación y, de ser posible, planificar las reformas necesarias. La respuesta inmediata pasa por comprender que “la academia es sinónimo de universidad” y desde allí comienzan a constuirse las diversas vertientes.

Queda claro que la Universidad de Los Andes, se ciemienta en la Ley de Universidades de 1970. Ahí se aparta a la universidad de lo político y se le define por los fines académicos. Lo que no significa en manera alguna, exclusión del papel social de las actividades académicas.

Se reconoce el hecho de que la universidad existe precisamente para desarrollar sus funciones básicas de docencia, investigación y extensión. La controversia acontece en el momento en que lo académico se considera frente a lo político, y las instituciones se conciben como baluartes de ideologías políticas, en contraposición a la libertad de pensamiento. Esto contradice la realidad de la función académica, en donde ni las ideologías, ni el gobierno de turno, determinan lo que deba hacer la institución universitaria. Al contrario, es la universidad la que influye en la concepción de esos aspectos. La universidad es, y debe ser, libre de dogmatismos y compromisos doctrinales.

Sin lugar a dudas, la universidad latinoamericana requiere de cambios, y la ULA no escapa a ello, pues le urge una transformación en la que se indague una academia ejemplar. La academia nunca debería verse menoscabada ni doblegada en su quehacer, lo que significa la subordinación de la academia a otros intereses, cosa que no puede aceptarse porque ésta es el valor supremo de la institución.

La universidad tiene que profundizar en su análisis interno, imprescindible ejercicio de reflexión, de introspección sobre nuestra Alma Mater y su futuro, para corregir urgentemente su realidad, para desarrollar un modelo más eficiente de la docencia, la investigación y la gestión. Este esfuerzo debe ser objetivo, transparente y coherente con la situación social y universitaria que vivimos; debe ser valiente para corregir los defectos y debe ser justo para reconocer los aciertos. Debe también razonar, y decidir si son sólo las personas las responsables de la situación, o si es también el sistema el que conducen al actual estado.

No podemos perder de vista que la excelencia académica es consustancial al rol público de la Universidad. Ello pasa, sin embargo, por exigirnos mayores niveles de calidad en la investigación y creación en todas las disciplinas, haciéndola más homogénea, aumentando en todas ellas el rigor académico.

Es necesario que todos nos hagamos partícipes de un cambio que, debe operar para fortalecer la vida académica de nuestra Universidad, que debe modificar la forma en que operan sus procesos, donde se impongan los más altos valores universitarios, donde se anteponen siempre, los objetivos colectivos a los intereses individuales.

El tercer milenio, y especialmente sus primeras dos décadas, constituyen un momento particularmente delicado, en el que no dejamos de observar cómo se incrementan a



diario las dificultades de financiación de las universidades. Se ha producido una abrupta parada de inversiones en infraestructuras, el desmantelamiento de centros de investigación por obsolescencia del equipamiento y la infraestructura y, especialmente, por la imposibilidad de realizar nuevas inversiones en proyectos. Aun así, en el Vicerrectorado Académico de la ULA, se ha venido realizando una lucha quijotesca para mantener programas en la medida de las posibilidades.

El Vicerrectorado Académico de la ULA, en un todo, y de acuerdo con la ley y los reglamentos relacionados con el tema universitario, mantiene su misión y visión y se ha venido centrando en preservar y profundizar los principios y valores que deben inspirar la formación universitaria: el cultivo incondicionado del saber, la búsqueda y la invención, el amor al rigor y la superación, la libre expresión de las opiniones, el pluralismo y la no discriminación, el fomento de la ciudadanía y de la democracia. Existe un compromiso por conciliar la calidad con la equidad, porque se entiende que son condiciones y características indisolubles. En tal sentido, el compromiso asumido pasa por entregar un aporte decisivo al mejoramiento de la academia en todos sus niveles, y definir nuevas formas de gestión para fortalecer el quehacer académico.

En este orden de ideas, el Vicerrectorado Académico de la ULA ha venido presentando distintas iniciativas, donde hay que reconocer que la experiencia y el compromiso del equipo de directores resultan fundamentales; de la misma manera que, la firme voluntad de trabajar unidos para poder afrontar los retos con garantías de éxito.

Entre las iniciativas que, a través de sus dependencias, ha venido desarrollando el Vicerrectorado Académico de la ULA se encuentran:

- 1.- Desarrollo del libro digital e interactivo de la Universidad de Los Andes.
- 2.- Adecuación de los cursos del Programa de Actualización de los Docentes (PAD),
- 3.- Modernización de la Comisión de Auditoría Académica, elaborando informes impecables.
- 4.- Remodelación del sistema de gestión del Programa de Servicio Comunitario, llevando sus procesos a las plataformas para que sus usuarios puedan utilizar todas las herramientas de la Internet.
- 5.- Creación del Consejo de Desarrollo Curricular, sobre las bases de la antigua Comisión Curricular, teniendo como meta la adecuación de las carreras de pregrado e incluyendo salidas intermedias.
- 6.- Apoyo a la gestión de la Comisión de Desarrollo del Pregrado (Codepre), contribuyendo con el afianzamiento de las carreras de pregrado, y la política de pasantías y profesores invitados.
- 7.- Desarrollo de nuevas normativas para los programas (Programa de proyectos de investigación, Programa Estímulo a la Investigación (PEI), entre otros), del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA), siempre buscando mejorar todas las políticas de investigación de científica.
- 8.- Seguimiento a la Dirección de Estudios Estudiantiles (DAES), especialmente en el apoyo que se debe brindar a los estudiantes.
- 9.- Soporte al Consejo de Estudios de Postgrado (CEP), haciendo reformulación de las políticas de postgrado y apoyando a los centenares de postgrados que hay en la ULA.
- 10.- Apoyo al Consejo de Tecnología, Información y Comunicación Académica (CTICA), estimulando capacidades que se traduzcan en la innovación y desarrollo de metodologías, especialmente dirigidas a la aplicación de la teleinformática, especialmente en el proceso enseñanza/aprendizaje (aula virtual, recursos multimedia).
- 11.- Soporte al Centro de Estudios Interactivos a Distancia (CEIDIS), apuntalando todos los eventos y cursos a distancia, lo cual se ha demostrado especialmente en la carrera de Derecho a Distancia, donde se aportó recursos humanos y financieros, entre otros.
- 12.- Apoyo a los Servicios Bibliotecarios (SerbiULA), generando un ambiente que propicie el mantenimiento de la calidad de atención al usuario, y llevando a los estudios bibliotecarios a niveles superiores, para el público en general.
- 13.- Creación de los “programas emblemáticos”: “Programa Estímulo a la Docencia Universitaria Dr. Mariano Picón Salas” (PED), dirigido a apoyar la excelencia en la docencia universitaria; “Programa Andrés Bello (PAB)”, que apoya el esfuerzo que hacen las carreras de pregrado por mantener altos estándares de calidad; “Distinción Profesor Emérito”, dirigido a reconocer la trayectoria de los profesores más distinguidos en las diversas áreas académicas; reconocimiento a los estudiantes que se destacan en sus carreras de pregrado.

Como se puede apreciar, todos los programas tienen como objetivo crear condiciones para que el pilar fundamental de la universidad sea la academia, y para que ésta responda a las demandas sociales de cara a la realidad nacional. Que la docencia y la investigación, apunten a la resolución de los problemas y a las aspiraciones de la sociedad merideña y venezolana, en un contexto latinoamericano

globalizado. El Vicerrectorado Académico persigue concienciar a los estudiantes para que sientan que el compromiso social es algo natural. Así mismo, se busca que los profesores, además de impartir experticias y conocimientos propios de las carreras, traten de hacer que los estudiantes reflexionen sobre el papel que, como ciudadanos, deben adelantar en una sociedad que requiere imperiosamente la participación proactiva de todos.

Adicionalmente, el Vicerrectorado Académico ha venido estimulando a los investigadores a los fines de que, además de dedicarse a sus proyectos originales de producción de nuevo conocimiento, traten de abordar problemas de interés que se relacionen con la innovación de soluciones a los problemas de la sociedad venezolana, enfocando y animando a pensar en cómo puede influir lo que investigan en la propuesta de políticas públicas, más benéficas para todos los sectores sociales. En definitiva, desde el Vicerrectorado se han creado condiciones para que se piense en una universidad de ciencia, con conciencia y compromiso.

### 3 Conclusiones

La “academia”, en su más amplia acepción, es el cimiento en el que se fundamenta la universidad y así se viene planteando desde el Vicerrectorado Académico de la ULA. La principal responsabilidad de la universidad, es liderar a la sociedad en la generación de conocimientos y capacidades que permitan hacer frente a los problemas globales a los que nos enfrentamos. Para que la universidad se comprometa con las demandas y exigencias de nuestra sociedad, es preciso un compromiso institucional claro con el fortalecimiento de la academia, entendida como pilar fundamental de la Institución. Esto se traduce en acciones de sensibilización en la comunidad universitaria, que generen una nueva cultura y que favorezcan la participación y diálogo necesarios, de los diferentes grupos de interés de la universidad. En tal sentido, a través de sus dependencias y programas, el Vicerrectorado Académico de la ULA, viene adelantando proyectos que han arrojado resultados positivos sobre la docencia y la investigación. Y es que, en la sociedad del conocimiento y en un ambiente globalizado, la formación de recursos humanos, así como la investigación, el desarrollo y la innovación, constituyen cimientos fundamentales para el desarrollo de la nación. La universidad debe constituirse en una fuente esencial de oportunidades de formación continua y movilidad social.

### Referencias

Cárdenas AL, 2004, El Concepto de Universidad. Origen evolución. Mérida: Universidad de Los Andes.  
Brunner JJ, 2003, Nuevas demandas y sus consecuencias para la educación superior en América Latina. En Políticas

Públicas, Demandas Sociales y Gestión del Conocimiento, CINDA, Santiago de Chile, pp. 307.  
Fleet N, 2007, Rentabilidad privada de la educación superior. WorkingPaper. Comisión Nacional de Acreditación, Santiago de Chile, pp 5.  
Cavero L, 2006, La Responsabilidad Social Universitaria: Transformaciones para el Perú y América Latina, Pontificia Universidad Católica del Perú, pp 230.  
Jiménez M, 2002, Principios que Orientan la Universidad Socialmente Responsable, pp 76-80.  
Castells M, 1996, La Era de la Información: La Sociedad en Red. Vol. 1. Alianza, España, pp 656.  
Castells M, 1997, La Era de la Información: El Poder de la Identidad, Vol. 2, Alianza, España, pp 496.  
Bell D, 1973, The Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Forecasting. Basic Books, Nueva York, EEUU, pp 507.  
Etzkowitz H, Routledge, 2008, The Triple Helix, University-Industry-Government, Innovation in action, pp 309.  
Ribeiro D, 1971, La Universidad Latinoamericana, pp. 27-33.

**Rosenzweig Levy, Patricia:** Licenciada en Física, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Mérida, Venezuela. Magister of Science y Philosophical Doctor in Physics (PhD), ambos títulos en The University of Toledo, Department of Physics and Astronomy, Toledo, Ohio, USA. Miembro del Comité Científico Internacional de REDALYC. Individuo de Número Sillón 13 de la Academia de Mérida. Profesora Titular del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

## Capítulo 3

# Programa de promoción social integral para el desarrollo de áreas en los campos educacionales y culturales. Mérida como estado para la salud, desarrollo agrícola, turismo e infraestructura vial

Monzón Salas, Germán<sup>1\*</sup>; Godoy Bolívar, Jesús<sup>1</sup>; Newman, Ligia<sup>1</sup>; Mora Contreras, Ezio <sup>1</sup>; Guerrero ,Omar Antonio <sup>1</sup>; Contreras Miranda,Wilver <sup>2</sup>; Toro Toro, Lienard <sup>1</sup>; Villavicencio Moreno, Orlando Tadeo <sup>1</sup>; Fargier, Luis <sup>1</sup>; Moreno,, Guido <sup>1</sup>; Araque, Víctor <sup>1</sup>; Mazzei, Luis <sup>1</sup>; Villasmil, Néstor <sup>1</sup>; Véliz, Luis <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Ingenieros del Estado Mérida (CIEM), Fundación Leopoldo Garrido, Equipo de Diagnóstico y Proyección Vial del Estado Mérida, Venezuela.

<sup>2</sup>Universidad de Los Andes, Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambiente. Grupo de Investigaciones de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ingeniería, Mérida, Venezuela.

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

### Resumen

*En el primer trimestre de 2015, fue presentado al Centro de Ingenieros de Mérida, Venezuela, un libro publicado en Internet denominado: MÉRIDA: COMUNICACIÓN PARA MAÑANA, CARRETERAS DE HOY, el cual fue tomado como material referencial para el inicio de trabajos en el EQUIPO DE DIAGNÓSTICO Y PROYECCIÓN VIAL DEL ESTADO MÉRIDA.*

*Desde junio del año 2015 a noviembre del año 2016 en el Centro de Ingenieros del Estado Mérida (CIEM), se realizaron cuarenta y tres (43) reuniones, todas con el apoyo de la Fundación para el Mejoramiento Profesional Dr. Leopoldo Garrido Miralles, donde fue recibido un número de treinta (30) conferencias de especialistas, la mayoría de ellas relativas a la vialidad del Estado Mérida, así como la consideración de soluciones. Del texto del libro se pudo deducir que la vialidad del Estado Mérida tiene un gran rezago, considerando la demografía de la entidad que viene creciendo de manera acelerada, así como el desarrollo físico en múltiples áreas educacionales, agrícolas y turísticas.*

ISBN: 978-980-11-1858-9



9 789801 118589

## 1 Introducción

A continuación, se exponen los antecedentes de esta investigación, así como también el procedimiento realizado para la identificación de los objetivos del programa de promoción social que da origen a este libro, a fin de analizar, interpretar, contrastar y comprender las distintas propuestas que fueron presentadas en plenarios, foros y exposiciones a lo largo de distintas reuniones efectuadas principalmente en el CIEM y en otros recintos.

## 2 Antecedentes

En septiembre del año 2001, fue recopilada la información de carretera que abarca el sector El Águila, en el municipio Rangel, a la población de Piñango, en el municipio Miranda del estado Mérida. Desde ese lugar, se continúa en descenso por Las Tienditas, para luego encontrar la quebrada La Pedregosa, que marca el lindero de los municipios Miranda y Justo Briceño; se sigue por el Niguáz, hasta llegar a San Cristóbal de Torondoy, desde donde se continúa por Las Virtudes, hacia el Sur del Lago de Maracaibo. Esa ruta, desde el páramo a la tierra cálida del Lago de Maracaibo, marcó la concreción de vivencias relativas a la vialidad del estado Mérida. En ese entonces, se comienza a pensar en publicar un libro sobre los municipios, las vías y otras particularidades de la configuración política-administrativa de la entidad.

Reiniciar visitas a la geografía merideña resultó difícil debido a asuntos de índole personal. Después de haber reanudado el trabajo, en agosto del año 2011, fueron necesarios treinta y dos (32) meses para continuar el recorrido y, en el transcurso del mismo, se invitaron a varios amigos para el intercambio de ideas propias de estos periplos. En alguna ocasión, se realizaron excursiones con integrantes de la Tertulia de los Martes (foro dirigido por cuatro ex rectores de la ULA), en las poblaciones de: Los Nevados, en el municipio Libertador, Aricagua, en el municipio del mismo nombre, Capitanejo, en el municipio Ezequiel Zamora del estado Barinas y en Los Pueblos del Sur del estado Mérida, entre otras más.

Obtenida la información requerida, fue posible ordenar la recopilación del material escrito, publicado previamente en el blog Mirador Electrónico GMS, con nuevos añadidos. De esta manera, se inició un libro digital con la conclusión visualizada, para una transformación social y económica, con miras a un desarrollo sustentable para el estado Mérida, por eso su título de: Mérida. Comunicación para mañana, carreteras de hoy.

Para la presentación del libro fue requerida la orientación de quien conociera sobre estas materias, y se volvió a mirar a La Tertulia; por eso, hubo una conversación con el amigo Luis Caraballo Vivas, catedrático, historiador e investigador, quien amablemente hizo el prólogo del texto, con unas palabras extensas y lucidas, que inician con frag-

mentos de la historia del estado Mérida y con las siguientes apreciaciones:

Mérida. Comunicación para el mañana, carreteras de hoy, es el título del segundo libro digital de Germán Monzón Salas, el cual compila todas sus reflexiones, análisis y propuestas sobre la situación actual de la vialidad que circunda todo el territorio de la entidad. Aliado de las modernas tecnologías de la información y comunicación, ha echado mano de todos sus recursos para elaborar una visión real de lo existente, a través del recorrido por todas esas carreteras, caminos, trochas, desde las empinadas elevaciones hasta las playas del Lago de Maracaibo. Datos, mediciones de alturas, distancias entre pueblos y caseríos, descripción de sitios y lugares, caracterizaciones socio-económicas, análisis de tierras para la agricultura y la ganadería; en fin, un compendio de información actual y un conjunto de propuestas comunicacionales para colocar a Mérida en el contexto de los requisitos necesarios para revolucionar las vías que serán utilizadas para el tránsito en esta primera mitad del siglo XXI.

No es una utopía, constituye una propuesta medular en su libro la salida de Mérida a los Llanos por medio de la construcción de túneles-carreteras, la reconversión del aeropuerto Alberto Carnevali, la ampliación y mejora de tramos de las carreteras del páramo. Especial atención le ha dedicado a la vialidad de esa esplendorosa zona de los Pueblos del Sur, lugar que todavía permanece distante a los merideños y demás venezolanos, siendo una de las maravillas paisajísticas con que cuenta nuestro país.

Este libro emparenta a Germán con los cronistas de Indias, por aquella capacidad de descripción y capacidad para valorar el detalle. Aquí no sólo resaltan sus cualidades con la pluma, sino también con el ojo escrutador para captar con su cámara fotográfica los datos relevantes que le permiten orientar, al lector, los significados geográficos y humanos de los sitios recorridos.

Aquí está una propuesta de transformación para el estado Mérida. Todo el que lea esta obra podrá encontrar elementos y materiales valiosos para la construcción de la Mérida del futuro (Caraballo 2014).

Una vez publicado el libro, se pensó que, aparte de subirlo a internet para brindarlo a lectores diversos, se debía estructurar una presentación de sus aspectos claves, para promocionar su primera parte: Comunicación para el mañana. Se acudió, entonces, a los ex rectores de la Universidad de Los Andes: José Mendoza Angulo, Néstor López Rodríguez, Michael Rodríguez Villenave y Genry Vargas, quienes permitieron la presentación de este libro en la Tertulia de los Martes. En general, los comentarios fueron favorables y esto motivó a subir otro escalón. Todo indicaba que había que dirigirse al Centro de Ingenieros del Estado Mérida.

Al llegar a este centro, con claro aliento por la acogida en la Tertulia de los Martes, en entrevista con su Presidente:

Jesús Godoy Bolívar, fue narrada la idea de presentar las charlas, con el intercambio de opiniones para acceder a internet tanto al libro como a las mismas exposiciones dadas. Poco tiempo después, se pautó una charla con igual contenido, la cual se realizó el 30 de abril del año 2015, en la que se explicó la presentación en el CIEM y se acordó la designación de una comisión integrada por los profesionales: Omar A. Guerrero, Orlando T. Villavicencio M., Víctor Araque, Luis Fargier, Ligia Newman, Marcos Delgado, Néstor Villasmil, Jesús Godoy Bolívar, Gioconda González y Germán Monzón Salas.

Antes de hacer una relación de cómo fue el procedimiento en el CIEM, se escriben aquí algunos detalles considerados importantes. Para mayor precisión, se citan algunos párrafos de lo escrito en la presentación del libro de Germán Monzón Salas, quien señala que hay un propósito de:

...cambiar el atraso por la modernidad, la flojera por la acción, la lloradera por las buenas y productivas ideas. Creo que para iniciar los cambios, la educación, el conocimiento humano, deben abrirse las compuertas del intelecto, para entender que si nos paramos a observar y no realizamos nada, la historia nos dejará atrás, seguiremos rezagados, olvidados por nosotros mismos. No olvidemos, más vale tarde que nunca, manos a la obra.

En la década de los años cincuenta, siendo todavía un pueblo se pensó y al final se ejecutó esa grandiosa obra que es el teleférico, el Hotel Prado Río, muchos de los parques de la ciudad. Todo ese pensamiento proyectó en definitiva a Mérida para el turismo. En años siguientes, llegaron también tres viaductos, la Meseta Tatuy y La Otra Banda, una única ciudad, con nuevas avenidas de este a oeste, edificios de apartamentos con ubicación privilegiada cerca de las avenidas de mayor concurrencia. La iniciativa privada elaboró lo suyo: hoteles, posadas, restaurantes, centros comerciales, actividad industrial, artesanal, comercial con pulso y dinamismo donde se descubre la pasión y amor que sentimos por este inigualable y conspicuo terruño, lleno de amor y afecto. Luego todo se estancó, el pesimismo o falta de visión ganó terreno, allí nos quedamos, creo que no podemos parar, pido que se levante una nueva ola de voluntades creadoras para recuperar a la Mérida que junto soñamos y que debe seguir con paso optimista cuidando su naturaleza, su incalculable patrimonio cultural, su educación, sus universidades, sus profesores, su juventud y sus estudiantes. Vamos a cerrar la puerta al pesimismo, a la inseguridad, al relajado, pongamos orden y sistematización donde haga falta. Será difícil que aún con la mejor intención, ese barro merideño de nuestra creación que es original, fuerte, apasionado, consecuente con nosotros mismos y prodigo para levantar el pesimismo y los malos momentos, no nos dejará derrotar. Estamos por exigencia de los que tienen mayores necesidades y carencias obligados a triunfar.

Creo que aquí empezamos a equivocarnos; no se supo pensar en un país de futuro, las obras proyectadas eran de mentalidad reducida, no miramos hacia adelante, por eso nunca hicimos una buena, amplia y suficiente red vial, di-

mos pasos para modernizar la ciudad, sobre todo por la ampliación y distribución de las edificaciones de la ULA, también en los planes de vivienda y 3 viaductos, sobre el Río Albarregas. No obstante, la red vial de Mérida se quedó en cuenta, 30 años para terminar la carretera Rafael Caldera; cuando se hizo el puente sobre el Río Chama, no hubo visión, el Sur del Lago en ese momento requería una autopista como las que construían después de la posguerra, ahora quedamos condenados a unir El Vigía, Guayabones, Santa Elena de Arenales, Tucaní y Nueva Bolivia, por una calle intercomunal, pequeña, inadecuada, peligrosa, riesgosa, sin capacidad para el tránsito del año 2014. Esos cortos y torpes ojos frenaron el desarrollo social, económico, la agricultura, el turismo y toda la actividad productiva de ese territorio lleno de potencial y coraje, representado en sus habitantes.

El diagnóstico de la vialidad de Mérida nos presenta como un pueblo atrasado. Da pena decir que para ir de Mérida hacia El Vigía, hay que brincar 37 reductores. Desde El Vigía hasta el Río Pocó, en límite con Trujillo, hay que seguir brincando por arriba de otros 95 reductores de velocidad, en 108 km, hay un reductor cada 1.55 km. Llegó la hora de protestar por esa inconsecuencia, las carreteras de Mérida son una vergüenza, un monumento a la desidia; creo que en eso no nos podemos parecer, por lo atrasados, por lo elemental y primitivo del gobierno y los gobernados, todos tenemos algo que decir por esa desidia. Es imposible desarrollar el Sur del Lago sin una autopista de doble canal en ambos sentidos, la vía actual es apenas una intercomunal peligrosa y riesgosa, esa autopista tiene que empezar por otro puente sobre el Río Chama (Monzón 2014).

Para intentar lograr aceptación a una novedosa propuesta relativa a la modernidad de la vialidad de Mérida, hay que empezar por justificar social, cultural y técnicamente la realización de una obra, en que la ingeniería tendría su primera palabra; pero las obras de transformación deben tener un contenido distinto al cemento, el hierro y otros agregados de la obra física.

Hablar de túneles carreteros en Venezuela puede resultar atrevido. Hay que despejar muchas incógnitas, además de preguntar y consultar a expertos en múltiples disciplinas de la ingeniería y otras ciencias. El 26 de septiembre del año 2012, en el blog Mirador Electrónico GMS, en la entrada n.º 61, Monzón (2012), escribió una idea orientada a este pensamiento, que surgió después de visitar El Morro, en compañía de los doctores Luis Rodolfo Mazzei y José Mendoza Angulo, para destacar la propuesta de los túneles:

La idea contempla hacer [un] doble túnel, cada uno con dos vías, cada túnel para una dirección, uno para Mérida-Barinas y otro para Barinas-Mérida. Esa idea daría la mayor seguridad a esa vialidad bajo la tierra, y la misma con sentido de futuro pasaría a tener vigencia por más de 100 años (s. p.).

El Ing. Mazzei, con experiencia en la construcción de túneles, y entusiasmado sobre la idea de llevar a cabo este

proyecto en el estado Mérida, consideró factible estudiar sobre la construcción de los mismos. Con beneplácito, durante julio de 2014, escribió una nota que destaca lo siguiente:

...se deberá materializar tu idea de la vía alterna Mérida-Barinas, de la cual tanto hemos hablado y que, aunque parece una obra de muchas dificultades, tendrá que ser realizada en algún momento. Esos dos túneles carreteros de 20 km cada uno y la vía superficial desde Aricagua hasta Soconó, son un reto para la ingeniería venezolana (s. p.).

¿Cómo se procedió en el CIEM?

Durante reunión de fecha 23 de junio del año 2015, el Presidente del CIEM estimó que la comisión promotora para la nueva vía de Mérida-Barinas, a través de túneles bajo la Sierra Nevada de Mérida, quedaría integrada por: Ing. Civil Ligia Newman, Ing. Forestal Néstor Villasmil, Ing. Civil Luis Fargier, Ing. Civil Luis Rodolfo Mazzei, Ing. Civil Orlando Tadeo Villavicencio Moreno, Arq. Marcos Delgado e Ing. Agrónomo Germán Monzón Salas. Además, se debían incorporar otros profesionales, como un Ingeniero Geólogo y otro Hidrogeólogo, aportados por el CIEM. Se convocó por escrito, para el 29 de junio de 2015 a las 4:00 p.m., la primera reunión con la comisión establecida por este centro. También se consideró y aprobó la posibilidad de una reunión con autoridades del municipio Libertador de Mérida, para el 8 de julio del mismo año, a las 9:00 a.m.

El 14 de julio del año 2016, se efectuó la reunión con dichas autoridades, donde se contó con la asistencia del alcalde del Municipio Rangel, la representación técnica de las alcaldías de los municipios Libertador y Campo Elías, además de la Arquidiócesis de Mérida, un ex rector de la Universidad de Los Andes, presidente y directivos del CIEM, la mayoría de los miembros del equipo designado, representantes de medios de comunicación y demás público en general. El salón de reuniones se llenó de asistentes. Se explicó, mediante una exposición digital, sobre los detalles de la obra en promoción, asimismo se expusieron varios trabajos y estudios que deben acometerse a corto plazo, de los que cabe mencionar:

1. Visualización, en el sistema Google Earth, del área geográfica por donde se estima pasará la nueva vialidad, con la previsión de la ayuda de entes oficiales
2. Estudio de la geografía humana y geografía física
3. Estudio geológico e hidrogeológico
4. Estudio de impacto ambiental
5. Estudio preliminar de inversión
6. Estudio preliminar de impacto económico
7. Estudio preliminar de impacto turístico nacional y externo

Hubo varias intervenciones, todas en sentido positivo, salvo una persona que refirió sobre los peligros de una ciudad sísmica, con tala de árboles y calles llenas de basura. Las intervenciones en resumen reflejaron aspectos importantes, como el apoyo ofrecido por el presidente, concejales

y técnicos de la alcaldía del municipio Libertador y de técnicos del municipio Campo Elías. Entre otros puntos que fueron discutidos, resaltan:

- Solicitar el apoyo de la sociedad civil, así como de la Facultad de Ingeniería y ciencias afines a esas áreas.
  - Hablar de una necesidad y, en lo posible, desvincularla de sueños.
  - Proponer nuevas reuniones con el gobernador, consejo legislativo y otras autoridades locales y nacionales, no sólo en Mérida, sino en Barinas y otros lugares de Los Andes venezolanos.
  - Revisar los términos de modernidad y competitividad, a fin de hablar de desarrollo sostenible.
  - Ampliar el rango de difusión, a través de los medios de comunicación de la ciudad, pues ofrecen mayor disposición en la divulgación de las noticias sobre estas materias.
  - Arbitrar procedimientos para mancomunar los esfuerzos de organismos públicos de diferente nivel: municipales, estatales y nacionales, así como sumar la representación de la sociedad civil, para tener conocimiento de las necesidades sociales y económicas, a favor de un desarrollo capaz de cuidar la naturaleza con incrementos en la producción industrial, de alimentos y la potenciación del turismo y las condiciones culturales de las comunidades.
- Las reuniones continuaron los días lunes a las cuatro de la tarde, de las que se levantó una minuta, así como una planilla firmada, en la que consta la asistencia a las deliberaciones. El 20 de julio del año 2015, se realizó otra reunión donde se acordó celebrar nuevas exposiciones en diversos lugares importantes, como: la Cámara de Comercio del Estado Mérida, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes, la gobernación, el consejo legislativo y las alcaldías. Después, seguirán reuniones en el estado Barinas y demás lugares de la Región de Los Andes. Con el paso del tiempo, se consideró avanzar en el equipo el estudio y, hasta tanto no ocurriese esa etapa, se postergaron las nuevas conferencias. No obstante, hubo dos presentaciones en la Academia de Mérida: una clase magistral en la Facultad de Ingeniería, invitado por las Jornadas Científico Técnicas de esta facultad y, para celebrar la semana del ingeniero, se realizaron tres conferencias programadas por el Equipo, desde el día lunes 21 hasta el miércoles 23 de octubre 2016, con las que quedaron claras las bondades de actuar como equipo, con la proposición de realizar un inventario en materias de posibles desarrollos viales en ejecución, en planos o en ideas para toda el área metropolitana de Mérida. Se ha pretendido sumar voluntades de profesionales dispuestos a presentar propuestas de comunicación o desarrollos en los municipios metropolitanos, nadie ha de quedar por fuera. Ahora bien, entre otros desarrollos viales se mencionaron:
- La autopista Perimetral de San Onofre, que comprende desde Ejido hasta Tabay. Por tanto, el equipo se compromete a buscar el proyecto, que se estima existe, sobre esta autopista.

- Mejoras para el aeropuerto de la ciudad de Mérida.
- Nuevo acceso a la meseta de Mérida, el cual iniciaría en La Loma de La Virgen en la carretera de Tabay, con un puente para unir con la Plaza de Belén y ampliaría la avenida mirador desde Belén hacia La Sierra, hasta llegar a la Avenida Campo Elías (viaducto).
- Enlace que se está construyendo para el puente de La Pedregosa hasta La Mata.
- Invitación al economista Edgar Ochoa para la presentación de la alternativa de la vialidad, que inicia en el puente Chama II y concluye en el puente que va al río Nuestra Señora o Negro, en la carretera hacia El Morro y Aricagua.
- Alternativa planteada para un nuevo ingreso en la Vuelta de Lola, hacia El Valle y la redoma adyacente.
- Posibles desarrollos de la vía en caracol para ascender desde la parte inferior del Río Chama, en la Urbanización Carabobo, hacia la Meseta Tatuy.
- Túneles desde el sector Chama hasta salir a las avenidas Las Américas y Los Próceres.
- Otros que no se mencionan en esta lista.

De esa reunión se debe destacar que el ingeniero Orlando Tadeo Villavicencio Moreno presentó dos exposiciones; la primera de ellas habló sobre rotonda o redoma de dos niveles en el cruce de Pie del Llano, y la segunda se enfocó sobre el desarrollo de una vía que partiría desde La Hechicera hasta salir a La Pedregosa. En adelante, el Ing. Villavicencio, en compañía de la Ing. Ligia Newman, Vicepresidenta del CIEM, han tenido una preponderante actuación para invitación de nuevos ponentes y colaboración en las presentaciones, siempre con una visible y amplia disposición de esmerada ayuda.

Con fecha del 27 de julio del año 2015, el Equipo tuvo el honor de recibir al Profesor Dr. Roberto Úcar, especialista en túneles, quien inició su presentación, con la entrega de planos elaborados por él, relativos a la construcción de túneles en el estado Lara, con la obra de Yacambú y también del túnel de Palo Grande, en el estado Táchira. Los planos incluyen dibujos, algunos a colores, cálculos y demás evidencia relacionada con las características de obras de esa naturaleza. Explicó directamente sobre los planos de características resaltantes de esas importantes obras de ingeniería, al detallar los estudios geológicos y otros aspectos. Fue importante la donación de todo ese material al CIEM por parte del Dr. Úcar, quien autorizó su uso con fines divulgativos, para aclarar aspectos atinentes a la construcción proyectada de túneles desde Mérida a la vía que une a las ciudades de San Cristóbal con Barinas.

Posteriormente, con el uso de medios de proyección, mostró libros con información detallada, pormenorizada y especializada sobre la construcción de excavaciones para túneles, a partir de factores como las características de la roca o el suelo por donde pueda pasar una estructura de esa naturaleza, al estar relacionada con el riesgo sísmico. Además, mostró las tablas de última generación para calcular el costo por metro en la perforación de excavaciones, con es-

timaciones de expertos sobre el costo promedio relativos a las características geológicas de las zonas donde se iniciaría la perforación. Hizo una primera aproximación al considerar una geología tentativa promedio, el costo por metro de excavación y el soporte monetario, que puede estar en el orden de 8000 dólares americanos (US\$) por metro. El Dr. Úcar, en consecuencia, ofreció sus calificados conocimientos y experiencias para coadyuvar en la cristalización de un proyecto que hoy día es una necesidad para Mérida, con impacto de carácter local, estatal, regional e implicaciones nacionales.

Este proyecto constituye una manera para que los ingentes recursos petroleros lleguen a los andes venezolanos, donde parece que apenas migajas de esa inmensa riqueza han llegado para solventar múltiples problemas pendientes de conclusión. Ésta es una deuda social, con un carácter moderno de desarrollo humano, popular, que se puede iniciar a saldar con una infraestructura de primer mundo y que, por justicia, merece el estado Mérida.

Con fecha del 3 de agosto del año 2015, fue recibida la exposición del Ing. Pedro Andueza, quien hizo una disertación de los diferentes pasos para franquear el paso vehicular de los andes venezolanos, desde la zona sur lacustre hasta el llano de Barinas y otros estados. En esa misma reunión, el geólogo y geógrafo Omar Guerrero, siempre entusiasta y excelente colaborador con el Equipo, tomó la palabra y realizó una disertación de aspectos geológicos a lo largo del trazado propuesto en una primera tentativa para articular, a través de túneles, la ciudad de Mérida con la carretera que une las ciudades de Barinas y San Cristóbal. Seguidamente, se presentaron otras conferencias con destacados especialistas, en los salones de la Fundación Leopoldo Garrido Millares del CIEM.

Al considerar el énfasis puesto en lo social, durante el desarrollo de las charlas, se ha comprendido que la presentación preparada necesitaba un nombre ajustado al desarrollo de la misma; por eso, la conferencia elaborada que ahora se presenta y se desarrolla en el texto que sigue, se denomina: Exposición de motivación. Programa de Promoción Social Integral, para el desarrollo de áreas en los campos educacionales y culturales. Mérida como estado para la salud, desarrollo agrícola, turismo e infraestructura vial.

Es oportuno señalar que muchos de los aspectos estudiados y debatidos tienen un carácter conceptual. A través de los proyectos respectivos, deberán afinarse muchos detalles y precisiones pendientes. Por ejemplo, la ruta de los túneles estará ligada al estudio geológico, además está pendiente un análisis del tráfico vehicular, por ser una información importante para el proyecto.

A continuación, se considera necesario hacer un rápido recorrido que permita visualizar, a través de un diagnóstico, que no sólo demuestra un penoso atraso social, sino también de toda la infraestructura vial; aspectos que se publicaron en el blog Mirador Electrónico GMS, desde agosto del año 2014, relacionado con las materias de esta publicación

II. estado mérida su infraestructura e influencia en el área del estudio

Como se puede observar en la Figura 1, el estado Mérida tiene una superficie total de 11.300 km<sup>2</sup>, con una densidad de población de 88 habitantes por km<sup>2</sup>. Esto representa una población total de 991 971 habitantes, distribuidos en 23 municipios y 86 parroquias, de los cuales, 47% se ubica en el Área Metropolitana de Mérida, que comprende los municipios Libertador, Campo Elías y Santos Marquina.

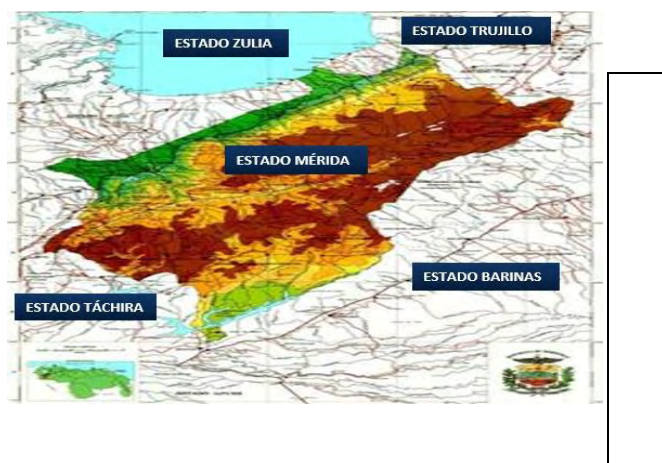


Figura 1. Características del estado Mérida y los estados vecinos. Tomado de los documentos de Mapas de Venezuela del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, 2016.

Se utiliza esta proyección estilizada del estado Mérida para visualizar, en conjunto, las entidades colindantes, que son parte de La Región de Los Andes: Trujillo, Zulia, Táchira y Barinas, así como el plano de ubicación en Venezuela.

## 2. 1. Infraestructura del estado Mérida

La infraestructura del estado Mérida, para este estudio, está comprendida por los aeropuertos que sirven a la ciudad de Mérida, en el Municipio Libertador, y la ciudad de El Vigía, en el Municipio Alberto Adriani. También se incluye la longitud en kilómetros de las carreteras del estado y las potencialidades que existen en las áreas de educación, agricultura y turismo.

### 2. 1.1. Aeropuertos

En la parte izquierda de la Figura 2, se observa el aeropuerto Alberto Carnevali de la ciudad de Mérida. Su inauguración fue el 20 de octubre del año 1946, cuando arribó el primer vuelo, un avión modelo DC-3. Esa pista llegó a estar entre los primeros lugares de tránsito aéreo del país, motivado a ser la vía más rápida y segura para llegar a la ciudad, debido a la existencia única de carreteras de tierra hasta el año de 1960, cuando iniciaron el asfaltado del tramo entre

las ciudades de Barinitas a Mérida. Después de las mejoras de la vialidad con piso asfáltico, salvo pequeñas mejoras en tramos reducidos, las carreteras continuaron siendo sinuosas, estrechas y peligrosas.

Antes de la Carretera Rafael Caldera hacia la ciudad de El Vigía, los vuelos comerciales hasta el aeropuerto Alberto Carnevali, con su pista de 1600 m y 6% de gradiente, se realizaban con aviones tipo Jet, que podían transportar cerca de 100 pasajeros en los modelos DC-9 y superior a 100 en los modelos 727-200 (avión diseñado para pistas de 1500 m). Dos líneas aéreas operaban para Mérida y cubrían las rutas de Maiquetía, Maracaibo, Barquisimeto, Valencia y San Antonio del Táchira, con frecuencias diarias.

Es verdad que había la necesidad de apoyar el aero



Ubicado en la ciudad de Mérida  
vuelos privados

Ubicado en la ciudad de El Vigía  
vuelos nacionales e internacionales

Figura 2. Aeropuertos del estado Mérida

puerto de El Vigía, el cual, con su pista de 3250 m, estaba listo para recibir cualquier tipo de aeronaves, cuando empezó a operar el 31 de julio del año 1991. En cambio, se aspiraba que el aeropuerto de Mérida cumpliera funciones para vuelos nacionales e internacionales, pero no estaba en los planes suprimir los nacionales a la ciudad serrana. Al abrir el aeropuerto Juan Pablo Pérez Alfonso, en El Vigía, el Alberto Carnevali de Mérida, comenzó a recibir aviones de hélices con capacidad menor de 50 puestos y otros pequeños de apenas una docena de pasajeros. Esto configuró la supresión de las rutas acostumbradas, pues casi todos volaban hacia Maiquetía y los cupos disminuyeron en demasía, hasta que un lamentable siniestro aéreo de un avión de hélice, ocurrido el 21 de febrero del año 2008, provocó un cierre temporal de la pista, que se convirtió eventualmente en definitivo para los vuelos comerciales.

La mala comunicación aérea con la capital del estado y los problemas de cupos de vuelos en El Vigía, están incidiendo en la necesidad de mejorar las carreteras del estado. Asimismo, los habitantes del Área Metropolitana de Mérida hacen perentoria la reapertura de vuelos comerciales en el Alberto Carnevali, porque sería una gran ayuda para todos, en tanto al acortamiento de tiempo de desplazamiento y la comodidad, además de que el turismo resultaría el primer beneficiado. La comunidad espera que el aeropuerto Alberto Carnevali no siga siendo de vuelos particulares oficiales y privados. De igual manera, el aeropuerto Juan Pablo Pérez



Alfonso, requiere la mejora de su terminal y la apertura de vuelos internacionales hacia El Caribe, Brasil, Colombia, Perú, Panamá y otros destinos, a fin de evitar trasbordos hasta Maiquetía y aumentar la presencia de turistas extranjeros en el estado.

### 2.1.2. Carreteras de Mérida

Es importante señalar la relación entre la vialidad actual de la entidad merideña con la propuesta en la presente publicación, a fin de ubicar a los lectores y a quienes consulten este estudio, en el contexto de lo existente y cuál sería su influencia en el desarrollo de las carreteras de la Región de Los Andes. Las primeras carreteras construidas en las serranías andinas venezolanas datan del siglo pasado, alrededor de los años 1920, las cuales fueron trazadas y construidas de acuerdo con las posibilidades técnicas y presupuestarias del momento.

Al observar la Figura 3, se destaca que hay 680 km (11,98%) de vías troncales y locales, 2934 km (51,53%) de ramales y subramales, así como 2100 km (36,75%) de vías no codificadas, para un total de 5714 km de carreteras totales:

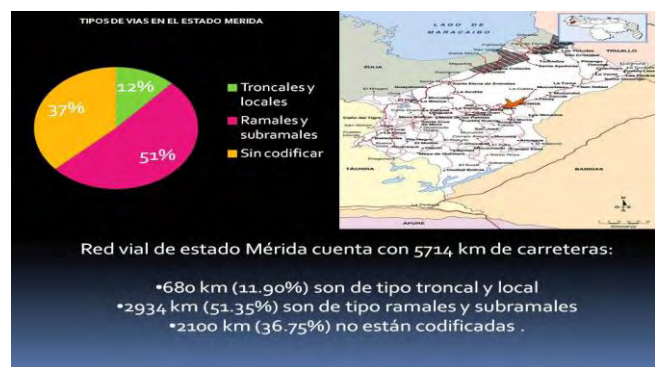


Figura 3. Resumen de la infraestructura vial del estado Mérida. Elaborado con datos tomados de Avance de factibilidad geológica geomorfológica preliminar del proyecto vial expreso Mérida-Barinas, por O. Guerrero, 2016.

La Carretera Rafael Caldera, que comunica a la ciudad de Mérida con la ciudad de El Vigía, tiene excesivos reducidos de velocidad y alcabalas; por tanto, su velocidad promedio apenas llega a 44 km/h, similar al promedio de una vía urbana. Igualmente, casi todas las carreteras carecen de señalización y pocas señales de peligro, además, en su mayoría, son estrechas, tienen huecos y son peligrosas. El tiempo de viaje desde la ciudad capital del estado Mérida hasta El Vigía está alrededor de dos horas. Es una urgente necesidad modernizar nuestra vialidad, por ello, surge la propuesta de construir túneles.

En el Diario Frontera, con fecha de 10 de abril del año 2012, en la página 11, el gobernador de la entidad, en relación a la Carretera Rafael Caldera, afirma que por “214 veces se ha suspendido el tránsito”, aunque no especifica el lapso de tiempo. Se hace una pregunta: ¿quién de llegada o

salida de Mérida no ha visto frustrado el viaje hacia El Vigía o Barinas, por interrupciones por derrumbes? Cuando las lluvias son intensas la experiencia enseña que Mérida queda aislada.

La Carretera Trasandina, de la cual una parte conduce al estado Barinas, tiene como atractivo alentador el recorrido por un paraje lleno de gente amable y buena, así como cultivos, sistemas de riego, un inusitado esfuerzo de los agricultores para producir alimentos de la tierra y una infraestructura turística plena de posadas, restaurantes, parques temáticos, como una zona ideal para conocer y pasear. La velocidad promedio para hacer el recorrido hasta Apartaderos y seguir a Barinitas, es de apenas 45 km/h, ideal para disfrutar, pero no para ir de viaje al resto del país.

### 2. 1.3. La educación en Mérida

La educación es uno de los valores trascendentes de cualquier sociedad y, por tanto, del estado Mérida. Su universidad principal, que surgió del Seminario San Buena Ventura de Mérida, desde el año 1785, eleva a la ciudad a una condición que pocas entidades de Venezuela poseen. Esa particularidad propicia el compromiso ineludible de seguir fomentando los valores culturales y la enseñanza de las ciencias y las humanidades en sus diferentes ramas y especialidades. Al respecto, Monzón (2012) señala:

La prevención empieza con la educación. Donde hay una escuela, ahí no hay violencia. Para el año 2008-2009 en el estado Mérida, había un total de 203 290 alumnos de educación primaria y media. Se evidencia cómo es la situación para cada uno de los municipios de toda nuestra geografía, se ve el total por primaria y secundaria, igual que para cada uno de los grados de primaria y años en bachillerato. Las mayores matrículas están en los municipios de mayor población: Libertador (52 679), Alberto Adriani (33 998) y Campo Elías (20 627), aproximadamente el 50 % de todos los alumnos. Existe un total de 1153 planteles escolares, de los cuales hay 497 nacionales, 545 estatales, 21 municipales, 1 autónomo, 59 privados, 28 subvencionados por el Ministerio del Popular para la de Educación y 2 con otras subvenciones. Esto permite destacar que el mayor número de planteles están en poder de la Entidad Federal (importante considerarlo si se piensa en la autonomía regional). En cuanto a la educación se informa que el promedio de edad de estudio, en el estado, llega a 8,8 años, para habitantes mayores de 15 años. Cuando vamos a ramas de la educación media, llega a 9,1 años de estudio, sobresaliendo los estudios técnicos de la electricidad, gas y agua que tiene el mayor promedio con 13,2 años de estudio (s. p.).

En la Figura 4, se muestra un resumen de la educación en la entidad merideña para el año 2011:



Figura 4. Resumen de la educación en el estado Mérida. Elaborado con datos tomados de la publicación Planificación Educativa del Ministerio del Poder Popular para la Educación, 2011, Caracas.

#### 2.1.4. Agricultura

La agricultura es la primera actividad económica del estado Mérida. Bastaría señalar que los Andes, que tienen similar geografía, derivan su nombre del cultivo en terrazas o andenes. Monzón (2013) señala que, según trabajo de Corpoandes:

Los Andes venezolanos constituyen el accidente orográfico más prominente del país, tienen unos 36 120 km<sup>2</sup> de extensión, y constituyen una prolongación de Los Andes Colombianos Orientales, que al llegar al Nudo de Pamplona se bifurcan en dos cadenas: La Cordillera de Los Andes y La Sierra de Perijá, que en conjunto abarcan aproximadamente 6% de la superficie territorial venezolana.

Toda la cadena constituye una culminación topográfica-tectónica, centrada en los alrededores de la ciudad de Mérida, donde se presentan los picos más elevados (Bolívar, 4997 msnm) y las unidades más antiguas (Grupo Iglesias; Precámbrico Superior). A lo largo de sus kilómetros cuadrados, constituye una vasta divisoria entre las cuencas hidrográficas de los ríos Apure y Orinoco al sur, y del Lago de Maracaibo, Mar Caribe al norte, sin valles transversales de importancia.

El trabajo tesonero de los agricultores andinos logra altas producciones en hortalizas, tubérculos y otras actividades agrícolas. El programa Valles Altos adelantados por Corpoandes y antiguo MAC (Ministerio de Agricultura y Cría), logran el desarrollo socio económico de los Andes merideños. La realidad y los beneficios obtenidos demuestran el éxito de las políticas de riego.

Los sistemas de riego en el estado Mérida están ubicados en las zonas altas de la entidad federal, existen 10 municipios que para el 2008, según Corpoandes, no tenían sistemas de riego. No obstante, hay que aclarar que en La Veguilla de Mucutuy, en Canaguá, El Molino, Capurí del municipio Arzobispo Chacón y en el Municipio Guaraque existían para el año 1985, unos 10 sistemas de riego que no

se evidencian en estas estadísticas. De paso por esas zonas me informaron de abandonos de algunos de ellos y en otros casos los manejan directamente los productores (s. p.).

El total de hectáreas bajo riego consideradas suman 18 028, las cuales benefician a unos 7937 agricultores. Esto permite afirmar que se cuenta con una superficie promedio de 2,27 hectáreas por agricultor. De igual manera, al considerar que hay un total de 238 sistemas de riego, se afirma que, en promedio, tienen una superficie de 75,74 hectáreas de extensión cada sistema de riego. Hoy en día, la tendencia indica la necesidad de utilizar riego por goteo en algunos casos y en otros se imponen los cultivos en invernadero, en los cuales se logra el uso más eficiente y económico del agua, así como cosechas uniformes de mayor rendimiento y productos de máxima calidad. En los invernaderos, se prescinde del uso de biocidas que pueden perjudicar la salud de los consumidores y tienen efectos contaminantes por escorrentía en las aguas de quebradas y ríos.

Una buena y apropiada comunicación que también favorecería al Sur del Lago de Mérida y a toda esta zona sur laguense e impulsaría la inversión privada en conjunción con el estado, sería la inversión extranjera junto a convenios entre empresas públicas, privadas y mixtas. Con estas medidas, se llenarían esos impresionantes espacios de tierras fértiles con fincas ganaderas para producir carne y leche, disminuir el déficit nacional e incrementar la exportación. Además de ello, pequeñas, medianas y grandes fincas para producir cacao, plátanos, cambures, aguacates, naranjas y otros frutos tropicales, permitirían exportar importantes excedentes. El cacao porcelana y el café acompañarían este impulso renovador, para ejecutar y añadir valor agregado a la producción merideña. La zona se convertiría en un pulmón para abastecer el mercado nacional y exportar al Caribe y norte de Brasil.

La Figura 5 resume las cifras de relevancia en el sector agrícola. Existen 169 empresas registradas que cultivan diversos rubros. La entidad merideña es el primer productor de papa del país y el tercer productor de leche a nivel nacional. La mayor actividad pecuaria se concentra en las aves, con 54%, seguida de los bovinos, con 42%. Es oportuno destacar que hay, en el estado, el cultivo de la trucha, rubro que siempre está presente en la mesa de restaurantes y posadas de la región, con un alto potencial de exportación.

#### 2.1.5. El Turismo

El turismo es una actividad económica de gran importancia, que se le denomina industria sin chimeneas. Tal vez Mérida fue el primer estado del país en identificar las potencialidades del turismo, para impulsarlo como una real actividad del mejoramiento social de sus comunidades. Una conjunción de esfuerzos privados y organismos públicos, hicieron posible el teleférico, convertido en ícono mundial, también el Hotel Prado Río, en la ciudad, y el Hotel Moruco en el Páramo, después la reconstrucción de Jají como pueblo típico y mejoras en Chiguará, Pueblo Nuevo del Sur y otros.

La empresa privada añadió sus contribuciones, con parques temáticos, hoteles y posadas, además de la actividad de los artesanos y otras acciones para complementar el atractivo natural de estas serranías a una especial idiosincrasia de sus habitantes con una personalidad caballerosa y amable. Siempre ha faltado en Mérida la facilidad para el arribo aéreo o terrestre, lo cual es un freno a su evidente potencial natural.

La Figura 6 muestra cifras que permiten visualizar los aspectos más destacados de la actividad turística del estado. Entre las potencialidades a complementar está el paseo turístico de mayor longitud y belleza en Venezuela, además de un resumen de empresas, alojamientos, posadas, hoteles y oinformación.



Figura 5. Resumen de la agricultura en el estado Mérida. Elaborado con datos tomados del documento Clasificación de tierras con fines agrícolas en alta montaña del Ministerio del Poder Popular para la Agricultura Productiva y Tierras, 2011, Caracas



Figura 6. Resumen del turismo en el estado Mérida. Elaborado con datos tomados del documento Estadísticas Básicas de la Actividad Turística del Ministerio del Poder Popular para el Turismo, 2011, Caracas.

III. Propuesta extraordinaria para la proyección de mérida como potencia mundial de cultura, educación turismo y agricultura

Sin duda, hay muchos pasajes históricos que pudieran contribuir a demostrar la influencia de la entidad merideña sobre la región y de Venezuela, a lo largo del tiempo. De igual manera, la Universidad de Los Andes, con sus 232 años de existencia, ha impactado a los estados vecinos y también a las entidades de Apure, Barinas, Portuguesa, Lara, Zulia, así como a todos los andes venezolanos e inclusive a áreas limítrofes de la vecina República de Colombia.

Con la propuesta de mejoras y modernización de la comunicación aérea y terrestre, así como la búsqueda de recreación, estudio, comercio, asistencia para la salud, entre otros, la entrada y salida a la entidad andina merideña se facilitaría. La ubicación geográfica de Mérida brinda para todos una condición climática agradable, complementada por su gente especial, dispuesta a atender y colaborar.

La Figura 7 muestra la influencia del estado Mérida sobre el estado Trujillo, el Sur del Lago de Maracaibo, el estado Táchira y el Alto Llano Occidental (4 estados). Los círculos color naranja señalan la influencia de la Universidad de Los Andes, en los diversos estados del país, así como Colombia. Las líneas punteadas en rojo y flecha muestran la vialidad propuesta, la cual comprende el túnel que atraviesa la Sierra Nevada de Mérida, sale hacia Socopó o Capitanejo, en el estado Barinas, y se dirige a la ciudad de Barinas o San Cristóbal. El color púrpura representa la influencia hacia el país vecino. El color azul rey muestra la influencia hacia Valera, Trujillo. El azul cielo señala la influencia de los Andes hacia el Pie de Monte de Barinas y el color negro representa la influencia hacia el Sur del Lago. Esto genera beneficios sociales, económicos y favorece el intercambio de bienes y servicios entre los estados de la región andina con el resto del país y con el norte de Colombia.

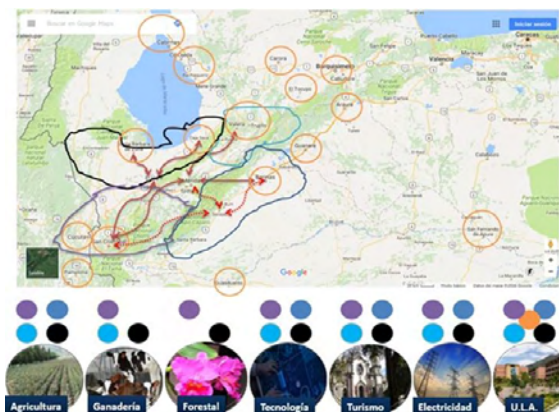


Figura 7. Influencia del estado Mérida, por sector económico, a los estados vecinos. Nota: Cada color en el mapa encierra una región con potencialidades similares.

## 2. 2. Potencialidades del estado Mérida

Las potencialidades del estado Mérida son de gran magnitud, sin embargo, los enfoques que se presentan a continuación corresponden a las áreas de salud, agricultura, turismo, tecnología y cultura.

### 2.2.1. Mérida, ciudad para la salud

En la Figura 8, en atención a la importancia social que se debe conferir a un programa de desarrollo como el propuesto, se señala que, en la ciudad de Mérida, fundamentalmente debido a la Universidad de Los Andes y al ejercicio privado de la medicina, existe un personal académico y profesional de las ciencias de la salud, además de laboratorios de investigación y otras facilidades, que dan evidencia para declarar a Mérida, ciudad para la Salud. Todo esto se puede complementar mediante el diseño de clínicas modernas y especialidades repartidas en diferentes puntos de la ciudad, a fin de aprovechar las condiciones naturales de su clima y el de las zonas vecinas como San Juan de Lagunillas y Lagunillas.



Figura 8. Mérida, ciudad para la salud.

El primer aparte de La Carta de Ottawa (1986), documento destinado esencialmente al objetivo de salud para todos, en el año 2000, expresa una serie de tópicos relativos a la promoción de la salud, la cual:

...consiste en proporcionar a los pueblos los medios necesarios para mejorar su salud y ejercer un mayor control sobre la misma. Para alcanzar un estado adecuado de bienestar físico, mental y social un individuo o grupo debe ser capaz de identificar y realizar sus aspiraciones, de satisfacer sus necesidades y de cambiar o adaptarse al medio ambiente. La salud se percibe pues, no como el objetivo, sino como la fuente de riqueza de la vida cotidiana. Se trata por tanto de un concepto positivo que acentúa los recursos sociales y personales así como las aptitudes físicas. Por consiguiente, dado que el concepto de salud como bienestar trasciende la idea de formas de vida sanas, la promoción de la salud no concierne exclusivamente al sector sanitario (s. p.).

### 2. 2.2. La Agricultura

La vocación agrícola de Mérida es herencia de sus habitantes primigenios, los indígenas, quienes poblaron la serranía y garantizaron su subsistencia mediante el cultivo de la tierra para la obtención de cosechas y su manutención. Esa cualidad agrícola de la entidad, gracias al trabajo de sus habitantes, ha venido incrementando y modernizando a través de los años. Al respecto, Monzón (2013) expresa:

El piso climático, la altura sobre el nivel del mar, y la presencia de los valles andinos donde se realizan cultivos hortícolas, siembra de papas, flores y otros frutos en mucho están influenciados por el régimen pluviométrico de las distintas zonas de cultivo, laderas, zonas de poca pendiente o pequeñas áreas sin pendiente, donde se desarrolla la agricultura andina. El éxito de la actividad agrícola depende entre otros de tres factores de la naturaleza, sol, tierra y agua. La tierra es parte de nuestra geografía, el sol es un factor que salvo con cultivos en invernadero, no podemos controlar. El agua que existe en los pisos climáticos altos se puede manejar, de manera racional, es un imperativo cuidar las nacientes, puede almacenarse en embalses, lagunas, tanques y después conducirse a través de tuberías para aplicarlas a la actividad agrícola en sus diferentes fases, una manera que constituyen los sistemas de riego que en su gran mayoría por gravedad permiten con aspersores distribuirlas en pequeñas gotas en las tierras cultivadas (s. p.).

Las características expuestas anteriormente garantizan un desarrollo potencial con aumento de los actuales rubros, aunque sin descartar nuevas variedades. La producción y la productividad, con seguridad, daría continuidad a las industrias familiares, que luego pudieran transformarse en factorías capaces de procesar en sitio las cosechas, para transformarlas en productos terminados para el mercado nacional o de exportación, al incrementar la capacidad agro-industrial de la entidad merideña. Para lograr estos últimos propósitos es indispensable excelentes vías de comunicación que permitan desplazar la carga pesada con seguridad y rapidez.

Se distinguen la zona de los páramos, valles altos y las laderas hasta un piso altitudinal intermedio, donde el café, las papas, los cambures, las hortalizas, en general, con los brazos y la fuerza de nuestros agricultores, además de la ganadería de altura para la producción lechera, representan una riqueza que, en conjunción con la denominada tierra llana –la planicie aluvional del Lago de Maracaibo–, asientan una próspera ganadería de carne y leche. Cultivos como el cacao porcelana, los plátanos, frutales como el aguacate, cítricos y muchos otros, contribuyen con la producción nacional que pudiera, con estímulos del sector gubernamental, iniciar una indispensable tarea para la exportación de su producción. En la Figura 9, se presenta mediante ilustraciones un compendio de lo expuesto anteriormente.



Figura 9. La actividad agrícola del estado Mérida.

### 2. 2.3. El Turismo

La Figura 10 evidencia la propuesta de integración del turismo, cuyo prioritario punto es la ruta o paseo turístico de mayor belleza y longitud de Venezuela. Mérida tiene condiciones humanas que, desde los años sesenta del siglo pasado, con la construcción del teleférico de Mérida, el de mayor longitud y altitud del orbe, así como por su clima y paisajes, deriva y puede incrementar sensiblemente esa actividad que hoy día no se puede conformar con la proyección nacional, sino que debe ser ampliada a un turismo internacional, que permitiría obtener las divisas requeridas en la economía nacional.



Figura 10. El estado Mérida y la ruta o paseo turístico de mayor belleza y longitud de Venezuela.

#### 2. 2.3.1. La ruta o paseo turístico de mayor belleza y longitud de Venezuela

En el transcurso de las conferencias en el CIEM, se acordó que, para minimizar los temores de depresión de tránsito por la Trasandina, con la apertura de los túneles ba-

jo la sierra merideña, había de instrumentarse un programa de desarrollo especial para consolidar el paso por esta centenaria carretera. El Ing. Ezio Mora alumbró la idea de darle el significado de homenaje a los 100 años de esa primera vía que nos llevó hasta la capital del país, así como a otros lugares de Venezuela y más allá.

Esa ruta turística abarca la ciudad de Valera, en el estado Trujillo, además de las poblaciones de Timotes, Chachopo, El Águila y Apartaderos, en el estado Mérida. De igual manera, va desde la ciudad de Barinitas, en el estado Barinas, y comprende las poblaciones de Pueblo Llano, Las Piedras, Santo Domingo y sigue hasta Apartaderos. También comprende las poblaciones de San Rafael de Mucuchíes, Mucuchíes, Mucurubá, Tabay, Mérida, Ejido, San Juan de Lagunillas, Lagunillas, Chiguará, Santa Cruz de Mora, Zea, Tovar, Bailadores, hasta alcanzar la población de La Grita, en el municipio Jáuregui del estado Táchira.

Con un programa de difusión de prensa, radio, televisión y material escrito, se buscaría direccionar el turismo que llegue a la ciudad de Mérida por la vía de los túneles, a lo largo del paseo turístico de mayor belleza y longitud de Venezuela. Hay seguridad de que se logrará una mayor afluencia, a diferencia de la actual, para toda esa hermosa zona, la cual brinda a los ojos del visitante sus inigualables paisajes como un regalo y se complementaría con la red de infraestructura turística existente, que también se repotenciaría con el turismo nacional y extranjero. Hay certeza de que a Mérida llegarán cadenas de hoteles cinco estrellas y viajeros de cualquier parte del mundo, para admirar nuestra serranía y la grata atención de la gente andina.

Este programa tiene como una de sus bases el homenaje a los cien años de la Carretera Trasandina, cuyo eje es la vía principal y ramales. Ese desarrollo tiene como uno de sus valores abrir el camino, la comunicación y la relación económica-social con el resto del país, pues se cambió la vía lacustre por la terrestre; se empezó a ir a la capital y demás estados del país, aparte de otros destinos del exterior por medio de la Trasandina.

La vialidad de Mérida, debido a la orografía y accidentes naturales de la cordillera, que forma parte de Los Andes venezolanos, tiene vías estrechas y sinuosas que, según Pedro Vetencourt Lares, en el libro *Semblanza de un caudillo* (1983), durante el año 1920 ya estaba en la población de Timotes. Obra decretada en 1916 por el gobernador Gral. Amador Uzcátegui. En 1922, la carretera que formaría parte de la Carretera Trasandina ya estaba en Mérida y seguía hacia las poblaciones de Ejido, en el municipio Campo Elías, Lagunillas, en el municipio Sucre, Tovar, en el municipio Tovar, mientras continuaba conquistando los páramos merideños y tachirenses. Con esta descripción, se pretende significar que estamos en la fecha propicia para celebrar los cien años de esa importantísima vialidad de Mérida y Venezuela.

Del libro *Expediciones a la Sierra Nevada de Mérida* (1958) del Dr. Carlos Chalbaud Zerpa, se han tomado algunas notas que hablan sobre el Dr. Alfredo Jhan, personaje que no puede quedar por fuera con relación a la Carretera Trasandina. Este caraqueño, nacido en 1867, de padres alemanes, distinguido científico, ingeniero, naturalista y andinista, estuvo en Mérida en varias ocasiones y, en 1921, el Gobierno Nacional le confió el estudio de la Carretera Trasandina. Entre estas notas se consideran que esos desarrollos deben contemplar infraestructuras a lo largo de su recorrido, incluidas las vías secundarias, para incorporarlas como parte del turismo del lugar, como la Hacienda La Victoria de Santa Cruz de Mora y otros sitios cafetaleros del municipio Pinto Salinas. También se puede pensar en otras actividades agrícolas, especialmente en miradores a lo largo del recorrido, con el objeto de agrandar y consolidar el paseo a través del trayecto, con un paisaje siempre cambiante.

La nueva y moderna vialidad propuesta cambiaría el sentido de la circulación para entrar y salir del eje metropolitano de Mérida (desde la ciudad de Tabay, hasta la ciudad de Lagunillas) al igual que para el Sur del Lago y el norte del Táchira. Casi todo el estado Mérida redirigiría su ruta al pasar por la capital, para llegar hasta el piedemonte de Barinas y el resto del país (al igual que en sentido inverso). En ese caso, para llegar a Mérida, al Sur del Lago y al norte del Táchira, los automotores podrían pasar por otra vía sin entrar al área metropolitana y luego llegar a sus destinos. Sin duda eso incorporaría mayor afluencia a la ciudad de Mérida, pues no se deprimiría el tránsito por la Trasandina, al estimar que la llegada de visitantes y automotores a Mérida se cuadruplicaría y, así, esa zona de gran belleza cobraría mayor vida y actividad económica, al seguir prestando servicio a los pobladores y a la carga agrícola de sus cosechas.

Para ese nuevo y aumentado volumen de tránsito de personas y cargas, es indispensable ejecutar la denominada vía perimetral de Mérida, para el nuevo direccionamiento vehicular. Por eso, junto con los túneles se ha trabajado en el estudio del Equipo del CIEM, lo relativo a esa nueva arteria vial de Mérida, que también serviría para descongestionar las estrechas calles de la ciudad, al ser una vía rápida que permitiría recorrer en sentido sureste a noroeste la ciudad y sus puntos intermedios. Esa autopista tendría, además, varios accesos para pasar a la parte central y a lo largo de las ciudades Mérida-Ejido.

#### 2. 2.4. Mérida, centro de tecnología

Otro aspecto a destacar es el inicio de la coordinación del Centro Interamericano de Ambiente y Territorio (CI-DIAT) y su posible fusión en un centro especial de tecnología de proyección mundial, con la Corporación Parque Tecnológico de Mérida, la Unidad de Asesoría y Proyectos de Investigación y Tecnología (UAPIT), el Instituto Forestal Latinoamericano y otras importantes instituciones de la ULA en el campo de las ciencias físicas, químicas y matemáticas, para realizar labores de investigación y estudios científicos, tal y como se muestra en la Figura 11:

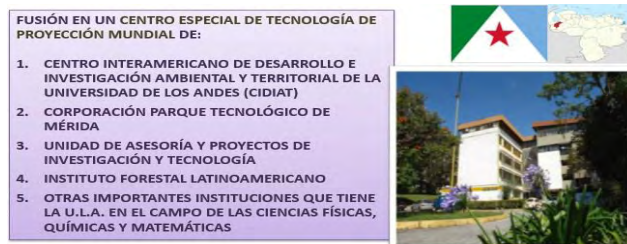


Figura 11. El estado Mérida, en el área tecnológica.



Figura 12. El estado Mérida, en el área cultural.

Durante el inicio de este nuevo siglo, el desarrollo de la humanidad es impresionante, la era de la cibernética, la conquista espacial, la globalización y otros procesos cada día permiten el acercamiento entre los humanos. La Unión Europea, a pesar de sus tropiezos, abre un nuevo camino hacia la integración entre naciones, la cual hay que rescatarla. No obstante, en Venezuela, de manera caprichosa, se denunció el tratado de la Comunidad Andina de Naciones y ahora se retira al país del Mercosur. Se debe reencontrar los acuerdos de cooperación, con los que valoramos los orígenes, la vecindad y se coloca al país con la historia de nuestras naciones. Es obligatorio ampliar el horizonte de los conocimientos generales para ser mejores ciudadanos.

#### 2.2.5. La Cultura

Fenómeno social que permite hacer un recorrido del pasado de la humanidad, en tanto a los hechos de mayor relevancia que han impactado a las diferentes civilizaciones y han dejado huella en cada uno de los habitantes. La cultura es lo que queda después de haber olvidado todo lo aprendido. Por ello, cabe destacar una frase del presidente Luis Herrera Campíns que dice: La cultura es el único y verdadero desarrollo que existe. En conjunción con esta idea, Monzón (2016) afirma que: “Pensando en un programa integral para el desarrollo, la cultura es indispensable, por eso se propone un centro especial y museo de bellas artes, a través de la ULA, (con los que) se elevarían: la música, las artes plásticas y en general todas las manifestaciones culturales de nuestro pueblo” (s. p.).

En la ciudad de Mérida, existe la Televisora Andina de Mérida (TAM), que acaba de cumplir 30 años de existencia;

además hay una televisora de la ULA y cerca de veinte emisoras de radio, tanto privadas y comunitarias. En otras ciudades del interior del estado, también hay televisoras y estaciones de radiodifusión privadas y comunitarias. Algo similar sucede en las entidades federales involucradas en este programa de desarrollo. Se hace mención a esta importante red para la difusión porque es uno de los elementos básicos para comunicar los diferentes temas que puedan elevar el nivel cultural y la educación de nuestros pueblos, tal y como se señala en la figura 12.

### 3 Obras de comunicación para lograr el desarrollo en sustentabilidad, competitividad y modernidad

Para un desarrollo como el que se está estudiando en el Equipo del CIEM, no hay que empeñarse sólo en la comunicación por carreteras modernas, que por sí solas sean un atractivo, hay que ir mucho más allá, hacia una modernización y un progreso que alcance un conjunto de obras que sirvan para elevar el nivel y la calidad de vida de las comunidades.

Los túneles no pueden ser inmensos tubos para el paso de vehículos; hay que tomar el ejemplo del túnel Leardal, en Noruega, de 24,5 km, cuya ambientación es una bóveda con un firmamento azul, además tiene amplios espacios internos que permiten estacionar buses y automóviles, como preventivo para disminuir el estrés de lo monótono. También está el túnel de Zhongnashan de 18,2 km, en China, con una ambientación artificial de plantas y paisajes de la superficie terrestre. Aquí en Mérida hay suficiente calidad profesional e inteligencia para esos detalles; tal vez, hoy día indispensable. La Figura 13 muestra un esquema de las obras de mayor importancia para el estado Mérida que potenciarían su desarrollo.

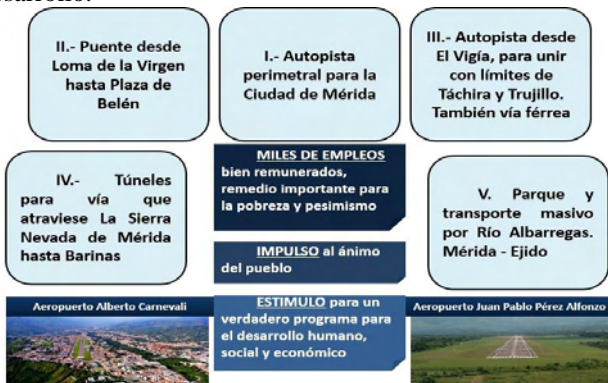


Figura 13. Las obras de mayor importancia para Mérida.

A continuación, se mencionan cuatro obras de vialidad, además de otros aspectos, que permitirían una transformación total del estado Mérida, al garantizar miles de empleos bien remunerados, como remedio para la pobreza y el pesimismo, mientras impulsarían el ánimo de nuestro pueblo y estimularían un verdadero programa para el desarrollo humano, social y económico.

#### 3. 1. Autopista perimetral para la ciudad de Mérida

Al entrar por el sector San Onofre, en la ciudad de Ejido, que bordea el Río Chama, hasta el sector Chama, la Urbanización Carabobo, hasta la ciudad de Tabay, quedaría resuelta la perimetral de esa población. La vía sería de seis canales, tres en cada sentido, con una longitud aproximada de 30 km. Desde esa vía, saldría un túnel que pasaría bajo la meseta Tatuy, en la ciudad de Mérida, y saldría cerca del barrio Santa Bárbara, en el sector La Otra Banda, idea propuesta por el geógrafo José Herrera.

#### 3. 2. Puente desde loma de la virgen, hasta las cercanías de la plaza de Belén

Con esta entrada, se accedería directamente a la ciudad, a fin de mejorar la travesía que sigue desde la Loma de La Virgen hasta la denominada Vuelta de Lola, la cual se enlazaría con otro extremo e importante sector de la ciudad, por la Avenida Universidad, vía El Valle, la Urbanización Santa María y Chorros de Milla, entre otros sectores.

El puente se puede proyectar para el paso de cualquier tipo de automotor, con un piso suplementario, para convertirlo en un mirador, en un paso peatonal y, de ser posible, en un mercado especial. Ese nuevo ingreso, por el sector Belén, significaría un novedoso y moderno ingreso por la Avenida 8, hasta unir y transformar esa populosa área de la ciudad. Esta nueva ruta comprendería las márgenes de la Plaza y Cementerio del Espejo, cerca del Seminario Buenaventura, hasta unirse a la Avenida Campo Elías y el viaducto de igual nombre. Esa intersección quedaría a pocos metros del moderno Trol Cable, el cual sirve a la parte baja de la ciudad: los sectores Chama, La Carabobo y otros alrededores.

Los lugares desplazados y ocupados directamente por la nueva vialidad, en el tramo de la Avenida 8, así como sus transversales y otras áreas circundantes, deberán recibir una transformación urbanística con la que se conservarían y preservarían parte de las antiguas calles, viviendas y, en general, la fisonomía original de ese tradicional sector de la ciudad. Por esos mismos lados, tendría absoluta prioridad la construcción de pequeños edificios, con un máximo de tres plantas, en un diseño que guardase la armonía tradicional de la ciudad, donde se ubicarían las familias que habitan el sector y acordarían ceder su vivienda, a fin de reubicarlos por la ocupación de las parcelas donde vivían. De igual manera, este diseño propiciaría la ejecución de un mirador de parques, jardines, café y otros comercios en la perimetral de la ciudad (desde el antiguo Hospital de Niños hasta el Cementerio de El Espejo) que mira hacia el Río Chama y hacia La Sierra Nevada de Mérida. Los nuevos comercios e instalaciones tendrían créditos especiales para los habitantes originales del lugar.

Para facilitar la comprensión del lector, se presenta una gráfica tomada directamente de Google Earth (Figura 14), que muestra un aproximado de las zonas que serían transformadas por esta idea, a fin de garantizar un necesario, moderno y equilibrado desarrollo social, turístico y econó-

mico de la ciudad de Mérida.



Figura 14. Fotografía satelital de la zona norte de la ciudad de Mérida. Imagen tomada de Google Earth, 2016. Nota.

Se destacan los puntos extremos del puente propuesto (1) Loma de la Virgen y (2) Plaza de Belén, así como el desarrollo de la nueva comunicación (línea azul): (1) Loma de la Virgen, (2) Plaza de Belén, (3) Viaducto Campo Elías y (4) Estadio Lourdes.

3. 3. Autopista desde el vigía, para unir los estados Táchira y Trujillo, mediante vía férrea

La actual vía del Sur del Lago, en lo que corresponde a Mérida, está colapsada; la misma se ha convertido en una especie de urbe longitudinal, con cientos de reductores de velocidad en la calzada, además de peatones, viviendas y comercios a la orilla de la vía; calzada estrecha e insuficiente, que luce irrecuperable como vía rápida; por tanto, hay que empezar con un segundo puente en el Río Chama, a fin de conectarlo con una moderna autopista de cuatro canales, dos en cada sentido hacia los estados Táchira y Trujillo y con conexión al Puerto de La Ceiba. Sobre esta propuesta vial, Monzón (2012) explica:

Carretera panamericana, en territorio merideño, convertida en enlace intercomunal

es urgente iniciar nuevo proyecto de vialidad:

\*autopista de 2 canales en cada sentido

\*ferrocarril para todo el sur del lago

la carretera actual se parece a las del siglo xix (19), necesitamos una movilidad del siglo xxi (21)

La ciudad de El Vigía tiene en su haber aspectos trascendentes del desarrollo del estado Mérida y Venezuela. El ferrocarril que funcionó desde Santa Bárbara hasta El Vigía, construido en 1882, sin duda fue su primer ícono para el desarrollo; luego, en 1954, construyeron en tiempo record el puente sobre el Río Chama, el afluente más importante, largo y caudaloso de la entidad federal. Para el año 1991, se inauguró el aeropuerto Juan Pablo Pérez Alfonso, uno de los de mayor importancia del país.

Muchos somos testigos del crecimiento del Sur del Lago merideño, el mismo empieza por allá en la década de los años cuarenta y cincuenta del siglo pasado; los primeros pioneros conquistan feraces tierras, el ganado cebuino, por su gran resistencia, ayuda en la fundación de los primeros potreros, se realiza una explotación maderera de gran esca-

la, se siembran algunos cultivos, donde se destaca el plátano, cacao, café y otros frutales como el aguacate, y naranjas.

Toda esa actividad reclama la presencia del Estado, el gobierno reacciona y se inicia la construcción de la carretera Panamericana, esa obra para ese entonces impresionaba, se venció el río Chama en la ciudad de El Vigía, con un puente que por poco tiempo llegó a ser el más largo de Venezuela, pero creo que se empezó mal; en esa época, después de la segunda guerra mundial, Europa y USA iniciaron la construcción de autopistas y las carreteras tipo A (de un solo canal) quedaron atrás.

Después de más de medio siglo estamos obligados a repensar el desarrollo con los sistemas actuales y modernos, con futuro, bajo moldes sustentables, sin olvidar que el mundo globalizado demanda productos agrícolas, que pueden ser explotados en toda esta zona, donde las condiciones de un país tropical como Venezuela, con una impresionante planicie aluvional, que significan suelos de primera calidad, con alta pluviosidad por todo el año, con agua subterránea cerca de la superficie; factores que nos permiten una producción constante de muchos frutos, ganado y madera, de varios tipos, a lo largo del año y por muchos decenios, que deberían convertirse en el petróleo de nuestros días; se produciría con un inteligente desarrollo, una gran demanda de mano de obra, con escuelas para formación básica y aplicada a las potencialidades del área, demanda de profesionales, de especialistas, de maquinaria de todo tipo, de industrias y de fábricas procesadoras para exportar productos terminados o debidamente clasificados y empacados.

Con parecidas o mejores visiones, como la expuesta en líneas anteriores, estoy seguro de que muchos venezolanos las tendrán y podrán a ayudar a consolidar un programa de desarrollo, con la intervención de una mancomunidad de estados (Mérida, Táchira, Trujillo, Zulia) y donde también participen las alcaldías de la Zona Sur del Lago de Maracaibo.

La dirigencia política del Sur del Lago merideño dice que así como varias veces los gobiernos han reaccionado en favor de esa comunidad: el ferrocarril, el puente del Río Chama, la carretera Panamericana y el aeropuerto Juan Pablo Pérez Alfonso. Llegó la hora para una nueva reacción en favor del Sur del Lago, es el momento de pedir una mancomunidad de propósitos, de esfuerzos de entidades federales y municipales, de gremios, de trabajadores, de agricultores, de todos. Vamos a demostrar nuestras potencialidades e inclinaciones para un desarrollo general, que tenga como centro al hombre, al trabajador. Hay fundadas esperanzas de un cambio para que tengamos oídos en favor de nuestras justas aspiraciones, justicia para los trabajadores del campo, posibilidades para mejorar el nivel de vida, con esfuerzo propio, con trabajo, con seriedad, con dedicación (s. p.).

3. 4. Otras obras

3. 4.1. Aeropuerto Alberto Carnevali

Para modernizar e impulsar el desarrollo turístico del



estado, es oportuno estudiar la mudanza del estacionamiento de los aviones durante su llegada a Mérida. Para ello, se propone colocarlo frente al Mercado Periférico (Figura 15). Esta medida disminuiría el tiempo de carreteo por la pista de los aviones, porque aterrizarían de una vez hacia el estacionamiento al final de la pista. De igual manera, para el despegue, el carreteo es mínimo y así reduciría la contaminación sónica sobre la pista y la ciudad; además de la reducción de posibles accidentes. Se requiere, entonces, construir un nuevo terminal en el aeropuerto, moderno y acorde con los requerimientos actuales. Los aviones dejarían a los viajeros en las mangas de desembarco. La estación del Trolebús quedaría al frente, a muy poca distancia, cerca de avenidas de sentido longitudinal y transversal para la facilidad del traslado de los viajeros. El Barrio Gonzalo Picón se reconstruiría en pequeños edificios y así quedaría espacio para este estacionamiento.

En consecuencia, sería necesario cambiar la ubicación del actual Mercado Periférico a un sitio cercano, específicamente cerca de donde funciona en la actualidad el Terminal de Pasajeros Alberto Carnevali, que sirve a la ciudad capital, la ciudad de Ejido y las demás poblaciones del páramo. El Mercado Periférico se mudaría a un nuevo y moderno edificio de varias plantas, con su respectivo estacionamiento y las comodidades propias de instalaciones de esta naturaleza (Ver Figura 16). No hay que olvidar que el Mercado Principal debe su éxito a sus instalaciones funcionales, amplias y acordes con los sistemas de los modernos centros comerciales.



Figura 15. Vista satelital de la pista del aeropuerto Alberto Carnevali de la ciudad de Mérida. Las líneas rojas señalan el sitio propuesto para el terminal y también el espacio para el estacionamiento. Imagen tomada de Google Earth, 2016.



Figura 16. Vista de la cabecera de la pista del aeropuerto. Imagen tomada de Google Earth, 2016.

#### 3. 4.2. Aeropuerto Juan Pablo Pérez Alfonso

Se propone ampliar el terminal de pasajeros del aeropuerto, mejorar el mantenimiento de la zona de seguridad de la pista, garantizar un estacionamiento de larga estancia para los usuarios, con relación a la seguridad de los vehículos, además de la limpieza y el mantenimiento de la zona de seguridad de la pista; todo esto en función de convertirlo en un aeropuerto internacional.

#### 3.4.3. Puerto

Facilitaría la exportación de productos que, en la actualidad, forman parte de la producción agrícola, minera y de cualquier otra índole que se pueden producir en este amplio territorio del occidente del país.

Para ello, se concertaría, con los estados vecinos y el gobierno nacional, la modernización de este puerto para el Sur del Lago, ubicado en La Ceiba, localidad del estado Trujillo. Este puerto sería el de mayor importancia para toda la región.

#### 3. 4.4. Sistema de transporte masivo para Mérida

También se propone la culminación de la ruta total del servicio del Trolebús. Cuando se inició este proyecto, en el año 1998, se garantizó que tendría 20 años de vida útil. Hoy día, con una vida de 17 años, apenas tiene 50% de concluida. Esto obliga a reiniciar los proyectos del sistema de transporte denominado aerómetro, sobre la cuenca del Río Albarregas, transporte que permitiría cuidar este parque y podría estar en uso desde Mérida a Ejido por todo el siglo XXI.

#### 3. 4.5. Ríos Albarregas y Chama

En la actualidad, las aguas servidas de la ciudad de Mérida son descargadas a los ríos Albarregas y Chama. Para cambiar esta situación, hay que designar una comisión de notables para retomar el marco general para su uso sostenible, pues esta obra se inició antes de 1998 y no se dijo nada más.

Finalmente, con estas propuestas de obras, se promovería un verdadero desarrollo cultural, social y educativo de mayor nivel, para lograr un importante rol económico, en función de garantizar una mejor calidad de vida. Se llenarían, entonces de manera armónica, estos impresionantes espacios, con trabajo para todos, con modernas factorías para dar rienda suelta al ingenio andino merideño y a su agricultura, con cultivos hortícolas, frutales, plátanos, café, cacao, fincas ganaderas para producir carne y leche, así como el cultivo de flores espera para sus inicios, con inmensas posibilidades. La zona alta y la planicie aluvial del Lago de Maracaibo se convertirían en un pulmón para abastecer el mercado nacional y la exportación hacia El Caribe y Brasil. Además de ello, la inversión privada, desde la pequeña y mediana empresa, en conjunción con el Estado, propiciarían convenios con otros países y capitales.

#### 3.5. Túneles para atravesar la sierra nevada de Mérida

Los túneles son obras de ingeniería que se han venido perfeccionando, desde que, en Londres durante 1863, se

construyó el primer metro subterráneo. Hoy día, los hay de mucha longitud y las técnicas empleadas para su construcción, con topadoras gigantes, hacen el trabajo rápido y preciso. Es verdad que es una obra de ingeniería de elevado costo, pero eso se compensa con su bajo mantenimiento y estabilidad de la misma, además de que no dejan huella por donde pasan, no rompen los cerros, no interfieren en el curso de las aguas y ecológicamente son neutros. El material que sale de las entrañas de la tierra puede ser utilizado para base, rellenos u otros usos de acuerdo con sus características.

La orografía merideña y andina obliga a utilizar túneles para garantizar su buen trazado, la seguridad y la estabilidad de las carreteras para salir y entrar a la ciudad, debido a que sus costos pueden oscilar entre 15% a 25% menor que las carreteras superficiales. Mérida tiene salida hacia El Vigía, a través de tres túneles pequeños, que sirven para llevar a las personas hacia el noroeste del país, pero no permiten ir al sur, hacia el este y al centro; salvo la carretera del páramo que llega a la ciudad de Barinitas, la cual, de hecho, hay que mejorarla mediante la ampliación de curvas y determinados trayectos, pero resulta imposible hacerla recta y con baja pendiente. La vía de los túneles a través de La Sierra Nevada, en consecuencia, sería recta y casi plana, además de fácil y segura para transitar en vehículos y conveniente para la carga pesada. En la Figura 17, se aprecia la zona en donde se puede llevar a cabo esta propuesta de construcción de nuevos túneles.



Figura 17. Vista general de parte de la ciudad de Mérida y su Sierra Nevada, al fondo.

El trazado de la vialidad, a través de túneles y autopista superficial, cumpliría con una importante característica: una pendiente uniforme, de suave e imperceptible ascenso, casi plana, que evitaría subidas y descensos pronunciados, desde Barinas a Mérida y viceversa. Los túneles serían rectos, sin curvas, con pendientes que varían entre 0,46% y 2%. Esta vialidad garantizaría mayor seguridad, al no haber paradas, casi sin necesidad de frenar, menor gasto de combustible y mayor duración de los automotores. Se abaratarían los fletes.

La Perimetral Sur se viene estudiando desde la década de los 80, del siglo anterior. El Ing. Omario Alvarado y el Geog. Jorge Carrero, se consideran pioneros en este asunto,

cuando presentaron dos propuestas, con sus respectivos planos y descripción de toda la ruta.

La perimetral San Onofre-Tabay sería una vía extraurbana que, debido a su importancia, se debe considerar en un primer plano, puesto que se proyecta como una vía de interconexión, circulación e integración sobre la margen izquierda del Río Chama, al seguir una cota aproximada a 1500 msnm, en la zona de amortización del Parque Nacional Sierra Nevada (Méndez, Contreras, Camargo, Oballes, et al, 2010).

En la Figura 18, se aprecian las propuestas presentadas en el CIEM para la construcción de la Perimetral Sur, identificadas en cada uno de los colores por cada autor. En la Figura 19, en cambio, se muestra el desarrollo propuesto por Monzón para la perimetral por cuanto a esa ruta se correspondería con el desarrollo de los túneles en estudio, sin que otro planteamiento distinto altere el desarrollo final. La ruta se ha dividido por puntos, desde el punto 1 hasta el 11.



Figura 18. Propuestas para la Perimetral Sur. Imagen tomada de Google Earth, 2016. Nota. Cada una de las propuestas está señalada con colores y comparte una ruta similar.



Figura 19. Propuesta para la Perimetral Sur, según Monzón. Imagen tomada de Google Earth, 2016. Nota. Las ciudades de Ejido y Mérida se hayan detrás de la línea roja del estudio de la perimetral.

En el tabla 1, se contrastan las pendientes a lo largo del recorrido, dos de ellas, de 12,9% y 8,48%, se podrán reducir mediante pequeños túneles.

Tabla 1  
Distancias y pendientes a lo largo del recorrido de la Perimetral Sur

Punto Nro.	asnm	Pendiente (%)	Distancia (Km)	Distancia Acumulada (Km)
1	936	0,00	0,00	0,00
2	944	5,32	1,09	1,09
3	1002	3,00	0,26	1,35
4	1022	3,00	0,66	2,01
5	1053	12,90	0,24	2,25
6	1058	0,38	1,30	3,55
7	1097	1,90	2,05	5,60
8	1500	8,48	5,93	11,53
9	1680	3,03	9,64	21,17
10	1711	0,91	3,39	24,56
11	1843	6,30	2,09	26,65

3.5. 1. Aproximación a los costos de los túneles

Un aspecto importante es la determinación del costo de la obra propuesta, a continuación se muestran los costos de obras similares que han sido construidas (ver Figura 20) y obras que están en construcción (ver Figura 21).

Nombre y Lugar	Longitud	Año	Inversión	Foto
Eurotúnel	50.5 Km x 3	1987	20.800 MM US\$	
Laerdal, Noruega	24.5 Km	2000	163 MM US\$	
Zhongnanshan, China	18.2 Km x 2	2007	390 MM US\$	
San Gotardo, Suiza	57.1 Km	2016	16.900 MM US\$	
Hsuehshan, Taipei	12.9 Km	2006	3.680 MM US\$	

Figura 20. Presupuesto de importantes túneles, en otros lugares del mundo.

Nombre y Lugar	Longitud	Año	Inversión	Foto
Seikan, Japón (bajo el mar)	53.8 Km x 2	1988	4.420 MM US\$	
Aconcagua, Argentina – Chile (a través de Los Andes)	52.5 Km x 2	2022	4.290 MM US\$	
Bering, USA – Rusia (bajo el mar y conectado por las islas Diómedes)	103 Km x 2	2020	42.900 MM US\$	

Figura 21. Presupuesto de importantes túneles en cons-

trucción en otros lugares del mundo.

Al hacer un análisis comparativo con túneles construidos y proyectados en otros lugares, se puede hacer una primera aproximación del presupuesto de la obra en dólares americanos. La fuente para obtener estos recursos se puede identificar en la Figura 22.

Figura 22. Fuente de recursos de inversión para las obras propuestas.

La concesión y el presupuesto de una obra como la descrita en este estudio no resultan fáciles en un trabajo de colaboración con Mérida. Se invita al lector a realizar un ejercicio de comparación en promedio de los túneles superficiales, descritos en las figuras de la página anterior. Ahora sumar los veinte y tres mil millones de dólares (23 000 000 000 US\$) de lo dejado de percibir por subsidio a la gasolina durante los años 2012 y 2013, hubiese alcanzado para la infraestructura considerada. La concesión significa que una empresa financiaría parte de la misma. El presupuesto se fraccionaría en 5 a 7 años estimados para la ejecución de perimetral y túneles.

La Figura 23 señala, con línea roja y varios puntos amarillos, la perimetral antes mostrada. Desde esa ruta, se consideran dos posibilidades para el primer tramo: la primera partiría desde el Puente Chama II, hasta la ventana inicial del túnel ubicado en el puente sobre el Río Nuestra Señora, en la carretera del El Morro a Aricagua. Su ventaja consiste en que es más corta que la segunda ruta, pero pudiera haber problemas con la pendiente de túneles, al no superar un 2%. Por esa ruta se ejecutarían tramos superficiales de la vía, con el inconveniente que el terreno puede ser meteorizable, frágil e inestable y, por otro lado, es una zona deshabitada y sin ninguna actividad.



Figura 23. Primer tramo del Túnel Mérida–Barinas.

Imagen tomada de Google Earth, 2016.

La otra alternativa o segundo tramo, señalada con línea roja continua en la Figura 24, partiría desde Los Llanitos de Tabay hasta el mismo lugar que la anterior ruta y serviría para comunicar con: El Morro, Los Nevados, San Pedro, Acequias e intermedios. Su desventaja es que sería de mayor longitud, pero pasaría bajo lugares poblados y con actividad agrícola. Esto permitiría que, mediante túneles de derivación, se pudiera salir hacia El Hato, también hacia El Morro y Los Nevados, en trazados de menor pendiente. La zona de entrada de los túneles tiene buenas condiciones para la instalación del campamento de servicio e inicio de trabajos. El Ing. Luis Fargier puntualiza que cualquiera que sea el lugar escogido para los trabajos debe reunir características que permita un desarrollo normal de una obra de esa envergadura; por tanto, requiere tener buen acceso para vehículos y carga pesada, además de poseer servicios como electricidad, agua, comunicación telefónica e internet.



Figura 24. Vista aérea del puente donde confluyen las dos alternativas señaladas. Imagen tomada de Google Earth, 2016.

Para llegar a la segunda ventana (que se conecta en el Río Nuestra Señora, como se aprecia en la Figura 24), debería ser a través de un túnel. Ese nuevo espacio comunicaría con Aricagua y tiene posibilidades de pasar a través de excavaciones hacia Mucutuy, con la alternativa de seguir a Mucuchahí y Canaguá, poblados del municipio Arzobispo Chacón, el de mayor superficie en entidad merideña (ver Figura 25). Esa derivación, que constituye el tercer tramo, es una vía necesaria, a pesar de que no se estudia en este trabajo, pero se considera que debe abordarse a corto tiempo. Todo indica que, con nuevos túneles en esa dirección, acortáramos las distancias con vías planas, casi rectas y rápidas.

Finalmente, el cuarto tramo correspondería a la vía que conecta a la población de Capitanejo con la ciudad de Barinas. Las longitudes y pendientes se muestran en el Tabla 2.

Al sumar las superficies de los territorios de los municipios Aricagua y Arzobispo Chacón, se obtiene una superficie de 2449 km<sup>2</sup>; es decir, 22% de la superficie de Mérida, con apenas una población que representa cerca de 3% de su superficie total (Guerrero, 2016). Si se considera que en el sur de Aricagua hay potencial para el desarrollo agrícola, se puede hablar sobre la apertura de buena vialidad, para impulsar su desarrollo. Obras de esta naturaleza tenderían a

equilibrar los recursos que el Estado dispone, al lograr un desarrollo social y económico de mayor armonía.

Tabla 2. Longitudes y pendientes

Punto	Este	Norte	Longitud (km)	% pendiente	Sectores
T1	267815.7 7	952427.12	0	0	Llanitos Tabay, Mérida
T2	247038.2 4	941327.27	22 km-túnel	1,06	Pte. Nta. Señora. El Morro
T3	266490.6 2	918456.49	17 km-túnel	0,46	El Morro-Aricagua 8 Km. norte
T4	288900.3 6	899827.02	34 km-túnel y vía superficial	3 (aprox.)	Capitanejo
			<b>Distancia</b>	<b>73 km</b>	



Figura 25. Segunda ventana a 1.300 msnm, a 8 km al norte de Aricagua. Imagen tomada de Google Earth.

En el área metropolitana de Mérida, 50% de la población se asienta con dificultad, dado a que tiene una vialidad insuficiente, poco estable y con mayor riesgo, al tener un trazado de curvas y vías estrechas. Acceder a esa zona deshabitada, sin duda permitiría repartir mejor los recursos concentrados en un área proporcionalmente pequeña.

Al llegar a la ventana al norte de Aricagua, es necesario profundizar el estudio, porque, con un trabajo de colaboración como el realizado, faltarían herramientas técnicas y recursos para realizar exploraciones al lugar y definir entre tres alternativas posibles. Se sugiere volver a ver la Figura 20, pues, en el extremo derecho inferior, hay un ejemplo de cómo puede quedar la vía al sur de Aricagua, las partes alternas de túneles y el tramo superficial, hasta llegar a la troncal Barinas-San Cristóbal.

Es necesario definir, entonces, si su salida sería hacia Socopó, Capitanejo o Chameta. Al recorrer la ruta hasta Capitanejo, se encuentran con una carretera pequeña que pudiera convertirse en buen indicador para este propósito, porque la misma es la ruta trazada y señalada por los baqueanos.

A continuación se muestra en la Figura 26, el perfil de elevación de la ruta propuesta, información importante para el diseño de la indispensable ventilación de los túneles.



Figura 26. Perfil de las elevaciones de la ruta propuesta por Monzón. Imagen tomada de Google Earth, 2016.

### 3. 6. Estimación de distancias a partir de los llanitos de tabay hasta capitanejo y la ciudad de Barinas

Al llegar a la troncal que une las capitales de Barinas y San Cristóbal, en Capitanejo, desde Mérida, se recorren 73 km. Desde ese lugar a la ciudad de Barinas, hay una distancia de 94 km (Figura 27). Esa vía debería formar parte de la Autopista José Antonio Páez, la cual llega hasta la redoma de entrada a Barinas, para continuar hasta la capital del estado Táchira. Esto propiciaría que la vía de los túneles, que parten desde Mérida, sería la mejor y moderna alternativa de vialidad para cualquier tipo de transporte, al garantizar seguridad, comodidad y reducción en el tiempo de viaje a la mitad del tiempo; asimismo, permitiría atravesar la mole cordillerana, que se alza como una barrera infranqueable, con otra ventaja basada en acceder desde un punto casi central de los andes venezolanos, a fin de llegar al territorio de las inmensas explanadas llaneras.

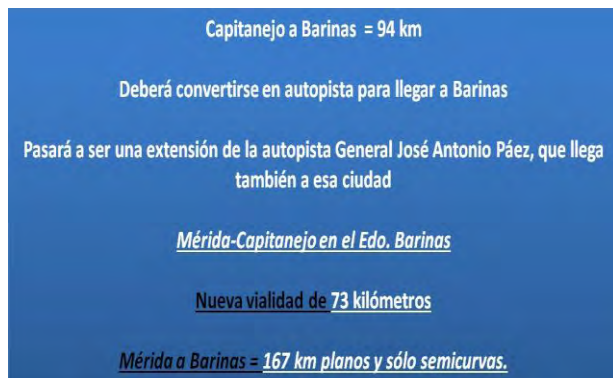


Figura 27. Distancia hasta Capitanejo.

Estas reflexiones técnicas demuestran la factibilidad de la construcción de la vialidad propuesta. Hemos intentado realizar una medición de impacto económico, aun cuando encontramos una receptividad admirable de los profesionales que presentan sus estudios; sin embargo, en algunos casos, como lo relativo a la medición de tránsito por esta nue-

va vía y la parte económica, no tuvimos igual suerte. Las puertas estarán ávidas para recibir todas las contribuciones posibles, en la seguridad que los beneficios derivados serán un ejemplo de una Venezuela pensante y atenta para contribuir con el desarrollo de las comunidades de la Región de los Andes.

Además de los dos aeropuertos que sirven al estado Mérida, se puede construir otro en la zona de salida de los túneles que conducen hacia la capital de este estado andino, pues, ese lugar tiene una ubicación equidistante de las tres capitales de mayor importancia de la Región de los Andes y se incluye el municipio Páez del estado Apure, el cual, con sus 12.820 km<sup>2</sup>, supera la extensión de las entidades Táchira y Mérida individualmente (Figura 28). Con una buena y moderna vialidad como la que se está estudiando y proponiendo, quedarían a distancias razonables para acceder y salir de todas esas áreas geográficas.

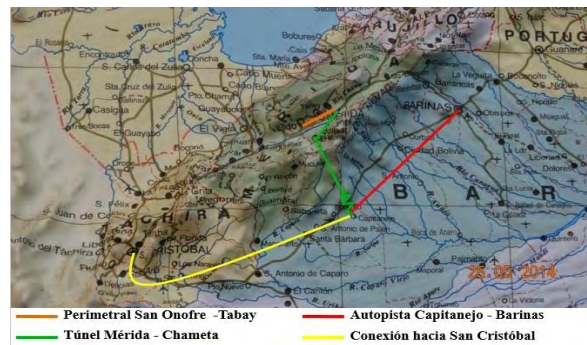


Figura 28. Mapa en relieve de toda la obra.

La figura anterior, transportada a un plano en relieve, indica la posibilidad de comunicar, en un punto equidistante, a las tres capitales más importantes del sur occidente de Venezuela, San Cristóbal, Mérida y Barinas. Se cambiaría drásticamente y positivamente la dirección del tránsito actual y representaría la suma de una nueva riqueza que impactaría el desarrollo local, estatal y regional con implicaciones de alcance nacional.

## 4 Conclusiones y recomendaciones

La propuesta analizada requirió la participación de profesores especialistas de la ULA y otros profesionales independientes de diversas disciplinas de la ciencia, lo que significa un impulso a la educación y a la formación de una ciudad que ha vivido y sabido estimular la cultura, la ciencia y la tecnología.

Con esta publicación, comienza la etapa de promoción del programa de desarrollo que podrá instrumentarse a los diversos niveles de los entes públicos y privados de las entidades federales: Mérida, Barinas y Táchira, a partir de los lineamientos generales explicados, que significarían la modernización de la vialidad andina, la zona Sur del Lago y al país en general. Esto demuestra los aspectos prácticos de la investigación, al proponer el incremento del desarrollo inte-

gral y sustentable en las zonas alejadas del eje metropolitano de la ciudad capital, en un área muy extensa, de baja demografía y con inmensas posibilidades. Para equilibrar los recursos del estado, hay que repartirlos en desarrollos armónicos en toda su extensión geográfica. Esa vialidad constituiría un nuevo paso en la parte central de la cordillera andina venezolana y sería la más moderna del país, al generar intercambios de personas y cargas, de manera económica, rápida, segura y estable.

El CIEM ha intentado relacionarse de manera permanente con el poder público local y nacional, mediante invitaciones y visitas a la oficina técnica de mayor importancia por sus técnicos y recursos, quienes están al frente de la oficina del Sistema Integral de Transporte Masivo y su articulación con el estado Mérida (TROMERCA). Hay que seguir intercambiando ideas hasta lograr su participación definitiva y estable.

Se pretende animar el desarrollo total, en competitividad y modernidad; por eso, se dedica un espacio para argumentar tres aspectos básicos a potenciar: (1) creación de empleos bien remunerados, que podrían extenderse a otros lugares del país que requieran obras de gran magnitud, (2) impulso al ánimo del pueblo indispensable para despertar el nivel de aspiraciones personales y de las comunidades, al sentirse coparticipes del desarrollo de su geografía y (3) estímulo para un verdadero programa para el desarrollo humano, social y económico.

El CIEM demuestra, con equipos de esta naturaleza, que aquí se conserva la credibilidad técnica-social de las instituciones gremiales, las cuales comprenden que sus impulsos corporativos pueden llegar más lejos que los personales. En Mérida y Venezuela, hay capacidad técnica para acometer por la vía de concesión una obra como la descrita. Los agremiados al CIEM son vigilantes para proponer una observación ciudadana para la realización de obras de la mayor calidad, mediante el cumplimiento de las especificaciones técnicas y con los alcances sociales y las debidas justificaciones presupuestarias. Las puertas quedan abiertas para la creación de nuevos equipos que impulsen y promuevan otros desarrollos regionales.

### **Agradecimientos**

Siempre se ha creído en la buena voluntad y disposición de los profesionales independientes y de aquéllos vinculados a la ULA, para servir a las comunidades de Mérida y la Región de Los Andes. No hay equivocación alguna, la experiencia de estos 27 meses en las reuniones celebradas en la Fundación Leopoldo Garrido Millares, así como con el Presidente del Centro de Ingenieros de Mérida, Jesús Godoy Bolívar, en las que voluntades de una gran capacidad técnica y experiencia se acercaron y contribuyeron con conferencias que dejaron ver la experticia y elevados conocimientos, han entendido los planteamientos esenciales del proyecto y ahora se concretan en afecto, unión indisoluble, responsabilidad social y capacidad de servicio al escribir un capítulo

de las memorias de las exposiciones, discutidas, analizadas y consideradas a través del Equipo de Diagnóstico y Proyección Vial del Estado Mérida.

La Tertulia de los Martes ha servido para indicar y enseñar los inmensos deseos de profesionales para discutir las inquietudes ciudadanas, con miras a contribuir con Mérida y Venezuela. Su ejemplo encaminó a drenar inquietudes relativas al desarrollo de la ciudad y el estado. Luego de haberse escrito y publicado un diagnóstico general de los municipios de la entidad merideña, con especial orientación en la vialidad, correspondía el acercamiento al Centro de Ingenieros de Mérida (CIEM) describir los hallazgos e ideas con los periplos por la geografía merideña.

En el CIEM, encontramos a la directiva dispuesta a dar la mano. Damos, entonces, gracias personalizadas a su presidente Jesús Godoy Bolívar, hombre atento y dinámico, quien permitió el contacto con profesionales del área, algunos conocidos de mucho tiempo y otros apenas de vista. Lo cierto es que en el equipo creado, hubo entusiasmo, generosidad, además de un sentimiento de compañerismo, comprendido por afectos mutuos que permitieron establecer una mística de un trabajo de colaboración y de contribución. Se sumaron muchas voluntades y cuando se mencionan sus nombres, es comprensible que no se plasmen todos los asistentes, en una cifra de cerca de 150 personas, porque se corre el riesgo de cometer un error u omisión, pero, por elemental justicia y al tomar en cuenta la regularidad de la asistencia, ayuda y el material consignado, se ha de rendir la admiración a los colegas, quienes, con interés desmedido, sumaron puntualidad, precisión y entendieron que, por encima de intereses particulares o grupales, se encuentra el ineludible propósito de servir bajo la bandera del bien común, a fin de procurar llevar conocimientos en la solución de problemas dentro del campo ingenieril.

Se hace mención al personal respetuoso y de gran simpatía que trabaja en el Centro, sin destacar, ahora en adelante, los títulos credenciales de los técnicos. Así afirmamos que Ezio Mora siempre estuvo en primera fila con su responsabilidad en la dirección de la Fundación Leopoldo Garrido Millares, quien buscó información y libros para alcanzar el mejor resultado. Orlando Tadeo Villavicencio Moreno, con ayuda permanente, propuso nombres y conferencias, así como el manejo de los equipos de computación. Omar Guerrero sumó experticia técnica y producción voluminosa de actualidad y totalidad. Wilver Contreras sorprendió con su monumental propuesta. Guido Moreno asumió la coordinación en mis ausencias y Lienard Toro, con invaluable aportes en el manejo del PowerPoint, destacó con las proyecciones utilizadas en este aparte, al igual que sus conocimientos para la corrección del trabajo final.

Destacamos también a Luis Rodolfo Mazzei, con su experiencia en la ingeniería de túneles, a Roberto Úcar, experto profesor en túneles, a Luis Fargier con amplia experiencia y conocimientos, a Ligia Newman, quien se sumó a las convocatorias, a Luis Veliz, quien aportó su especiali-

dad, a Víctor Araque, quien trabajó en defensa de su comunidad del sur de Mérida, a Williant Contreras, destacó con sus amplios conocimientos en vialidad urbana y vías principales, a Jesús Peña quien divulga la ingeniería con pleno conocimiento, a Néstor Villasmil, quien procuró gráficas de resumen, a María Eugenia Febres Cordero, con importantes aportes, y a Norma Carnevali, con total disposición.

A todos los que estuvieron aun cuando fuese en una sola reunión, se hacen extensivas las gracias, sin personalizar en ninguno. Lo importante es recordar que existe la responsabilidad de vigilar la mejor y más moderna vialidad para Mérida, siempre pensando en grande.

## Referencias

Caraballo Luis, 2014, Prólogo en Monzón, Germán. Mérida. Comunicación para el mañana, carreteras de hoy p.10. Mérida, Venezuela: Editorial.

Chalbaud Zerpa Carlos, 1958, Expediciones a la Sierra Nevada de Mérida. Madrid: Ediciones Paraguachoa S. A.

Clasificación de tierras con fines agrícolas en alta montaña del Ministerio del Poder Popular para la Agricultura Productiva y Tierras, 2011, [Documento en línea] <http://www.mat.gov.ve/upload/datos2011.pdf>, <http://www.rena.edu.ve/venezuela/merida.html>.

Díaz Orellana Marcos, 2012, abril 10). [Entrevista al Gobernador del estado Mérida]. Diario Frontera, Mérida, Venezuela.

Estadísticas Básicas de la Actividad Turística del Ministerio del Poder Popular para el Turismo, 2011, [Documento en línea]

<http://www.mintur.gov.ve/descargas/ESTADISTICASENE-NOV2011.pdf>

Guerrero Omar, 2017, Prefactibilidad geológica y geomorfológica e implicaciones climáticas en la región central andina y el flanco surandino: estados Mérida y Barinas. En: G. Monzón (ed.). Diagnóstico y proyección vial del estado Mérida. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes y Colegio de Ingenieros del Estado Mérida, pp. 680-692.

Mapas de Venezuela del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar [Documento en línea] Disponible: [http://www.igvsb.gob.ve/documentos/mapas\\_fis/merida.pdf](http://www.igvsb.gob.ve/documentos/mapas_fis/merida.pdf)

Mazzei Luis,(2014, Mirador Electrónico GMS [Información en blog]. Disponible: <http://miradorelectronicogms.blogspot.com/>

Méndez E, Contreras W, Camargo R, Oballes Y, Camargo M, Guerrero G, Owen de Contreras M, Briceño M, Ripanti F, Gómez L, Gil B, León J, Ramírez G, Urdaneta C, 2010, Mérida. Ciudad para vivir, crear y trascender. Mérida, Venezuela: Ediciones del Rectorado, Universidad de Los Andes.

Monzón Germán, 2012, Mirador Electrónico GMS [Información en blog]. Disponible: <http://miradorelectronicogms.blogspot.com/>

Monzón Germán, 2013, Mirador Electrónico GMS [Información en blog]. Disponible:

<http://miradorelectronicogms.blogspot.com/> Monzón Germán, 2014, Mérida. Comunicación para el mañana, carreteras de hoy. Mérida: Editorial.

Monzón Germán, 2016, Mirador Electrónico GMS [Información en blog]. Disponible:

<http://miradorelectronicogms.blogspot.com/> Organización Mundial de la Salud,1986, noviembre 21, Carta de Ottawa sobre promoción de la salud [Documento en línea]. Ponencia presentada en la Primera Conferencia Internacional sobre la Salud, Ottawa. Disponible: <http://www1.paho.org/spanish/HPP/OttawaCharterSp.pdf> Planificación Educativa del Ministerio del Poder Popular para la Educación [Documento en línea] Disponible: [http://www.me.gov.ve/Descargas/contenidos/2011/d\\_26076\\_312.pdf](http://www.me.gov.ve/Descargas/contenidos/2011/d_26076_312.pdf), 2011

Vetencourt Lares Pedro, 1983, Semblanza de un caudillo. Caracas: Escritorio Vetencourt Lares.

**Monzón, Germán:** Ingeniero Agrónomo. Orientación Zootecnia. Facultad de Ingeniería Agronómica, UCV. Año 1967, promoción Dr. Álvaro Martínez Lázaro. Investigador en PROGAL, 1973-1979. Pdte. Corpoandes 1980-1982, Gobernador de Mérida, 1983. Diputado al Congreso de la República de Venezuela. 1994-1999. Pdte. Comisión Política Exterior 1994-1995

**Godoy Bolívar, Jesus:** Ingeniero Químico, Universidad Simón Bolívar enero- 1.977; Post-Grado en Malaria y Saneamiento Ambiental, Maracay Edo. Aragua 1.981; Vicepresidente del Centro de Ingenieros del Edo. Mérida (CIEM), 1997 - 1999 y 2004-2014. Presidente del CIEM (1999-2004 y 2014 hasta la fecha).Jefe de Acueductos Rurales, Malariología- Mérida, 1984-2001. Correo electrónico: [jgodoybolivar@gmail.com](mailto:jgodoybolivar@gmail.com)

**Newman, Ligia:** Ingeniero civil. ULA 1985. Ingeniero residente y administración empresas privadas, 1986-1988. Jefe Dpto. Ministerio de Transporte. Ministerio del Poder Popular para Transporte Terrestre y Obras Públicas, 1988-2016. Vicepresidente del CIEM, desde Oct. 2014. Representante egresados ULA, al Claustro Universitario y al Consejo de Facultad de Ingeniería, desde marzo 2015. Correo electrónico: [Lnewman66@gmail.com](mailto:Lnewman66@gmail.com)

**Mora Contreras, Ezio:** Ing. civil. Universidad de los Andes. Presidente de la Fundación Leopoldo Garrido del Centro de ingenieros del estado Mérida. Venezuela. Correo electrónico: [ejmc4449@gmail.com](mailto:ejmc4449@gmail.com)

**Guerrero, Omar Antonio:** profesor titular de la universidad de los andes, facultad de ingeniería, escuela de ingeniería geológica. Geógrafo (ULA) geólogo (UCV), estudios de magister (UCV) y doctorado (Universidad de Salamanca - España) en ciencias geológicas. Autor y coautor de artículos y libros en el tema de geomorfología y sedimentolo-

gía a nivel nacional e internacional. Correo electrónico: [omarguerrero1231@gmail.com](mailto:omarguerrero1231@gmail.com)

**Contreras Miranda, Wilver:** Profesor Titular Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela. Arquitecto y MSc por la ULA. Doctor y Post Doctor en proyectos de ingeniería e innovación por la Universidad Politécnica de Valencia, España. Correo electrónico: [wilvercontrerasmiranda@gmail.com](mailto:wilvercontrerasmiranda@gmail.com)

**Toro Toro, Lienard:** Ingeniero de Sistemas, 1995 Universidad Simón Bolívar. (USM). Maestría en Gerencia Empresarial y en Educación Superior. Especialista en Análisis de Datos, Matemáticas aplicadas a la Ingeniería, Aplicaciones Móviles y de Internet de las Cosas. Consultor de Sistemas y Profesor Universitario candidato al Doctorado en Ciencias Aplicadas. Ingeniero Voluntario del Departamento de Genética del IAHULA. [lienard.toro@gmail.com](mailto:lienard.toro@gmail.com)

**Villavicencio, Orlando:** Ingeniero Civil. Magister Scientiae en Desarrollo de los Recursos de Aguas y Tierras Mención Obras Hidráulicas. Gerente Pymes. Empresario. 2 do Vicepresidente de la Fundación Academia de Mérida. Director del sector Construcción de la Cámara de Comercio e Industria del Edo Mérida. Profesor invitado de postgrado en la Facultad de Arquitectura de la ULA. Correo electrónico: [orlandovillavicenciom@gmail.com](mailto:orlandovillavicenciom@gmail.com)

**Fargier, Luis:** Ingeniero civil, ULA 1975. Ing. obras de la Hechicera. Director Mérida-Panamericana 86-87. Jefe Área OPE y MTC Zona Panamericana. Pdte. CIEM 89-91. Jefe División de Proyectos ULA; especialidad gerencia municipal USM 1997. Correo electrónico: [felipefargier@hotmail.com](mailto:felipefargier@hotmail.com)

**Moreno Uzcátegui, José Guido:** (La Azulita – Mérida - Venezuela 1943). Ingeniero Civil por la Universidad de los Andes. (ULA, Mérida, Venezuela 1974). Profesor Jubilado de la Facultad de Arquitectura. Universidad de los Andes Correo electrónico: [jguidomu@hotmail.com](mailto:jguidomu@hotmail.com)

**Araque, Víctor:** Ingeniero Civil, ULA 1981. CIV N° 30620. Especialización: Planificación y Desarrollo de Recursos Hidráulicos, CIDIAT 1981. MPP Ambiente, Ordenación del Territorio, Áreas Bajo Régimen de Administración Especial 1981-2015, Permisiones Administrativas, Administración de Recurso Agua y Revisión de Estudios de Impacto Ambiental. Correo electrónico: [victoraraque.54@hotmail.com](mailto:victoraraque.54@hotmail.com)

**Mazzei, Luis:** Ingeniero Civil, ULA 1970. Hidroeléctrica José Antonio Páez, 1971-1973. Empresa Dragados y Construcciones S. A., obras subterráneas, 1973-1978. FELMI-CA, Ingenieros Asociados, consultores de proyectos e inspecciones técnicas de obras subterráneas, 1974-1978. Integrante equipo técnico, construcción túnel de Valdiviera

en Barcelona España. Ingeniero Jefe Obra Túnel de desvío Río Macarao, INOS, Caracas. Correo electrónico: [lrnazzei@hotmail.com](mailto:lrnazzei@hotmail.com)

**Villasmil, Néstor:** Ingeniero Forestal, mención Conservación de Recursos, ULA 1987. Trabajos en Conservación de Cuencas, Impacto Ambiental, Producción, Plantación, Mantenimiento de Plantaciones Forestales. Profesor universitario. Pedagogía Experimental Libertador, Mención Ciencias Naturales. Correo electrónico: [nestorvillas@hotmail.com](mailto:nestorvillas@hotmail.com)

**Veliz, Luis Raúl:** Ingeniero Forestal, Universidad de los Andes. Maestría en Manejo de Cuencas Hidrográficas. ULA. Correo electrónico: [veliz.luis@gmail.com](mailto:veliz.luis@gmail.com)



## Capítulo 4

# Potencial antioxidante de extractos de *Pimenta racemosavar. Racemosa* (Mill.) J.W. Moore de Táchira - Venezuela

Contreras-Moreno, Billmary<sup>1,2,3\*</sup>; Díaz, Lorena<sup>4</sup>; Celis, María-Teresa<sup>2</sup>; Rojas, Janne<sup>1</sup>; Rodríguez-Castillo, Gabriela<sup>1,5</sup>; Plaza, Claudia<sup>1</sup>; Alarcón, Libia<sup>1,3</sup>; Rosenzweig Levy, Patricia<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

<sup>2</sup>Laboratorio de Polímeros y Coloides (POLYCOL), Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

<sup>3</sup>Grupo de Investigación de Productos Naturales (GIPRONA), Núcleo Universitario Rafael Urdaneta, Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela

<sup>4</sup>Departamento de Farmacognosia y Medicamentos Orgánicos. Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

<sup>5</sup>Departamento de Química, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Falcón, Venezuela.

<sup>6</sup>Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

\*[billmary.contreras@gmail.com](mailto:billmary.contreras@gmail.com)

### Resumen

Se evaluó la actividad antioxidante, el contenido de flavonoides y fenoles totales de seis extractos de diferentes partes de *Pimenta racemosavar. racemosa* (Mill.) J.W. Moore, colectadas en Táchira – Venezuela, usando el método de la capacidad secuestrante de radicales libres sobre el reactivo 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH•) mediante espectrofotometría UV-visible a una longitud de onda de 517nm, con ácido ascórbico como control (176 µg/mL), el método de Folin-Ciocalteu con ácido gálico como patrón para la cuantificación de fenoles totales y el método de AlCl<sub>3</sub>, usando quercetina como estándar en la cuantificación de flavonoides totales. Todos los extractos exhibieron porcentajes de inhibición (% I) de estos radicales, superiores al 90% a 1 mg/mL y CI<sub>50</sub> entre 0,047 y 0,254 mg/mL. Los compuestos fenólicos de los extractos evaluados variaron entre (143,40 - 507,70) µg equivalentes de ácido gálico/mg extracto seco, mientras que, el contenido de flavonoides totales en los extractos ensayados oscilaron entre (12,57 - 59,83) µg equivalentes de quercetina/mg extracto seco. De acuerdo con los resultados obtenidos el potencial antioxidante de la especie *P. racemosavar. racemosa* en función del extracto depende de la parte de la planta estudiada y de acuerdo con la prueba de la correlación bivariada de Pearson se obtuvo que a menor cantidad de flavonoides, mayor capacidad antioxidante tendrá el extracto.

ISBN: 978-980-11-1858-9



9 789801 118589

## 1 Introducción

*P. racemosavar.racemosa* (Mill.) J. W. Moore (Myrtaceae) conocida como: Bayrumtree, Malagueta, Pimienta de Tabasco, pepita de especia, guayabita, West Indianbaytree, bay, baytree, bay-rum, Bayrumbaum, Kronpiment, Bois d'Inde, PimentcouronnéBerrón, Limoncillo y pimienta (Aristeguieta 1973, Jirovetz y col., 2007, Ogundayo y col., 2011, Taxon-Pimenta racemosa 2014, Plantnames 2014, Contreras-Moreno y col., 2014a, 2014b, 2016, Tropicos 2016), es una planta arbórea tropical de porte erguido, hoja perenne y aromática, originaria de las Antillas y del noroeste de Suramérica (Dupont y col., 1954, Weiss 2002, Contreras y col., 2014a, 2016), que se encuentra distribuida en Venezuela en los estados Táchira, Falcón, Lara, Mérida, Nueva Esparta, Sucre, Zulia y en el Distrito Capital (Hokhey col., 2008, Contreras-Moreno y col., 2014a, 2014b, 2016). Tiene múltiples usos medicinales y terapéuticos, incluyendo actividades: antioxidante, antifúngica, antibacteriana, insecticida y esquistomicida (Cáceres y col., 1995, Aurore y col., 1998, Jirovetz y col., 2007, Lans y col., 2006, Leyva y col., 2007, Yousif y col., 2007, Junheon y col., 2008, Tajkarimi y col., 2010, Alitonou y col., 2012, Contreras-Moreno y col., 2014b, 2016), actividades que de acuerdo con la literatura consultada se asocian a la presencia de metabolitos secundarios de tipo flavoniodo, saponina, triterpeno, esteroides, quinona, polifenol, entre otros (Contreras-Moreno y col., 2014b).

En un estudio realizado de tamizaje fitoquímico a extractos de diferentes partes de *P. racemosavar.racemosa*, se detectó la presencia de grupos de metabolitos secundarios con núcleos de tipo terpenoidal y fenólicos (Contreras-Moreno y col., 2014b), los cuales son en su mayoría compuestos antioxidantes debido a la presencia en su estructura química de insaturaciones y/o grupos hidroxilos, que les confiere capacidad secuestrante y/o reductora al interactuar con los electrones desapareados de los radicales libres, neutralizándolos de su alta reactividad tóxica. (Carhuapoma y col., 2007; Perico 2011).

Cabe resaltar, que debido al mecanismo de acción antioxidante que posee *P. racemosa*, un extracto acuoso de esta especie fue incorporado como uno de los principios activos del medicamento Vitilvenz®, desarrollado y formulado en Venezuela por Jericó C. A., para el tratamiento del vitiligo (Rojas y col., 2008), lo que demuestra el potencial de esta especie como una fuente de antioxidantes naturales.

Tomando en cuenta que los antioxidantes naturales provenientes de especies medicinales, ya sea a partir de sus constituyentes químicos o de los extractos crudos, son muy efectivos para prevenir los daños causados por estrés oxidativo (Shukla y col., 2017), existe un interés creciente por su búsqueda, y esto se debe a la restricción de uso que presentan los antioxidantes sintéticos por sus

efectos secundarios tóxicos y carcinogénicos (Plaza y col., 2014).

La actividad antioxidante en general se centra principalmente en la búsqueda de compuestos capaces de capturar radicales libres del medio ambiente que lo rodea. Los radicales libres se producen como resultado de la oxidación celular, alteran el ADN de las células, impidiendo la renovación celular o afectando su funcionamiento. Se ha visto una relación directa entre el aumento de radicales libres y ciertas enfermedades como SIDA, cáncer, alteraciones en el sistema nervioso central y el envejecimiento precoz, por lo cual la actividad antioxidante es un ensayo que está siendo muy aplicado (Bafna y Mishra 2005, Marxen y col., 2007).

Una de las técnicas más utilizadas para evaluar la actividad antioxidante, es mediante la prueba con el radical 2,2-difenil-1-picril-hidracilo (DPPH•), el cual es captado por compuestos antioxidantes presentes en el medio, a través de la donación de hidrógenos para formar una molécula estable de DPPH• reducido (2,2-difenil-1-picril-hidracina, DPPH-H). Esta reacción produce un cambio colorimétrico de violeta a amarillo, que es medido espectrofotométricamente a una absorbancia de 517 nm, indicando la reducción del radical (Stanly y col., 2011, Kekuda y col., 2011).

Aun cuando se ha demostrado que el extracto acuoso de las hojas de *P. racemosa* posee actividad antioxidante (Rojas y col., 2008), no hay suficientes artículos publicados al respecto, además a la fecha tampoco se han encontrado reportes de actividad antioxidante para extractos provenientes de frutos, tallos, corteza y raíz.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la actividad antioxidante, el contenido de flavonoides y fenoles totales de seis extractos provenientes de diferentes partes de la especie *P. racemosavar. racemosa* tachirense mediante espectrofotometría UV-visible, usando el método de la capacidad secuestrante de radicales libres sobre el reactivo DPPH con ácido ascórbico como control, el método de AlCl<sub>3</sub>, usando quercetina como estándar en la cuantificación de flavonoides totales, el método de Folin-Ciocalteu con ácido gálico como patrón para la cuantificación de fenoles totales.

## 1 Parte experimental

### 2.1 Material vegetal

Las hojas, frutos, tallos finos, tallos gruesos, corteza y raíz de *P. racemosavar.racemosa* fueron colectados en Abril del 2012, cerca del Sector “Los Corredores de la Palmita”, del Municipio Junín, en la ciudad de Rubio ubicada en el suroeste del Estado Táchira, Venezuela, a una altitud de 859 m.s.n.m. Longitud oeste: 72°21', Latitud norte: 7°42'. La identificación botánica de la especie fue realizada en la Universidad Estatal de Arizona, USA, por el Dr. Leslie R. Landrum, Curador del Herbario de Ciencias de La Vida, Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Estatal de Arizona. Los ejemplares

res colectados en campo están resguardados en USA en el Herbario ASU de la Universidad Estatal de Arizona (código ASU0075448) y en Venezuela en el Herbario MERF de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes (código BC-01).

## 2.2 Reactivos

2,2-difenil-1-picril-hidracilo (DPPH), quercetina, ácido gálico y Folin-Ciocalteu se obtuvieron de Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MO, USA); carbonato de sodio, cloruro de aluminio y ácido ascórbico se obtuvieron de Merck (Darmstadt, Germany); metanol de JT Baker Chemical Co. (Phillipsburg, NJ, USA); y 2-propanol obtenido de Científica Andina C.A. (Mérida, Venezuela) y agua destilada del Laboratorio "C" de Productos Naturales del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Los Andes (Mérida, Venezuela).

## 2.3 Extractos vegetales

Los extractos de diferentes partes de *P. racemosa* var. *racemosa* empleados en esta investigación, fueron obtenidos por maceración en frío a temperatura ambiente con alcohol isopropílico del material vegetal colectado en Táchira-Venezuela y los rendimientos así como otros detalles con respecto a la metodología de maceración y extracción fueron reportados previamente por Contreras-Moreno y col., (2014b). Todos los extractos H (hojas), F (frutos), TF (tallos finos), TG (tallos gruesos), C (corteza) y R (raíz) tienen presencia de compuestos químicos de naturaleza fenólica (Contreras-Moreno y col., 2014b).

## 2.4 Equipos

Se utilizó un Espectrofotómetro UV-Visible Spectronic GENESYSTM 10 BioThermoScientific (Alemania) para evaluar el comportamiento de los extractos como agentes antioxidantes, a partir de la data de absorbancias de los analitos empleando la longitud de onda de 517 nm en el análisis de la capacidad secuestrante de radicales libres sobre el reactivo DPPH, la longitud de onda de 415 nm en la cuantificación de flavonoides totales y la longitud de onda de 760 nm para la cuantificación de fenoles totales. Micropipetas automáticas P-100 LABMATE Pro (Warsaw, Polonia); P-1000 LANDA y P5000 Gilson, Inc. (Middleton, WI, USA). Vortex-Geniemixer Scientific Industries, Inc. (Springfield, Mass., USA). Balanza analítica Adventurer™ OHAUS (Parsippany, NJ, USA)

## 2.5 Actividad antioxidante.

La evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos (H, F, TF, TG, C y R) sobre el radical DPPH• se realizó siguiendo la metodología descrita por Plaza y col., (2014), en el que se usa metanol como disolvente, con algunas modificaciones. Una alícuota de 50 µL de

solución metanólica de extracto (1 mg/mL) fue mezclada con 700 µL de solución metanólica de DPPH ( $6 \cdot 10^{-2}$  mM), mezcla que se agitó suavemente en un vortexmixer y se incubó en la oscuridad por 30 minutos a temperatura ambiente. La absorbancia de la solución resultante se midió usando un espectrofotómetro UV-Visible a 517 nm. El control positivo fue la mezcla de 700 µL de solución de DPPH ( $6 \cdot 10^{-2}$  mM) con 50 µL del patrón de referencia (una solución metanólica de ácido ascórbico 176 µg/mL). El blanco del ensayo fue la alícuota de 700 µL de solución de DPPH ( $6 \cdot 10^{-2}$  mM). El porcentaje de inhibición (% I) de radicales libres de DPPH• se calculó mediante la siguiente ecuación:  $\%I = [(A_0 - A_m)/A_0] \times 100$ , donde:  $A_0$  y  $A_m$  son los valores de las absorbancias del blanco (solución metanólica de DPPH) y de la muestra (solución metanólica de DPPH con la solución metanólica del extracto), respectivamente. Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

## 2.6 Determinación de la concentración efectiva inversa (ARP)

Los extractos que presentaron %I superiores al 50%, se evaluaron a concentraciones variables con la finalidad de construir curvas de % I en función de la concentración del analito y calcular por regresión lineal para cada muestra la concentración inhibitoria media ( $CI_{50}$ ) que es la mínima concentración a la cual cada extracto inhibe el 50% de radicales libres de DPPH•. Por razones de claridad, los resultados fueron expresados en términos de  $1/CI_{50}$  o poder antiradicalario (ARP, por sus siglas en inglés AntiradicalPower), es decir, a mayor valor de ARP, mayor será la eficiencia del extracto como antioxidante. La actividad antiradical se definió como la cantidad de antioxidante por microlitro de extracto necesario para obtener una actividad antioxidante del 50% (Goupy col., 1999, Plaza y col., 2014).

## 2.7 Contenido de fenoles totales

El contenido fenólico total de cada extracto se determinó siguiendo la metodología descrita por Plaza y col., (2014), haciendo uso de la técnica espectrofotométrica conocida como la reacción de Folin-Ciocalteu (F-C), la cual se realizó por triplicado con cada extracto, con la finalidad de garantizar la repetitividad del método. El procedimiento a seguir consistió en mezclar una alícuota de 50 µL de una solución metanólica de extracto (0,5 mg/mL) con 450 µL de agua destilada y 250 µL del reactivo F-C (0,2 N en agua). Se dejó reposar esta mezcla a temperatura ambiente durante 5 minutos y luego se añadió 1250 µL una solución de carbonato de sodio (7,5% en agua). La mezcla se homogeneizó en vortexmixer por 30 segundos y después de 2 horas de incubación a temperatura ambiente, protegida de la luz, se procedió a la medición de la absorbancia de la muestra a 760 nm en un espectrofotómetro UV-visible (Spectronic GENE-SYSTM 10 Bio). Esta medición se realizó

contra un blanco (agua y metanol). Se realizó una curva de calibración utilizando ácido gálico como compuesto fenólico estándar (0-32  $\mu\text{g/mL}$ ) en intervalos de 4  $\mu\text{g/mL}$  siguiendo el procedimiento anteriormente descrito, sustituyendo la alícuota del extracto por la de la solución de ácido gálico a evaluar, para obtener la ecuación de la regresión lineal de la curva de calibración. Los resultados del contenido de fenoles totales presentes en los extractos se expresaron como  $\mu\text{g}$  de equivalentes de ácido gálico (EAG)/ $\text{mg}$  de extracto seco.

### 2.8 Contenido de flavonoides totales

El contenido total de flavonoides totales de cada extracto se estimó siguiendo la metodología descrita por Plaza y col., (2014). Una alícuota de 1 mL de solución metanólica de cada extracto a una concentración de 0,5  $\text{mg/ml}$  se mezcló con 1 mL de solución de cloruro de aluminio ( $\text{AlCl}_3$ ) en metanol a una concentración de 2% p/v. Después de 10 minutos de incubación a temperatura ambiente, protegida de la luz se leyó la absorbancia de cada analito a 415 nm contra un blanco (metanol-extracto 1:1). Se realizó una curva de calibración estándar utilizando quercetina como flavonoide de referencia (0-32  $\mu\text{g/mL}$ ) en intervalos de 4  $\mu\text{g/mL}$ . Se representó gráficamente utilizando quercetina (0-32  $\mu\text{g/mL}$ ), siguiendo el procedimiento anteriormente descrito, sustituyendo la alícuota del extracto por la de la solución de quercetina a evaluar, con la finalidad de obtener la ecuación de la regresión lineal de la curva de calibración. Los resultados del contenido de flavonoides totales presentes en los extractos se expresaron como  $\mu\text{g}$  de equivalentes de quercetina (EQ)/ $\text{mg}$  de extracto seco.

## 2 Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con los paquetes de software Excel (Microsoft, Redmond, WA, EE.UU.) y SPSS 15.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.). Con la finalidad de determinar diferencias estadísticamente significativas en cada uno de los analitos evaluados (extractos) con la actividad antioxidante determinada por el método de DPPH; se realizó un análisis unidireccional de varianza (ANOVA), para analizar los efectos simultáneos de dos variables independientes. Adicionalmente, se aplicó la prueba de correlación bivariable de Pearson para calcular los coeficientes de correlación lineal ( $r$ ) entre el contenido de fenoles y flavonoides totales de cada extracto y la actividad antioxidante. Se consideraron diferencias estadísticamente significativas cuando  $p \leq 0,05$ . Todos los resultados obtenidos en los distintos ensayos (% I,  $\text{CI}_{50}$ , ARP, Contenido total de Fenoles y Contenido total de Flavonoides), se expresaron como la media  $\pm$  desviación estándar (SD) de tres mediciones.

## 3 Discusión y Resultados

Los resultados de la evaluación de la actividad antioxidante realizada con el método de la capacidad secuestrante de radicales libres sobre el reactivo 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) de los extractos (H, F, TF, TG, C y R) obtenidos de la especie *P. racemosa-racemosa*, revelaron que todos los extractos presentaron porcentajes de inhibición de estos radicales, superiores al 50%; con concentración de 1  $\text{mg/mL}$  (Figura 1). En general, el porcentaje de inhibición de radicales libres de DPPH (% I) disminuyó en el siguiente orden: R > C > F > TF > TG > H. El ácido ascórbico como control positivo reflejó el %I más alto a una concentración de 0,176  $\text{mg/mL}$ , con un valor de 96,68% en contraste con los extractos (Figura 1).

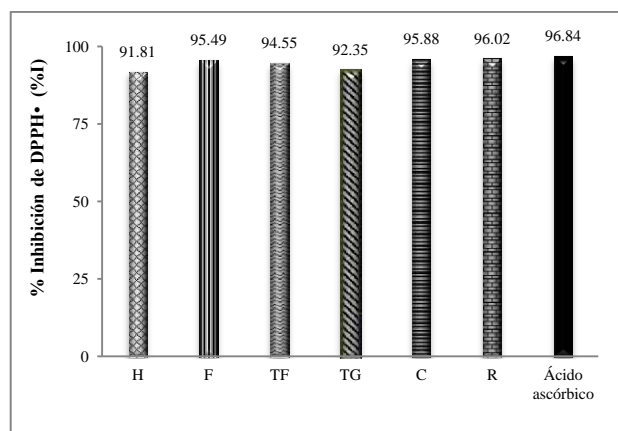


Fig. 1. Porcentaje de inhibición de radicales libres de DPPH de los extractos y ácido ascórbico.

Con la finalidad de determinar diferencias significativas en cada uno de los extractos evaluados con la actividad antioxidante por el método de DPPH, se realizó un análisis unidireccional de varianza (ANOVA). El análisis de comparación entre los diferentes extractos (H, F, TF, TG, C y R), infiere que de acuerdo a la similitud de %I encontrado, dichos extractos pueden estar reunidos en tres grupos: grupo 1 formado por H y TG; grupo 2 constituido por F y TF; y grupo 3 compuesto por F, C y R, debido a que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre los extractos que están en cada grupo. A su vez, también se comparó a través de ANOVA el ácido ascórbico con cada uno de los extractos mencionados anteriormente, obteniéndose que no hay una diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre el ácido ascórbico, C y R; a diferencia del resto de los extractos en los cuales si existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) con el ácido ascórbico; éstos análisis estadísticos explicarían las similitudes y/o diferencias existentes entre el %I del ácido ascórbico (patrón de referencia) con cada uno de los extractos evaluados.

Cabe destacar que el hecho de tener un %I superior

a 90% en todos los extractos, se infiera un alto poder antioxidante para cada analito, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la investigación desarrollada por Contreras-Moreno y col., (2014b), debido a que todos los extractos evaluados en dicha investigación mostraron la presencia de compuestos con núcleos fenólicos y flavonoides, sustancias a las que les atribuye un alto poder antioxidante.

A todos los analitos que presentaron %I superiores al 50%, se les determinó la mínima concentración a la cual cada uno inhibe el 50% de radicales libres de DPPH (CI<sub>50</sub>) y para ello se construyeron gráficas de % I en función de la concentración del analito, a través de la cual se calculó la concentración inhibitoria 50 (CI<sub>50</sub>) por regresión lineal para cada muestra, las cuales reflejaron altas correlaciones para los distintos extractos (R<sup>2</sup> > 0,98) (Figura 2).

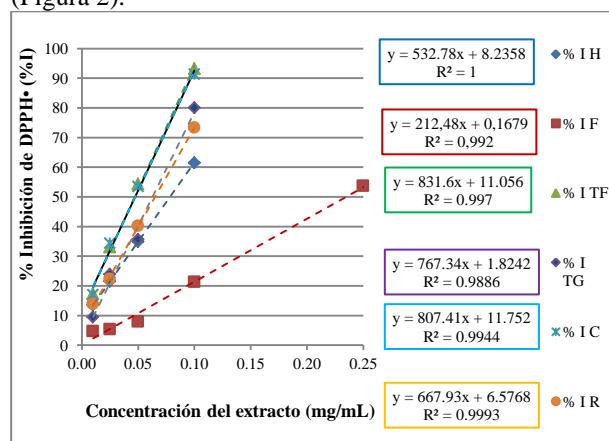


Figura 2. Curva de concentración de los extractos H, F, TF, TG, C y R en función del % de inhibición de DPPH•

Las curvas de % I vs concentración de extracto reflejadas en la figura 2, se construyeron hasta una concentración máxima de 0,10 mg/mL para los extractos H, TF, TG, C y R; no obstante, como el extracto F presentó un valor de % I de 21,4% a 0,10 mg/mL valor de %I inferior al buscado (50 %), se tomó en cuenta una concentración más alta para este analito en la construcción de su curva; en el extracto F la concentración máxima ensayada fue de 0,25 mg/mL correspondiente con un %I de 53,8%.

Como el poder captador de radicales libres de los extractos es inversamente proporcional a la CI<sub>50</sub>, es decir, a menor valor de CI<sub>50</sub> mayor será la capacidad antioxidante del analito, para evitar confusiones, todos los resultados se expresaron como ARP (poder antirradicalario, por sus siglas en inglés antirradicalpower) ó el inverso de la CI<sub>50</sub>, obteniéndose resultados directamente proporcionales. Cuanto mayor sea el valor de ARP obtenido, más eficiente será el antioxidante (Goupy y col., 2009, Plaza y col., 2014) (Tabla 1)

Los resultados observados en la tabla anterior, demuestran en términos de ARP que en los extractos, el

analito con menor poder antioxidante fue el extracto F con un valor de 3,932 mL/mg, mientras que el analito con mayor poder antioxidante fue el extracto TF con un valor de 21,362 mL/mg, seguido por el extracto C con un valor de 21,117 mL/mg.

Tabla 1. Actividad antioxidante de extractos de *P. racemosa*-*var.racemosa*

Analito	% I	CI <sub>50</sub> (mg/mL)	ARP (1/CI <sub>50</sub> ) (mL/mg)
H (1 mg/mL)	91,81 ± 0,07	0,078 ± 0,000	12,756 ± 0,079
F (1 mg/mL)	95,49 ± 0,56	0,254 ± 0,006	3,932 ± 0,085
TF (1 mg/mL)	94,55 ± 0,37	0,047 ± 0,001	21,362 ± 0,411
TG (1 mg/mL)	92,35 ± 0,23	0,063 ± 0,001	15,924 ± 0,172
C (1 mg/mL)	95,88 ± 0,14	0,047 ± 0,001	21,117 ± 0,290
R (1 mg/mL)	96,02 ± 0,07	0,065 ± 0,003	15,382 ± 0,161
Ácido ascórbico (0,176 mg/mL)	96,84 ± 0,01	0,037 ± 0,003	27,178 ± 1,971

Cabe resaltar que todos los extractos presentaron una disminución significativa en la concentración de radicales de DPPH, debido a su capacidad de donar protones y neutralizar así los radicales libres de DPPH, por lo que podrían tomarse en cuenta a estos analitos como fuente de antioxidantes naturales. Por otro lado, de acuerdo con este estudio se puede deducir que la capacidad antioxidante de la especie *P. racemosavar.racemosa* en función del extracto depende de la parte de la planta estudiada.

En los extractos, la capacidad de secuestrar radicales libres se debe en la mayoría de los casos a los compuestos fenólicos, taninos y, especialmente, a los flavonoides presentes en ellos. Los flavonoides son compuestos naturales que presentan un número variable de hidroxilos del tipo fenólico en su estructura los cuales protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes, como los rayos ultravioleta, la contaminación ambiental, sustancias químicas, además de proporcionar propiedades de quelación frente a metales de transición, catalizar el transporte de electrones, y depurar radicales libres y a sus precursores, lo que les proporciona una gran capacidad antioxidante (Arvouet-Grand y col., 1994, Martínez-Flórez y col., 2002, Pérez 2003, Knishinsky 2004).

En la tabla 2 se muestran los valores de ARP y del contenido de fenoles y flavonoides presentes en los extractos H, F, TF, TG, C y R, revelados a través del análisis de la capacidad antioxidante por el método del DPPH, la determinación del contenido de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu y la determinación del contenido de flavonoides totales por el método del AlCl<sub>3</sub>.

Tabla 2. Relación entre el ARP y el contenido de fenoles y flavonoides totales presentes en los extractos de *P. racemosavar.racemosa*

Anali- to	ARP (1/CI <sub>50</sub> ) (mL/mg)	Contenido total de Fenoles (µg EAG/mg extracto seco)	Contenido total de Flavonoides (µg EQ/mg ex- tracto seco)
H	12,756 ± 0,079	394,51 ± 0,10	59,83 ± 0,46
F	3,932 ± 0,085	143,40 ± 0,63	32,57 ± 0,50
TF	21,362 ± 0,411	421,71 ± 0,70	24,66 ± 0,74
TG	15,924 ± 0,172	507,70 ± 0,80	14,27 ± 0,15
C	21,117 ± 0,290	495,33 ± 0,11	12,66 ± 0,32
R	15,382 ± 0,161	370,45 ± 0,38	12,57 ± 0,09

Los resultados observados en la tabla 2, demuestran que los compuestos fenólicos de los extractos evaluados variaron entre (143,40 - 507,70) µg EAG/mg extracto seco, siendo el mayor contenido fenólico identificado en el extracto C, mientras que el menor contenido de fenoles lo presentó el extracto F. En el caso del contenido de flavonoides totales los resultados (Tabla 2) demuestran que en comparación con los compuestos fenólicos sus cantidades en los extractos ensayados son menores, oscilando entre (12,57-59,83) µgEQ/mg extracto seco. El mayor contenido de flavonoides fue identificado en el extracto H, mientras que el menor contenido de flavonoides corresponde al extracto R.

Con la finalidad de establecer la relación entre esta actividad y los componentes responsables de la misma, se realizó la prueba de correlación bivariada de Pearson, aplicada para calcular los coeficientes de correlación lineal entre el contenido total de fenoles y flavonoides de cada muestra, y la actividad antioxidante en términos de ARP (Tabla 2). La correlación se realizó entre el ARP y el contenido de flavonoides presentado como equivalentes de quercetina, debido a que es el flavonoide que mejor reúne los requisitos para ejercer una actividad antioxidante más efectiva (Martínez-Florez y col., 2002).

Al analizar de forma global los resultados de la capacidad antioxidante en términos de ARP en función del contenido de fenoles y flavonoides totales presentes en los extractos orgánicos de *P. racemosavar.racemosa*, a través de la correlación bivariada de Pearson, los resultados arrojaron que no existe una correlación estadísticamente significativa entre la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales de los extractos ( $r = -0,042$ ;  $p > 0,05$ ), sin embargo, existe una correlación moderada e inversamente proporcional entre la capacidad antioxidante y el contenido de flavonoides totales ( $r = -0,599$ ;  $p < 0,05$ ), es decir, de forma moderada a menor cantidad de flavonoides, mayor capacidad antioxidante tendrá el extracto.

Existe la posibilidad que los compuestos fenólicos detectados en los extractos tengan un mecanismo de ac-

ción como antioxidantes diferente al del secuestro de radicales libres o que los compuestos fenólicos individuales tengan interacciones entre sí o con otras sustancias como los carbohidratos o las proteínas que generen un efecto antagónico como antioxidantes, por lo que en el análisis estadístico no se reflejara correlación alguna entre los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de los extractos ensayados.

De acuerdo con la literatura consultada a la fecha para el género *Pimenta*, la actividad antioxidante de extractos se ha reportado solamente para las especies *P. dioica* (Tsai y col., 2007, Choi y col., 2002, Nguyen y col., 2000a, Dearlove y col., 2008, Ramos y col., 2003, Miyajima y col., 2004, Kumar y col., 2010) y *P. pseudocaryophyllus* (Campanini y col., 2010, 2014), obteniéndose muy buenos resultados de actividad antioxidante, ya que, el método de secuestro de radicales libre DPPH, el extracto hidroalcohólico de las partes aéreas de *P. dioica* tuvo una CI<sub>50</sub> de 21 µg/mL, mientras que en el extracto etanólico de las hojas de *P. pseudocaryophyllus* su CI<sub>50</sub> fue de 4,75 µg/mL.

Aunque estos resultados reflejan valores muy por debajo de los obtenidos para los extractos H, F, TF, TG, C y R (CI<sub>50</sub> = 78, 254, 47, 63, 47 y 65 µg/mL, respectivamente) con la *P. racemosavar.racemosa* tachirensis, se debe tomar en cuenta que son especies, partes de planta y solventes de extracción distintos, además estas especies provienen de diferentes latitudes, que podrían influir en la producción de metabolitos secundarios con capacidad antioxidante, así como condiciones disímiles entre las metodologías de DPPH reportadas, con las descritas para esta investigación.

#### 4 Conclusiones

Los extractos evaluados presentaron capacidad secuestrante de radicales libres con valores de CI<sub>50</sub> de 0,047 mg/mL (C y R), 0,063 mg/mL (TG), 0,065 mg/mL (R), 0,078 mg/mL (H) y 0,254 mg/mL (F) mg/mL; siendo los primeros reportes de actividad antioxidante de extractos isopropanólicos de hojas, frutos, tallos, corteza y raíz para *P. racemosavar.racemosa*, además aun cuando estos extractos poseen compuestos fenólicos y flavonoides, demostrados en los ensayos de las reacciones de Folin-Ciocalteu y Tricloruro de aluminio, se determinó que no hay una correlación entre la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales; sin embargo, existe una correlación moderada e inversamente proporcional entre la capacidad antioxidante y el contenido de flavonoides totales. Por otra parte al igual que en el estudio realizado por Rojas y col., (2008) para el extracto acuoso de las hojas de *P. racemosa* donde se reveló su potencial antioxidante, los extractos de la especie *P. racemosavar. racemosa* tachirensis se pueden considerar como potentes antioxidantes y fuentes naturales de conservación para reducir o prevenir pérdidas debido a procesos oxidativos. Por lo que los

resultados obtenidos en esta investigación con los extractos de las diferentes partes de *P. racemosavar. racemosa*, serían otro aporte al género *Pimenta*.

## 5 Agradecimientos

Los autores reconocen y agradecen a la Dra. Lucero Méndez y a la Dra. Patricia Pérez del Laboratorio "C" de Productos Naturales del Instituto de Investigación de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela, por su colaboración durante el desarrollo de las actividades ensayadas.

Los autores también desean expresar su gratitud al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA) de la Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela, por su apoyo económico bajo el proyecto I-1466-15-08-Ed y el proyecto I-1485-17-08-AA.

## Referencias

Alitonou GA, Noudogbessi JP, Sessou P, Tonouhewa A, Avlessi F, Menut C, Sohounhloue DC, 2012, Chemical composition and biological activities of essential oils of *Pimentaracemosa* (Mill.) JW Moore. From Benin, *Int J Biosci.*, Vol. 2, pp. 1-12.

Aristeguieta L, 1973, Familias y Géneros de los Árboles de Venezuela. Instituto Botánico de Venezuela, Dirección de Recursos Naturales Renovables. Ministerio de agricultura y Cría. Ed. Instituto Botánico. Caracas, Venezuela. pp. 549.

Arvouet-Grand A, Vennat B, Pourrat A, Legret P, 1994, Standardisation d'un extrait de propolis et identification des principaux constituants. *Journal de pharmacie de Belgique*, Vol. 49, pp. 462-468.

Aurore GS, Abaul J, Bourgeois P, Luc J, 1998, Antibacterial and antifungal activities of the essential oils of *Pimentaracemosa* var. *racemosa* P. Miller (JW Moore) (Myrtaceae), *J Essent Oil Res.*, Vol. 10, No. 2, pp. 161-164.

Bafna A, Mishra S, 2005, In vitro antioxidant activity of methanol extract of rhizomes of *Curculigoorchioides* Gaertn, *Ars Pharmaceutica.*, Vol. 46, No. 2, pp. 125-138.

Cáceres A, Menéndez H, Méndez E, Cohobón E, Samayoa BE, Jauregui E, Peralta E, Carrillo G, 1995, Antigonorrhoeal activity of plants used in Guatemala for the treatment of sexually transmitted diseases, *J. Ethnopharmacol.*, Vol. 48, No. 2, pp. 85-88.

Campanini MZ, Custódio DL, Ivan AL, Martins SM, Paranzini MJ, Martínez RM, ... Georgetti SR, 2014, Topical Formulations Containing *Pimentapseudocaryophyllus* Extract: In Vitro Antioxidant Activity and In Vivo Efficacy Against UV-B-Induced Oxidative Stress. *AAPS PharmSciTech*, Vol. 15, No. 1, pp. 86-95.

Campanini MZ, Radigonda-Paranzini MJ, Casagrande

R, Baracat MM, Faria TJ, Georgetti SR, 2010, Avaliação da atividade antioxidante pela inibição da peroxidação lipídica independente de Fe<sup>+2</sup> do extrato etanólico de *Pimenta Pseudocaryophyllus*. *Anais do XIX Encontro Anual de Iniciação Científica, UNICENTRO, Guarapuava-PR.* [anais.unicentro.br/xixeaic/pdf/2319.pdf](http://anais.unicentro.br/xixeaic/pdf/2319.pdf)

Carhuapoma M, Bonilla P, 2007, Composición química, actividad anti-*Helicobacter pylori* y antioxidante del aceite esencial de *Satureja brevicalyx* Epling" urqu muña. Trabajo de grado para optar al título de Doctor en Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú, pp. 9.

Choi HR, Choi JS, Han YN, Bae SJ, Chung HY, 2002, Peroxynitrite scavenging activity of herb extracts. *Phytotherapy research*, Vol. 16, No. 4, pp. 364-367.

Contreras-Moreno B, Rojas J, Celis MT, Rojas L, Méndez L, Landrum L, 2014a, Componentes volátiles de las hojas de *Pimenta racemosavar. racemosa* (Mill.) JW Moore (Myrtaceae) de Táchira-Venezuela, *Blacpma*, Vol. 13, No. 3, pp. 305-310.

Contreras-Moreno BZ, Rojas-V J, Méndez L, Celis MT, 2014b, Preliminary phytochemical screening of *Pimenta racemosavar. racemosa* (Myrtaceae) from Táchira - Venezuela, *Pharmacologyonline*, Vol. 2, pp. 252 - 259.

Contreras-Moreno BZ, Velasco JJ, Rojas JDC, Mendez LDC, Celis MT, 2016, Antimicrobial activity of essential oil of *Pimenta racemosavar. racemosa* (Myrtaceae) leaves. *JPPRes*, Vol. 4, No 6, pp. 224-230.

Dearlove RP, Greenspan P, Hartie DK, Swanson RB, Hargrove JL, 2008, Inhibition of protein glycation by extracts of culinary herbs and spices. *Journal of medicinal food*, Vol. 11, No. 2, pp. 275-281.

Dupont G, Dulou R, Clément M, Martínez M, 1954, Mémoires présentés à la société chimique: Études de l'huile essentielle de Bay de Porto-Rico. *Bull Soc-ChimFr*, Vol. 227, pp. 1082 - 1084.

Goupy P, Hugues M, Boivin P, Amiot M, 1999, Antioxidant composition and activity of barley (*Hordeum vulgare*) and malt extracts and of isolated phenolic compounds, *J. Sci. Food Agric.*, 1999, Vol. 79, No 12, pp. 1625-1634.

Hokche O, Berry PE, Huber O, (Eds.), 2008, Nuevo Catálogo de la Flora Vascular de Venezuela. Ed. Fundación Instituto Botánico de Venezuela Dr. Tobías Lasser, Caracas Venezuela, pp. 524.

Jirovetz L, Buchbauer G, Stoilova I, Krastanov A, Stoyanova A, Schmidt E, 2007, Spice plants: Chemical composition and antioxidant properties of *Pimenta* Lindl. essential oils, part 2: *Pimentaracemosa* (Mill.) JW Moore leaf oil from Jamaica. *Ernaehrung Nut*, Vol. 31, No. 7/8, pp. 293-300.

Junheon K, Yeon-Suk L, Sang-Gil L, Sang-Chul S, Il-Kwon P, 2008, Fumigant antifungal activity of plant essential oils and components from West Indian bay (*Pimentaracemosa*) and thyme (*Thymus vulgaris*) oils against two phytopathogenic fungi, *FlavourFragr J.*, Vol.

23, pp. 272 – 277.

Kekuda TR, Vinayaka KS, Swathi D, Suchit Y, Venugopal TM, Mallikarjun N, 2011, Mineral composition, total phenol content and antioxidant activity of a macrolichen *Everniastrum cirrhatum* (Fr.) Hale (Parmeliaceae). *J. Chem.*, Vol. 8, No. 4, pp. 1886-1894.

Knishinsky R, 2004, Prickly Pear Cactus Medicine: Treatments for Diabetes, Cholesterol, and the Immune System. (Pp. 10). Estados Unidos. InnerTraditions/Bear & Co. (Consultado el 20 de enero de 2015). Disponible en

<http://books.google.co.ve/books?id=SY8uQRytW98C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Kumar BH, Badarudin ANJUM, Jose A, 2010, DPPH Radical scavenging activity and antibacterial activity of *Pimentadiaoica* (L.) Merr, *Oriental Journal of Chemistry*, Vol. 26, No 4, pp. 1501- 1505.

Lans C, Turner N, Brauer G, Lourenco G, Georges K, 2006, Ethnoveterinary medicines used for horses in Trinidad and in British Columbia, Canada. *J. Ethnobiol. Ethnomed.*, Vol. 2, No. 1/31, pp. 1-20.

Leyva M, Tacoronte JE, Marquetti MDC, 2007, Composición química y efecto letal del aceite esencial de *Pimentaracemosa* (Myrtales: Myrtaceae) sobre *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae), *Rev Cubana Med Tropical.*, Vol. 59, No. 2, pp. 154-158.

Martínez-Flórez S, González-Gallego J, Culebras JM, Tuñón J, 2002, Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*, Vol. 17, No. 6, pp. 271-278.

Marxen K, Heinrich V, Lippemeier S, Hintze R, Ruser A, Hansen U, 2007, Determination of dpph radical oxidation caused by methanolic extracts of some microalgal species by linear regression analysis of spectrophotometric measurements, *Sensors*, Vol. 7, pp.2080-2095.

Miyajima Y, Kikuzaki H, Hisamoto M, Nakatani N, 2004, Antioxidative polyphenols from berries of *Pimentadiaoica*. *Biofactors*, Vol. 22, No. 1-4, pp. 301-303.

Nguyen DV, Takácsová M, Dang MN, Kristiánová K, 2000, Stabilization of rapeseed oil with allspice, clove and nutmeg extracts. *Food/Nahrung*, Vol. 44, No. 4, pp. 281-282.

Ogundajo A, Owolabi, MS, Oladosu IA, Ogunwande IA, Flamini G, Yusuff KO, 2011, Volatile Constituents and Potatoes Tuber Sprout Suppressant Activity of *Pimentaracemosa* (Mill) J.W. Moore, *African J Basic Appl Sci.*, Vol. 3, No. 3, pp. 92-97.

Pérez G, 2003, Los flavonoides: antioxidantes y prooxidantes, *Rev Cubana Invest Biomed*, Vol. 22, No. 1, pp. 48-57.

Plantnames 2014. Fecha de consulta: 18 Enero 2014. <http://www.plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Pimenta.html#racemosa>

Perico L, 2011, Antioxidantes de los líquenes *Stereocaulon strictum* (Stereocaulaceae) y *Lobariella pallida* (Lobariaceae) y determinación de su potencial citotoxicidad.

Trabajo de grado para optar al título de Doctora en Ciencias Farmacéuticas, Universidad Nacional de Colombia. Pp. 52-57.

Plaza CM, Díaz L, Lücking RK, Vizcayaa M, Medina GE, 2014, Antioxidant activity, total phenols and flavonoids of lichens from Venezuelan Andes, *JPPRes*, Vol. 2, No. 5, pp. 138-147.

Ramos A, Visozo A, Piloto J, Garcia A, Rodríguez CA, Rivero R, 2003, Screening of antimutagenicity via antioxidant activity in Cuban medicinal plants. *Journal of ethnopharmacology*, Vol. 87, No. 2, pp. 241-246.

Rojas JE, Fernández N, Martínez G, 2008, Efectos antioxidantes de una mezcla de principios activos de origen natural con actividad potencial en el tratamiento del vitíligo. *Sociedad Iberoamericana de Información Científica*. Extraído de: <http://www.siicsalud.com/UTH> (ISSN 1667-9008). Argentina, en prensa. (Consultado el 15 de Enero de 2013).

Shukla S, Mehta A, 2017, Antioxidant, Total Phenolics and Total Flavonoid Content of the Aqueous Extract of *Caesalpinia bonducella* Seeds. *Chiang Mai J of Sci*, Vol. 44, No. 3, pp. 929-938.

Stanly C, Ali DM, Keng CL, Boey P, Bhatt A, 2011, Comparative evaluation of antioxidant activity and total phenolic content of selected lichen species from Malaysia. *J. Pharm. Res.*, Vol. 4, No. 8, pp. 2824-2827.

Tajkarimi MM, Ibrahim SA, Cliver DO, 2010, Antimicrobial herb and spice compounds in food, *Food Control*, Vol. 21, No. 9, pp. 1199-1218.

Taxon-*Pimenta racemosa*, 2014, <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?28393>. Fecha de consulta: 18 Enero 2014.

Tropicos 2016. Fecha de consulta: 30 Septiembre 2016. <http://www.tropicos.org/Name/22101788>.

Tsai PJ, Tsai TH, Yu CH, Ho SC, 2007, Evaluation of NO-suppressing activity of several Mediterranean culinary spices. *Food and chemical Toxicology*, Vol. 45 No. 3, pp. 440-447.

Weiss EA, 2002, *Spice Crops*. Ed. CABI Publishing. New York, USA. pp. 131-132.

Yousif F, Hifnawy MS, Soliman G, Boulos L, Labib T, Mahmoud S, Ramzy F, Yousif M, Hassan I, Mahmoud K, El-Hallouty SM, El-Gendy M, Gohar L, El-Manawaty M, Fayyad W, El-Menshawi BS, 2007, Large-scale in Vitro. Screening of Egyptian Native and Cultivated Plants for Schistosomicidal Activity, *Pharm. Biol.*, Vol. 45, No. 6, pp. 501-510.

**Contreras-Moreno, Billmary:** *Ingeniero Químico, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela-2009; Doctorado en Química de Medicamentos, ULA, Mérida, Venezuela-2016. Plan II, Facultad de Ingeniería ULA. Líneas de investigación: productos naturales, alimentos, polímeros y emulsiones.*



**Díaz, Lorena Esmeralda:** Farmacéutica, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela-1985; Magister of Science en Química de Medicamentos, ULA-1999; Doctorado en Química de Medicamentos en cotutela entre la Universidad de Los Andes - Venezuela y la Universidad de Montpellier I - Francia 2011; Profesora Jubilada de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Líneas de investigación: productos naturales y biotecnológicos. Correo electrónico: [loredivi@yahoo.com](mailto:loredivi@yahoo.com)

**Celis, María- Teresa:** Ingeniero Químico Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela-1981; Master en Ingeniería Química, 1997, University of South Florida (USF), USA; Ph.D. en Ingeniería Química 2000, USF, USA; Post. Doc. (Water-based, Natural Polymer-Surfactants Implications for Deep-water Horizon Oil Spill Dispersions and Cleanup Operations), 2012, USF, USA; Directora Laboratorio de Polímeros y Coloides, Facultad de Ingeniería (ULA); Profesora Titular, Facultad de Ingeniería ULA. Investigadora y experta en el área de polímeros, emulsiones y caracterización de sistemas dispersos usando espectroscopia. Correo electrónico: [celismt@ula.ve](mailto:celismt@ula.ve)

**Rojas, Janne:** Farmacéutica, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela-1990; Magister of Science en Química de Medicamentos, ULA-1995; Ph.D. en Farmacia, University of Portsmouth, England, 2002; Profesora Jubilada de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes. Investigadora y experta en el área de productos naturales. Correo electrónico: [janer@ula.ve](mailto:janer@ula.ve)

**Rodríguez-Castillo, Gabriela:** Profesora de Química Orgánica de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Lcda en Química y Dra. en Química de Medicamentos, Líneas de investigación: productos naturales, elucidación de estructuras orgánicas y actividades biológicas. Correo electrónico: [gabrielarodriguezcastillo@gmail.com](mailto:gabrielarodriguezcastillo@gmail.com)

**Plaza, Claudia:** Profesora de Biotecnología de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes. Dra. en Química de Medicamentos, Líneas de investigación: biotecnología y actividades biológicas. Correo electrónico: [claudiampz@gmail.com](mailto:claudiampz@gmail.com)

**Alarcón, Libia:** Profesora Agregado del Departamento de Biología y Química, en el Núcleo Universitario Rafael Rangel, de la Universidad de los Andes. Farmacéutico. MSc. en Química Aplicada, Mención Química Orgánica. Líneas de investigación: productos naturales, elucidación de estructuras orgánicas y actividades biológicas. Correo electrónico: [libia\\_alarcon@yahoo.es](mailto:libia_alarcon@yahoo.es)

**Rosenzweig Levy, Patricia:** Licenciada en Física, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Mérida, Venezuela. 1982; Magister of Science, The University of Toledo, Department of Physics y Astronomy, Toledo, Ohio, USA. 1987; Philosophical Doctor in Physics (PhD), The University of Toledo, Department of Physics y Astronomy, Toledo, Ohio, USA. 2010 hasta el 2017: Miembro del Comité Científico Internacional de REDALYC. Profesora Titular del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Experta en el área de espectroscopia. Correo electrónico: [patricia@ula.ve](mailto:patricia@ula.ve)

## Capítulo 5

# Estudio del pasaje transdérmico del ácido hialurónico sobre membranas sintéticas

**Bullón, Johnny<sup>1\*</sup>; Gallo, Ann Loc Génesis<sup>1</sup>; Forgiarini, Ana Maria<sup>1</sup>; Celis, María –Teresa<sup>1,2</sup>;  
Cordero, Atilio<sup>3</sup>; Goncalves, Edith<sup>4</sup>**

1 Laboratorio de Formulación, Interfases, Reología y Procesos (FIRP) Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería.

2 Laboratorio de Polímeros y Coloides (Polycol). Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería.

3 Cátedra de Dermocosmética. Laboratorio de Dermocosmetología. Departamento de Farmacia Galénica.

Facultad de Farmacia y Bioanálisis

4 Cátedra de Farmacología. Laboratorio de Farmacología. Departamento de Toxicología. Facultad de Farmacia y Bioanálisis.

Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela

[\\*jbullon@ula.ve](mailto:*jbullon@ula.ve)

### Resumen

*Se realizó el estudio del pasaje transdérmico del ácido hialurónico (HA) sobre membranas sintéticas Strat-M® fabricadas por la empresa Millipore. Las pruebas se realizaron sobre un conjunto de 9 celdas de Franz, utilizando como agente receptor una solución salina de buffer de fosfato de sodio y potasio. Las presentaciones del HA estudiadas fueron: una solución acuosa al 0,7 % m/v de HA, un gel comercial (JustColange) y una nanoemulsión (crema) y un gel con 0,7 % del ácido formulada por el Laboratorio de Formulación, Interfases, Reología y Procesos (FIRP) de la Universidad de Los Andes, Venezuela. Las pruebas mostraron que ocurrió un mayor pasaje a través de la membrana para la nanoemulsión al 0,7 %, seguido por el gel formulado en el laboratorio y por último la solución al 0,7 % del HA. No se observó el paso para el gel comercial.*

ISBN: 978-980-11-1858-9



9 789801 118589

## 1 Introducción

La Piel es el órgano más extenso del cuerpo humano, constituye una autentica interfase con el medio ambiente, es además una diana muy importante en la administración de productos por vía tópica (Vázquez 2008), ya sean cosméticos para aportarle a la piel, brillo, lucidez, maquillaje, los dermocosméticos para tratar afecciones cutáneas como la deshidratación, trastornos de la pigmentación, problemas de textura y laxitud o los medicamentos en el caso de patologías. Sin embargo, no todo lo que se aplica en la piel va a ser absorbido, pues la piel actúa como membrana selectiva que permite el paso de moléculas con determinadas características fisicoquímicas. (Shah 2014).

A lo largo del tiempo, los seres humanos han buscado ralentizar o atenuar los efectos del envejecimiento cutáneo a través de moléculas que incidan en la fisiología de la piel, mejorando su estructura. La utilización del ácido hialurónico (HA), es un ejemplo típico, descubierto a principio de la década de los años 30 del siglo pasado, es un polisacárido constituido por unidades de ácido D-glucurónico y de N-acetilglucosamina, de alto peso molecular (Selyanin y col., 2015). El HA es ampliamente utilizado en productos antiedad ya que forma parte de la matriz extracelular de la dermis, capa media de la piel donde se encuentra el mayor reservorio de agua de la estructura cutánea y por ende donde van a estar determinadas las propiedades de elasticidad, soporte y sostén, claves para el mantenimiento de una piel saludable (Masson 2010).

En el mercado de productos de cuidado de la piel se pueden encontrar numerosas formulaciones que contienen AH como principio activo. Sin embargo, su efectividad puede, en algunos casos no ser tan significativa o nula en relación con lo que reportan, al tratarse de una molécula de alto peso molecular con una serie de características, su paso a través de las dis-

tintas capas de la piel puede que no sea fácil, pudiendo sólo ejercer un efecto en la superficie cutánea lejos de una verdadera acción. Por tal motivo, ha surgido la necesidad de evaluar, a través de estudios in vitro el pasaje transdérmico del ácido hialurónico.

El AH se ha estudiado para elaborar formulaciones que puedan vehicular principios activos con fines farmacéuticos y cosméticos (Yang y col., 2012). En unas de estas pruebas se utilizaron piel de ratones para el pasaje transdérmico y se vehiculó el AH en forma de nanoemulsión, con formulación no apta para seres humanos. En otros estudios se reporta el uso del AH como vehículos para otros principios activos, pues facilita el pasaje a través de la piel, porque permite la hidratación de esta, facilitando la penetración y retención de los principios activos (Brown 2005).

Las celdas de Franz son un dispositivo diseñado para el estudio del pasaje transdérmicos de principios activos y se han convertido en uno de los métodos más importantes para la investigación de la administración transdérmica de fármacos. Este tipo de pruebas realizados sobre piel de animales como el cochino o ratas, a menudo arrojan resultados con una mala reproducibilidad. Esta variabilidad se ha reducido o eliminado cuando se utilizan membranas sintéticas (Shiow-FernNg y col., 2010). Recientemente han salido al mercado las membranas Strat-M<sup>®</sup> de la empresa Merck-Millipore, para el estudio de la difusión a través de la piel. Al igual que la piel humana, la membrana Strat-M<sup>®</sup> tiene múltiples capas con variada difusividad. Las membranas están diseñadas con dos capas de polietersulfona (PES, más resistentes a la difusión) y en la parte superior una capa de poliolefina. Estas capas poliméricas crean una estructura porosa que genera un gradiente a través de la membrana en términos de tamaño de poro y difusividad. La estructura porosa ha sido impregnada con una mezcla patentada de lípidos sintéticos, que le

imparten propiedades adicionales a la membrana sintética similares a la piel humana (Millipore 2016).

En el presente trabajo se llevó a cabo el estudio del pasaje del ácido hialurónico a través de las celdas de difusión de Franz, utilizando membranas Strat-M®, las cuales simulan la estructura cutánea humana. Para ello se utilizaron una solución al 0,7 % del ácido hialurónico puro, una presentación de un gel comercial y una crema (nanoemulsión) y un gelformulados en nuestro laboratorio.

## 2 Procedimiento Experimental

### 2.1 Celda de Franz

Las celdas de Franz (Fig 1) son dispositivos que se utilizan para realizar los ensayos cinéticos de permeación in vitro. Consta de un compartimiento superior (dador), donde se coloca el sistema en estudio (vehículo con el principio activo) y un compartimiento inferior (receptor) con un líquido, en este caso Buffer salino a pH 7,4 ya que es muy semejante a la del líquido extracelular de los mamíferos. Entre los dos compartimientos se coloca la membrana Strat-M® (Fig 2).

El compartimiento inferior tiene un volumen de 10 mL y posee un brazo de muestreo lateral, por donde se toman alícuotas para analizar la concentración acumulada de los activos que han atravesado la membrana. La celda posee una camisa externa que puede conectarse a un baño termostático con recirculación, de manera de asegurar una temperatura constante durante los ensayos de liberación. Las celdas se mantuvieron a  $(37 \pm 0,5)$  °C en todos los experimentos, debido a que esta temperatura es la aceptada generalmente como la temperatura media de la superficie cutánea.

Es necesario mantener un contacto total entre las presentaciones del ácido hialurónico a estudiar, la membrana y la solución contenida en el compartimiento receptor, de manera que el área de transferencia a través de la cual ocu-

rrer la permeación sea constante. Es por ello que se ensamblaron 9 celdas dispuestas en serie con agitación con una Plancha magnética IKA-WERKE, de 10 puntos de agitación.

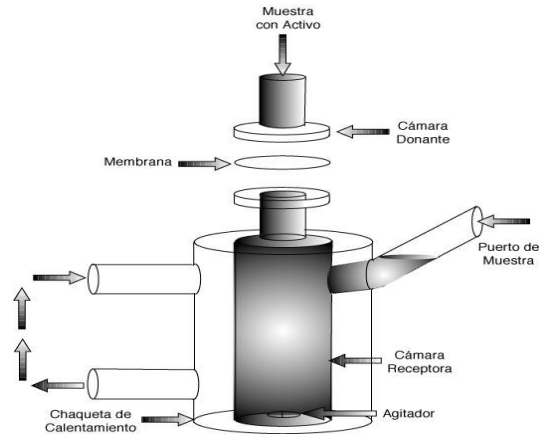


Fig. 1. Celda de difusión de Franz

La disposición de las 9 celdas en serie permite, realizar el estudio del pasaje transdérmico para diferentes períodos de tiempo. Para este estudio se fijó el tiempo de muestreo para una hora, pues se ha determinado que el HA alcanza el máximo pasaje para una hora de contacto con las membranas.



Fig 2. Membranas Strat-M® (Merck-Millipore).

### 2.2 Acido hialurónico

Para este estudio se evaluarón varias formas farmacéuticas del HA. Una solución de AH al 0,7% (p/v) de Dekaron M 1% (solución al 1% de hialuronato de sodio) de JamDekker International. IMCD Benelux B.R. Holand.

El gel comercial de AH, JustColange es de la empresa Americana de Importación, Mérida, Venezuela.

También fue utilizada una nanoemulsión al 0,7 % p/v de AH. La crema fue preparada en el Laboratorio FIRP-ULA y es una nanoemulsión de aceite en agua (O/W) a una relación de 20/80, obtenida por el método de baja energía (Forgiarini y col, 2001). La nanoemulsión tiene la siguiente composición: Parafina 15 %, mezcla de surfactantes no iónicos 5 %, agua 70,3%, ácido hialurónico 0,7 % y Carbopol 0,1%, todos porcentajes en p/v. De igual forma se utilizó un gel elaborado en el laboratorio FIRP con carbopol 934 al 0,3% como agente gelificante, ácido hialurónico al 0,7%, mezcla de conservadores al 0,2% y como codisolvente de los mismos un polialcohol al 1%.

Para la determinación de la concentración del ácido hialurónico se utilizó un espectrofotómetro Shimadzu UV-Vis 1240  $\pm$  0.001A de precisión. Las determinaciones se realizaron a una longitud de onda de 256 nm.

### 2.3 *Bufer salino:*

Se pesan 1,5125g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  y 2,0875g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (100% de pureza, Riedel-Haën). Se añaden las sales en un balón aforado de 250ml, se agregan el 80% del volumen de agua destilada requerido mezclando continuamente.

## 3 Discusión y Resultados

En la fig 3 se observa el pasaje del AH en los cuatro vehículos formulados. Solución acuosa de ácido hialurónico al 0,7 % m/v, un gel comercial, un gel preparado en el laboratorio y una nanoemulsión con 0,7 % del ácido.

El mayor pasaje se obtiene para la crema (nanoemulsión), en segundo lugar para el gel elaborado en el laboratorio, luego la solución acuosa al 0,7 % m/v, y por último el gel comercial.

El gel comercial no difunde a través de la membrana. Es probable que su formulación sea para permanecer en la superficie como agente filmógeno, que evita la evaporación de la humedad de la piel.

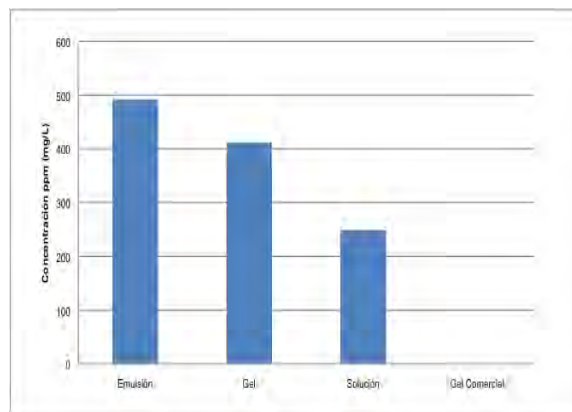


Fig. 3. Resultados del pasaje transdérmico sobre la membrana Strat-M® para las muestras de solución de AH 0,7%, del gel comercial, gel formulado en el laboratorio y de una nanoemulsión de AH al 0,7% formulada por el Laboratorio FIRP.

Las experiencias fueron realizadas por triplicado. Los resultados indican que este tipo de membranas tienen una buena reproducibilidad, por lo que no se presenta la incertidumbre en las pruebas cuando se utiliza la piel de animales.

Los resultados obtenidos evidencian que la formulación del vehículo en el cual se disuelve el principio activo tiene una fuerte incidencia en el pasaje transdérmico.

## 4 Conclusiones

Los estudios in vitro del pasaje transdérmico, utilizando las membranas Strat-M® bajo condiciones controladas, representan una alternativa útil, con resultados reproducibles.

El mayor pasaje del ácido hialurónico a través de las membranas sintéticas se obtuvo con la emulsión al 0,7 % p/v del AH, seguido del gel formulado en el laboratorio, luego la solución acuosa al 0,7 %. El gel comercial no facilitó el pasaje.

Estos resultados muestran que el pasaje del ácido hialurónico está influenciado por el vehículo.

## Referencias

Conejo-Mir Vázquez L, Narváez Moreno B, Conejo-Mir Sánchez J, 2008, La Capa Córnea: mucho más que una barrera inerte. Implicaciones en tratamientos cosméticos. *Piel*, 26 (8), 412-419.

Shah VP, Maibach HI, Jenner J, 2014, *Topical Drug Bioavailability, Bioequivalence and Penetration*. Springer. New York.

Selyanin MA, Boykov PY, Khabarov VN, 2015, *Hyaluronic Acid. Preparation, Properties, Applications in Biology and Medicine*. John Wiley & Sons, Ltd. United Kingdom.

Masson F, 2010, *Acide hyaluronique et hydratation cutanée*. *Annales de Dermatologie et de Vénérologie* - Vol. 137 - N° S1 - p. 23-25

Jeong-A Yang, Eung-Sam Kim, Jung Hee Kwon, Hyemin Kim, JiHye Shin, Seok Hyun Yun, Kwan Yong Choi, SeiKwang Hahn, 2012, *Transdermal delivery of hyaluronic acid e Human growth hormone conjugate*. *Biomaterials*, 33

Brown MB, Jones SA, 2005, *Hyaluronic acid: a unique topical vehicle for the localized delivery of drugs to the skin*. *JEADV* 19, 308–318.

Shiow-Fern Ng, Rouse JJ, Sanderson Meidan FV, Eccleston, GM, 2010, *Validation of a Static Franz Diffusion Cell System for In Vitro Permeation Studies*. *AAPS PharmSciTech*, Vol. 11, No. 3.

Merk Millipore, 2016, *Experience the Unmatched Predictability of Strat-M™ Membrane*. [www.merckmillipore.com](http://www.merckmillipore.com). [Visitado el 12/05/2016]

Forgiarini A, Esquena J, Gonzalez C, Solans S, 2001, *Formation of Nano-emulsions by Low-Energy Emulsification Methods at Constant Temperature*. *Langmuir*, 17 2076–2083.

**Bullón, Johnny:** *Profesor titular de la Escuela de Ingeniería Química de la ULA. Director del*

*Laboratorio FIRP. Doctorado en Procesos de Separación.*

**Gallo, Ann.:** *Ingeniero Químico egresada de la ULA. Tesista del Lab FIRP-ULA. Correo electrónico: annlocgm@gmail.com*

**Forgiarini Ana:** *es Ingeniero Químico con M.Sc en Ingeniería Química en la Universidad de Los Andes (Mérida-Venezuela). Recibió su Ph.D. de la Universidad de Barcelona (España) y permaneció durante un año como investigador postdoctoral en la Universidad de Carolina del Norte (EE.UU). Es actualmente Director adjunto del Laboratorio FIRP, y jefe del grupo de investigación y desarrollo de micro y nanoemulsiones, particularmente con aplicaciones en producción de petróleo. Correo electrónico: anafor@ula.ve*

**Cordero, Atilio:** *Profesor Instructor del Departamento de Galénica, Cátedra de Dermocosmética de la Facultad de Farmacia ULA. Correo electrónico: atilio@ula.ve*

**Goncalves, Edith:** *Profesora Asistente del Departamento de Farmacología, Facultad de Farmacia ULA. MSc. Correo electrónico: edith\_goncalves@yahoo.es*

**Celis, María-Teresa:** *Ingeniero Químico Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela-1981; Master en Ingeniería Química, 1997, University of South Florida (USF), USA; Ph.D. en Ingeniería Química 2000, USF, USA; Post. Doc. (Water-based, Natural Polymer Surfactants: Implications for Deep-water Horizon Oil Spill Dispersions and Cleanup Operations), 2012, USF, USA; Directora Laboratorio de Polímeros y Coloides, Facultad de Ingeniería (ULA); Profesora Titular, Facultad de Ingeniería ULA. Investigadora y experta en el área de polímeros, emulsiones y caracterización de sistemas dispersos usando espectroscopia. Correo electrónico: celismt@ula.ve.*

## Capítulo 6

## Evaluación del comportamiento hidráulico de la planta potabilizadora las mesas mediante ensayo de trazadores

Vivas, Marisabel<sup>1\*</sup>; López, Salomón<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Investigación en Ciencias Básicas e Ingeniería (LICBI) – Universidad Nacional Experimental del Táchira.

<sup>2</sup> M.Sc. Recursos Hidráulicos CIDIAT. Profesor Postgrado Universidad Nacional Experimental del Táchira

[mvivasm@unet.edu.ve](mailto:mvivasm@unet.edu.ve)

### Resumen

*Las condiciones de flujo no ideal en una planta potabilizadora afectan su eficiencia debido a la aparición de cortos circuitos, zonas muertas y recirculación interna por corrientes cinéticas y/o de densidad. En este estudio se realizó la evaluación hidráulica mediante ensayo de trazadores en las unidades de tratamiento principales de la planta potabilizadora de Las Mesas: filtro grueso de flujo ascendente (FGFA), floculador de tabiques de flujo horizontal (FTFH) y sedimentador convencional (SC). El procedimiento empleó cloruro de sodio comercial mediante dosificación instantánea para diferentes caudales de operación: 11,21 L/s, 17,94 L/s y 23,5 L/s. Para evaluar las características hidráulicas de cada unidad se construyeron curvas de conductividad en función del tiempo, y se analizaron mediante dos métodos, el modelo matemático de Wolf y Resnick y el análisis de curva de tendencia; adicionalmente se realizó el ensayo en distintas zonas de cada equipo para conocer si existían preferencias de flujo. Este análisis permitió determinar que el FGFA posee un funcionamiento hidráulico aceptable con tiempo de retención cercano al de diseño, similares porcentajes de flujo mezclado y pistón, sin presencia importante de zonas muertas o cortocircuitos, ni preferencias de flujo y buena distribución a través del medio filtrante. El FTFH presenta porcentajes de flujo pistón mayores a 90%, sin presencia de zonas muertas ni cortocircuitos, limitando el caudal a tratarse a 23,5 L/s, lo que se corresponde con el caudal de diseño de 20 L/s. Los mayores problemas hidráulicos los muestra el SC por sus tiempos de retención menores a los teóricos, altos porcentajes de flujo mezclado, presencia de cortocircuitos y altas velocidades que limitan el proceso de sedimentación por arrastre de flóculos y partículas finas a las unidades subsiguientes.*

## 1 Introducción

La población de Las Mesas, capital del municipio Antonio Rómulo Costa (A.R.C), ubicada en la zona centro-norte del estado Táchira, posee un suministro de agua desde dos fuentes superficiales: el río Angaraveca y la quebrada La Guayaba. Para mejorar el servicio, la Alcaldía realizó un diagnóstico del sistema de abastecimiento (CIMA C.A., 2009), determinándose la necesidad de construir una planta de potabilización, cuya primera etapa fue puesta en marcha en diciembre de 2012 para procesar un caudal de 20 L/s.

El diseño básico de la planta incluye cuatro procesos de tratamiento: filtración gruesa o pre-filtración, floculación, sedimentación y filtración a presión. Los primeros tres procesos se realizan en las siguientes estructuras hidráulicas: filtro grueso de flujo ascendente (FGFA), floculador de tabiques de flujo horizontal (FTFH) y sedimentador convencional (SC), respectivamente; la filtración a presión se hace mediante un filtro automático (SAF); finalmente se realiza una etapa de desinfección.

Esta planta se encuentra en funcionamiento desde hace 3 años sin ser evaluada, además no se cuenta con información de sistemas similares en zonas cercanas ya que el diseño construido en Las Mesas fue desarrollado de forma específica para la alcaldía del municipio, quien se encargó directamente de la construcción, operación y administración de la planta. La investigación hizo énfasis en el funcionamiento hidráulico de las unidades principales, el cual está íntimamente ligado a la eficiencia de los procesos físico-químicos que allí se realizan ya que garantiza la adecuada mezcla de los agentes floculantes y oxidantes así como tiempos eficientes de retención y contacto de estos con el agua, realizando la evaluación del comportamiento hidráulico de tres unidades tratamiento (FGFA, FTFH y SC) mediante ensayo de trazadores, lo cual permitió estimar los porcentajes de flujo pistón y mezclado, zonas muertas y cortocircuitos, además de estimar los tiempos reales de retención de las mismas.

## 2 Marco Teórico

Muchas plantas de tratamiento de agua no tienen la eficiencia esperada por deficiencias hidráulicas que ocasionan determinadas características de flujo en la unidad y que afectan los periodos de retención del agua. Estas situaciones tienen su origen en problemas de diseño o en prácticas inadecuadas de operación. Las pruebas con trazadores son útiles para conocer el comportamiento hidráulico de los mezcladores, floculadores y sedimentadores (Arboleda 2000) y en la actualidad se utilizan principalmente para determinar los tiempos reales de retención, proporción de flujo pistón y flujo mezclado, espacios muertos y cortocircuitos hidráulicos en unida-

des de tratamiento como mezcladores rápidos, floculadores, sedimentadores. La prueba consiste en agregar la sustancia trazador, de concentración conocida, en el afluente del tanque que se quiere analizar y determinar a la salida la forma como dicha concentración se distribuye a través del tiempo (CEPIS/OPS, 2005).

La adición del trazador al equipo puede realizarse de dos formas: (a) instantánea o (b) continua. En el caso (a) se aplica una concentración inicial ( $C_0$ ) a la entrada del equipo en un tiempo muy corto (inferior a  $1/30$  del tiempo de retención teórico); y en el caso (b) se aplica la concentración  $C_0$  continuamente por un tiempo no menor a tres veces el periodo de retención nominal y luego se interrumpe bruscamente la dosificación.

El trazador debe presentar concentraciones constantes o muy bajas en la fuente y no reaccionar con los compuestos existentes en el agua, por lo que es común utilizar como sustancia trazadora el ion cloruro obtenido de la aplicación del cloruro de sodio, de fácil obtención y bajo costo, cuya determinación a la salida del reactor es rápida y fácilmente medida a través de la conductividad (CEPIS/OPS, 2005). El análisis de los datos obtenidos puede realizarse por el Modelo matemático desarrollado por Wolf y Resnick y el Análisis de Curva de Tendencia.

Este tipo de ensayos es ampliamente utilizado en la evaluación de unidades en plantas de tratamiento debido a su fácil aplicación, bajo costo y resultados satisfactorios. Mejía (2011) compara 3 unidades de filtros gruesos ascendentes (FGA) ubicadas en Santiago de Cali (Colombia) y muestra que su eficiencia se afecta debido a la presencia de cortos circuitos, zonas muertas y recirculación interna por corrientes cinéticas y/o de densidad. Además, al analizar 2 caudales mostró que los FGA presentan un flujo dual (pistón y mezcla completa) con presencia de zonas muertas, e incremento de la fracción de flujo a pistón al operar a un caudal menor al de diseño, con caminos preferenciales del agua por las paredes. También, Cabrera y Chouiro (2012) evaluaron el funcionamiento de la planta potabilizadora Pie de Cerro (La Victoria- Aragua) empleando ensayos de trazadores en desarenadores, unidades de mezcla y sedimentación, resultando que el comportamiento hidráulico de los desarenadores tiende a flujo pistón sin presencia de espacios muertos y en la unidad de mezcla rápida la combinación de efecto tubería-cilindro provee una mezcla adecuada del coagulante. Con base en el análisis de los parámetros de diseño y del comportamiento hidráulico del sedimentador, el caudal de diseño de 150 l/s sobrepasa la capacidad de la unidad (120 l/s); sin embargo, presenta zonas muertas y altos porcentajes de flujo mezclado.

En la evaluación de un clarificador hidráulico con recirculación de lodos, Patiño y col., (2012), mostraron la presencia de flujo dual con predominio de mezcla completa cuando el agua afluente reportó temperaturas ma-



yores a las del interior del reactor, con formación de corrientes de densidad térmicas que promovieron la mezcla en el reactor y aumentaron la turbiedad en el efluente; adicionalmente, se observó que los indicadores hidráulicos y el modelo de Wolf-Resnick mostraron mayor sensibilidad a la influencia de la temperatura sobre la hidrodinámica del reactor.

### 3 Procedimiento Experimental

#### 3.1. Descripción de la planta

La planta potabilizadora Las Mesas es un sistema de tratamiento de agua potable diseñado para abastecer a una comunidad rural del estado Táchira, formada por tres unidades de tratamiento principales donde se realizan los procesos de filtración gruesa, floculación y sedimentación, seguidos de filtración a presión y desinfección. Esta investigación incluye la evaluación hidráulica de las tres primeras unidades de tratamiento:

**3.1.1. Filtro Grueso de Flujo Ascendente (FGFA):** tanque en concreto armado de 8,5x8,5 m de base y 1,6 m de altura, diseñado para proteger las unidades subsiguientes al remover los picos de turbidez del agua cruda. En el fondo posee un sistema de distribución formado por dos tuberías PVC Ø 6" con 32 tubos laterales perforados de Ø 3" y 2 m de longitud, que reparten el caudal a través de un medio filtrante, constituido por 3 capas de grava gradadas de 30 cm c/u.

**3.1.2. Floculador de flujo horizontal por tabiques (FTFH):** estructura de concreto armado de 12 m de longitud, formada por tres cámaras de 1,04 m de ancho. Cada una se encuentra dividida por tabiques de fibra de vidrio espaciados en promedio a 18,5 cm para primera; 24,5 cm para la segunda y 31 cm para la tercera; su profundidad es de 1,1 m con una altura de agua de 0,8 m. Su función es generar flóculos, mediante la adición de sustancias coagulantes.

**3.1.3. Sedimentador Convencional (SC):** es un tanque subterráneo de 9,3 m de longitud por 5,3 m de ancho por 5,2 m de profundidad, con una altura de agua de 4,4 m. Su función es precipitar las partículas floculadas para evacuarlas del sistema. Posee un sistema de entrada que consiste en 13 orificios circulares de Ø 10", un sistema de drenaje de lodos en el fondo del sedimentador para descargarlos a través de una tubería de Ø 8", y un sistema de salida de agua clarificada formado por 4 vertederos rectangulares graduables.

#### 3.2. Ensayo de Trazadores.

Se realizó usando como trazador Cloruro de Sodio (NaCl) comercial con una dosificación de forma instantánea. Para ello se agregó una solución de NaCl en agua que permita una concentración inicial del trazador superior a la indicada en el agua cruda. La cantidad de sal a emplear se calculó en función del volumen de la unidad y la concentración de trazador deseada. En cada unidad

la prueba se realizó para 3 caudales: a) máximo tratado por el FTFH (23,5 L/s), b) promedio de operación de la planta (17,94 L/s), y c) mínimo de operación (11,21 L/s). Las pruebas fueron realizadas sin agregar químicos al proceso de tratamiento.

Para obtener la cantidad de trazador se construyó una curva de calibración midiendo la conductividad de soluciones preparadas a diferentes concentraciones de NaCl en agua de la planta. Una vez obtenida la curva se determinó la concentración de trazador a aplicar para lograr un aumento de conductividad medible en el agua.

La metodología para realizar la prueba consistió en agregar la solución de trazador a la entrada del equipo (tiempo cero). Una vez agregada la solución se tomaron muestras de agua para registrar su conductividad en diferentes puntos del equipo, cada cierto tiempo, hasta obtener el valor de la conductividad inicial del agua; los tiempos usados fueron 10 min para el SC y 2 min para FTFH y FGFA. Para que el ensayo con trazadores de un equipo no afectara al que está inmediatamente aguas abajo se inició la prueba por el sedimentador, pasando luego al floculador y finalmente al filtro grueso. En la Fig. 1 se presentan fotografías de cada equipo indicando los puntos de toma de muestras.



Fig. 1a: Sedimentador Convencional.



Fig. 1b: Floculador de Tabiques de Flujo Horizontal.



Fig. 1c: Filtro Grueso de Flujo Ascendente.

3.3. Descripción de los Métodos de Análisis.

Se emplearon dos métodos para analizar las curvas de conductividad en función del tiempo, los cuales permitieron calcular la relación de flujo pistón y mezclado de cada equipo así como la presencia de espacios muertos y cortocircuitos. El tiempo de paso del 50% del trazador representa el tiempo que tomó al trazador salir de la unidad, es decir, el tiempo medio de retención (Caballero 2011).

a. *Modelo matemático desarrollado por Wolf y Resnick*: permite calcular la fracción de flujo pistón y flujo mezclado que existe en el reactor, usando F (t) (fracción de la totalidad del trazador que ha llegado a la salida del reactor), que requiere los valores de Ci (concentración que permanece en el reactor en el tiempo i) y Co (concentración aplicada en el t=0), siguiendo el procedimiento mostrado en la tabla 1.

$$F(t) = 1 - \frac{C}{C_o} \quad (1)$$

Tabla 1. Ecuaciones del modelo de Wolf y Resnick

Curva 1-F(t), trazada en papel semi-logarítmico se usa para determinar:

$$tg\alpha = \frac{1}{\frac{t_2}{t_0} - \theta}$$

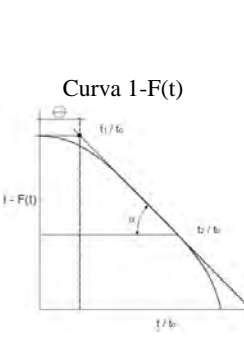
$\theta$  y  $tg\alpha$  se usan para obtener:

$$p = \frac{\theta tg\alpha}{0,435 + \theta tg\alpha}$$

donde p es la fracción de flujo pistón.  
 $M = 1 - p$   
donde M es la fracción de flujo mezclado

$$m = 1 - \frac{\theta}{p}$$

donde m es la fracción de espacios muertos



Adaptado de CEPIS (2005)

b. *Análisis de curva de tendencia*: es un análisis de la curva de concentración de trazador a través del tiempo (Fig. 2), de la cual se obtienen los parámetros mostrados en la Tabla 2 y se calculan los criterios de evaluación mostrados en la Tabla 3.

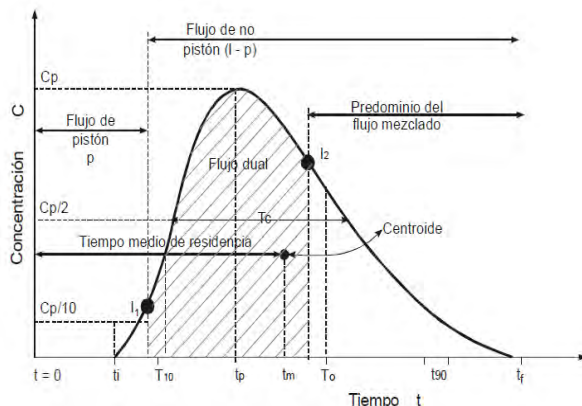


Fig. 2: Concentración del trazador en el efluente de un reactor (CEPIS/OPS, 2005).

Tabla 2. Parámetros obtenidos de la curva de concentración del trazador.

Parámetro	Descripción
$t_i$ (min)	tiempo en que aparece el trazador en el efluente
$t_{10}$ (min)	tiempo de paso del 10% de la del trazador
$t_p$ (min)	tiempo modal, correspondiente la máxima concentración de trazador.
$t_m$ (min)	tiempo mediano, paso de 50% de la cantidad del trazador.
$t_{90}$ (min)	tiempo de paso del 90% de la del trazador
$t_f$ (min)	tiempo en que atraviesa la totalidad del trazador
$C_o$	concentración inicial.
$C_p$	concentración máxima a la salida.

Tabla 3. Metodología y ecuaciones para calcular los criterios de evaluación de flujo.

Criterio	Definición
$T_o = \frac{V}{Q}$	Tiempo teórico de retención.
$\frac{t_i}{T_o}$	Mide cortocircuitos grandes. 1 para flujo pistón y 0 para flujo mezclado. Si es < 0,3 existen cortocircuitos
$\frac{t_m}{T_o}$	Si es < 1 existen cortocircuitos. Si es > 1 existen errores experimentales o espacios donde el trazador haya quedado retenido por un cierto tiempo (zonas muertas)
$\frac{t_p}{T_o}$	Relación entre flujo pistón y flujo mezclado. Si es = 1 es flujo pistón y = 0 flujo mezclado
$e = \frac{(t_f - t_p) - (t_p - t_i)}{T_o}$	Excentricidad de la curva por lo tanto es función de la recirculación. Es = 0 para flujo pistón y es = 2,3 flujo mezclado ideal.
Índice de Morrill $IM = \frac{t_{90}}{t_{10}}$	Llamado índice de dispersión, que para flujo pistón = 1. Mientras mayor sea el valor implica mayor proporción de flujo mezclado

4 Discusión y Resultados

El análisis del funcionamiento hidráulico de una planta de tratamiento resulta primordial para la comprensión del sistema, para la estimación de la eficiencia de cada unidad y para proponer modificaciones y mejorar su desempeño. Los parámetros a considerar son: el tiempo de retención y la distribución del tiempo de residencia, con lo cual se conocen las características del flujo en el interior del reactor (proporción de flujo pistón y flujo mezclado), el caudal, la presencia de espacios muertos y cortocircuitos en las unidades de mezcla y sedimentación.

4.1 Cálculo de volumen de agua en cada unidad.

4.1.1 Filtro Grueso.

El volumen de agua contenido en el FGFA se calculó determinando su curva de llenado mediante un mecanismo diseñado para medir la evolución del nivel de agua en el filtro. El caudal de entrada medido en el vertedero triangular ubicado en la cámara de recepción. Estos datos permitieron calcular el volumen total de agua que posee el filtro y la porosidad de la grava, mostrados en la Tabla 4.

Según Ives (1990), citado por Posso (2012), la porosidad debe disminuir a medida que aumenta el tamaño de la grava, esperando según Wegelin et al., (1997) que la grava en cada capa sea lo más uniforme posible para garantizar un buen desempeño del filtro. Como se observa en la Tabla 4, la porosidad de la grava aumenta a medida que disminuye el tamaño de grano, cumpliendo la anterior condición, y sus valores se encuentran entre los reportados para grava gruesa y fina (Miliarium 2004), cercanos los tomados como referencia en el diseño (0,30). Este hecho sugiere que las tres capas de grava colocadas originalmente en el FGFA no se han mezclado, y que el medio filtrante no se ha modificado sustancialmente.

Tabla 4. Porosidad y volumen de agua en el FGFA.

Volumen(m <sup>3</sup> )	Grava 1 gruesa	Grava 2 media	Grava 3 fina
Tanque ocupado por la grava	28,56	21,68	21,68
Agua contenida en la grava	6,76	6,46	8,43
Tubos en el fondo del FGFA	0,16		
Grava	21,64	15,22	13,25
Agua libre sobre grava fina	23,45		
<b>Volumen de agua en el FGFA =</b>	<b>45,10 m<sup>3</sup></b>		
Porosidad (ε)	0,24	0,30	0,39

4.1.2 Floculador

Su volumen calculó con los planos de diseño, tomando en consideración las pendientes del fondo de cada cámara. El volumen total de agua es 41,46 m<sup>3</sup>.

4.1.3 Sedimentador

Se calculó de forma similar al floculador, tomando en cuenta las pendientes del fondo y del canal colector, resultando un volumen total de 227,7 m<sup>3</sup>.

4.2 Pruebas de Trazadores.

Para determinar la cantidad de trazador a emplear se prepararon soluciones de sal en agua cruda para medir conductividad; la curva de calibración obtenida permitió establecer que una concentración de 80 mg/L de NaCl incrementa la conductividad del agua cruda en 100 μS/cm.

4.2.1 Filtro Grueso de Flujo Ascendente.

En la Fig. 3 se presentan las curvas de variación de conductividad en función del tiempo, obtenidas a partir de los datos del punto 6, es decir, a la salida de la unidad (ver Fig. 1c). Puede observarse que el comportamiento hidráulico del FGFA se distorsiona con caudales bajos, debido a que la velocidad de filtración es muy baja y el trazador tiende a acumularse en el medio filtrante; la forma final de la curva se debe a un aumento en la conductividad del agua cruda.

En la tabla 4 se muestra el análisis del ensayo de trazadores mediante el modelo matemático de Wolf Resnick, y en la tabla 5 los valores obtenidos mediante el análisis de curva de tendencia.

Tabla 4. Comparación parámetros hidráulicos ensayo trazadores. FGFA

Caudal (L/s)	To teórico (min)	To real (min)	F. Pistón % p	F. Mezclado % M	Z. Muerta %m
11,21	67,1	100	50,48	49,52	0%
17,94	41,9	36	46,23	53,77	0%
23,5	32	36	51,76	48,24	0%

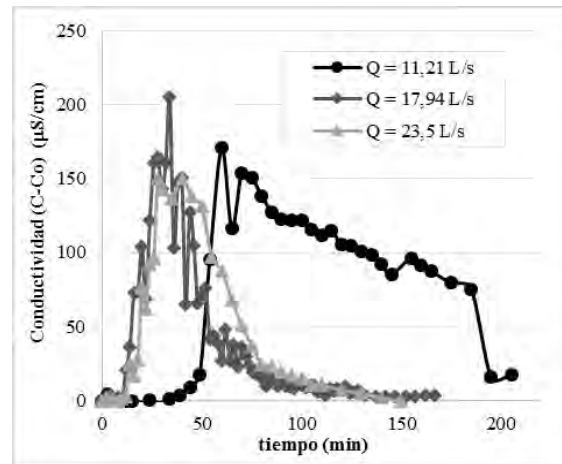


Fig. 3: Variación de Conductividad en función del tiempo. Prueba de Trazadores FGFA.

El FGFA presenta un comportamiento hidráulico de flujo dual, con similares proporciones de flujo pistón y mezclado, no presenta problemas hidráulicos por presencia de zonas muertas ni grandes cortocircuitos, sin embargo, el tiempo medio de retención de 36 min, menor al teórico (42 min) puede ser indicativo muy pequeños y/o números cortocircuitos en las tres capas del medio filtrante, o que la velocidad media del flujo a través de dicho medio es ligeramente superior a la de diseño.

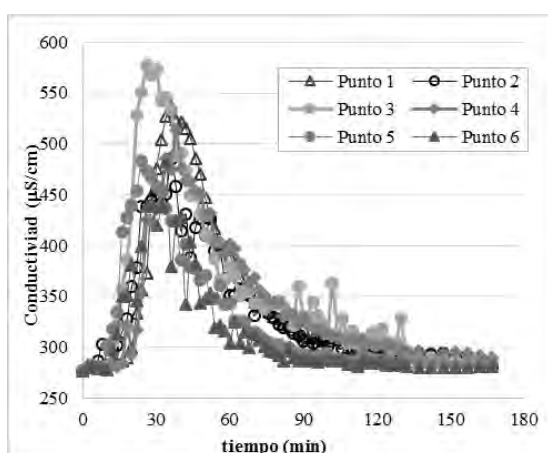
El análisis de trazadores en el FGFA se realizó en diferentes puntos con la finalidad de evaluar el comportamiento hidráulico por zonas de la unidad y conocer si

existen efectos de pared. En la Fig. 4 se muestra la curva de conductividad en función del tiempo para 17,94 L/s.

**Tabla 5.** Comparación parámetros hidráulicos ensayo trazadores. FGFA

Valor	11,21 L/s	17,94 L/s	23,5 L/s
To	67	42	32
ti	39,0	10	14
t10	59	20	21
tp	70	34	28
tm	101	36	36
t90	160	76	70
tf	205	167	150
Co	181	277	309
Cp	334	482	459
<b>Criterio</b>			
ti/To	0,582	0,239	0,438
tm/To	1,504	0,859	1,127
tp/To	1,044	0,811	0,876
e	1,551	2,601	3,378
IM	2,708	3,800	3,388

Se presume que la variación de conductividad (saltos locales) mostrada en la curva se debe a que la salida de agua se hace a través de cientos de orificios de 1/2" en los tubos de distribución de flujo localizados en el fondo del tanque, y luego atraviesa tres capas de grava, por lo que pueden existir pequeños retardos del trazador entre sus espacios vacíos. Las variaciones de concentración (puntos bajos en la línea de tendencia) son más evidentes en el punto 6 debido a que el flujo está distribuido por toda el área del tanque y a medida que se va concentrando en la salida se van uniendo pequeños volúmenes discretos que alcanzan su máxima concentración en diferentes tiempos, dependiendo de la ubicación de los orificios de salida del tubo distribuidor.



**Fig. 4:** Curva conductividad en función del tiempo para FGFA en los diferentes puntos evaluados. Caudal 17,94 L/s.

Comparando los tiempos de paso de trazador por los diferentes puntos puede concluirse que el flujo se

distribuye de manera uniforme a través del medio filtrante, ya que no se evidencian diferencias importantes en los tiempos de aparición para ningún caudal, resultando que en todos los casos el flujo a través de esta unidad es mezclado sin presencia de cortocircuitos mayores. Adicionalmente no existe una preferencia de flujo establecida ya que las máximas concentraciones de trazador se alcanzan en zonas diferentes para cada caudal. Así, puede concluirse que el FGFA posee un buen comportamiento hidráulico con tiempos de retención reales similares a los teóricos, sin evidenciar presencia importante de zonas muertas o cortocircuitos ni preferencias de flujo. También se evidencia que, luego de 3 años de operación, existe buena distribución del flujo a través del medio filtrante, el cual se encuentra dispuesto de conformidad con el proyecto ya que la porosidad en cada capa de grava está bien diferenciada y dentro de los rangos esperados. La única deficiencia mostrada es la presencia de altos porcentajes de flujo mezclado, lo cual no es deseable para el correcto funcionamiento de la unidad.

#### 4.2.2 Floculador de Tabiques Flujo Horizontal.

En la Fig. 5 se presentan las curvas de variación de conductividad vs. tiempo, obtenidas a partir de los datos del punto 3 (salida unidad, Fig. 1b). La evaluación se realizó mediante el modelo matemático de Wolf Resnick (Tabla 6) y el análisis de curva de tendencia (Tabla 7). Puede apreciarse que en el floculador existe un predominio de flujo pistón (94%) con tiempo de retención real muy similar el teórico, especialmente al caudal medio-deoperación que es cercano al de diseño (20L/s). Los valores obtenidos permiten inferir que el equipo no presenta zonas muertas ni cortocircuitos. El funcionamiento hidráulico del floculador es adecuado, el agua circula a través de los tabiques realizando el recorrido de acuerdo a lo establecido en el diseño, mostrando una pequeña distorsión a menor caudal. Es importante considerar que el mayor caudal estudiado (23,5 L/s) es el máximo al que puede operarse en esta unidad ya que un aumento ocasiona rebose del agua de la cámara 1 hacia la 2.

**Tabla 6.** Comparación parámetros hidráulicos ensayo trazadores. FTFH

Caudal (L/s)	To teórico (min)	To real (min)	F. Pistón % p	F. Mezclado % M	Z. Muerta %m
11,21	61,6	68,62	94,22	5,78	0%
17,94	38,5	38,50	94,84	5,16	0%
23,5	29,4	31,66	93,24	6,76	0%

El ensayo de trazadores fue realizado en tres puntos diferentes que corresponden a la salida de cada cámara. En la Fig. 6 se muestra la variación de la conductividad en función del tiempo para los puntos evaluados a 17,94L/s. El floculador consiste en tres cámaras

con tabiques y cada curva representa una, así el trazador debe pasar a través de cada cámara.

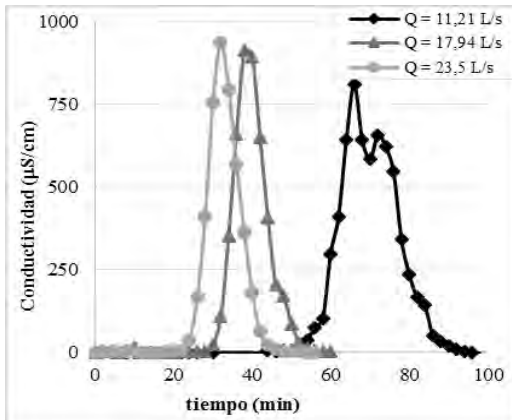


Fig. 5. Variación de Conductividad en función del tiempo. Prueba de Trazadores FTFH.

Tabla 7. Comparación parámetros hidráulicos ensayo trazadores. FTFH

Valor	11,21 L/s	17,94 L/s	23,5 L/s
ti	52	30	24
t10	61	33	27
tp	66	38	32
tm	69	39	32
To	46	39	29
t90	78	45	37
Co	259	277	302
Cp	1069	1188	1240
Criterio			
ti/To	0,843	0,779	0,816
tm/To	1,113	0,999	1,077
tp/To	1,071	0,986	1,089
e	0,227	0,415	0,544
IM	1,290	1,348	1,375

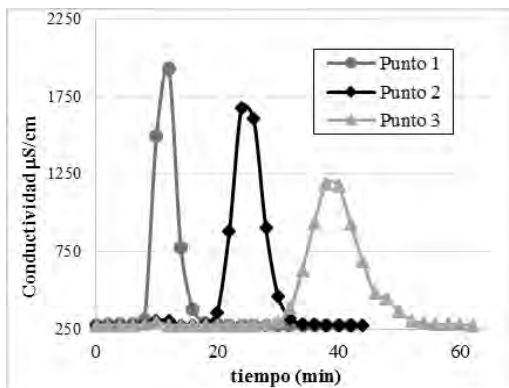


Fig. 6. Curva conductividad en función del tiempo para FTFH en los diferentes puntos evaluados. Caudal 17,94 L/s.

### Sedimentador Convencional.

Esta unidad posee cuatro vertederos rectangulares-graduables en su descarga, y en cada uno de ellos se colocó un punto de muestreo, resultando que la conductividad es similar en el centro de las 4 salidas. Por esta razón en la Fig. 7 la conductividad a la salida del SC se muestra como un promedio de dichos muestreos, comparando el resultado para los tres caudales, cuyo análisis se presenta en las tablas 8 y 9.

De acuerdo con los resultados del análisis, esta unidad funciona con flujo dual, mayormente mezclado, lo cual es contrario a lo esperado, ya que parte de los flocúlos no se estarían sedimentando y, como consecuencia, los mismos posiblemente se rompen y las partículas en suspensión pasan al tanque de bombeo y son retenidas en el sistema de filtración SAF, lo cual implica una sobrecarga para este equipo. En cuanto a la presencia zonas muertas es mayor cuando se opera con caudales bajos. La presencia de flujo mezclado aumenta con el caudal.

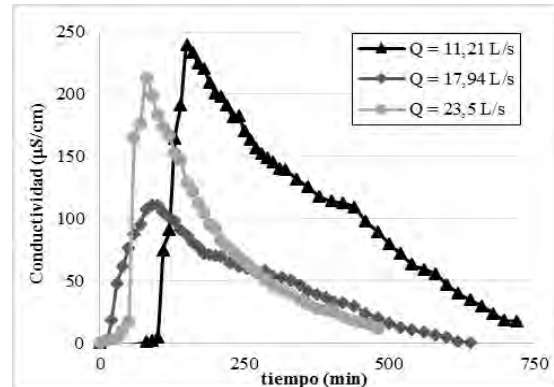


Fig. 7. Variación de Conductividad en función del tiempo. Prueba de Trazadores SC

Tabla 8. Comparación parámetros hidráulicos ensayo trazadores. FTFH

Caudal (L/s)	To teórico (min)	To real (min)	F. Pistón % p	F. Mezclado % M	Z. Muerta %m
11,21	338,6	242	48,27	51,73	15%
17,94	211,6	175	41,43	58,57	3%
23,5	161,4	139	42,68	57,32	0%

En cuanto al tiempo de retención real es inferior al teórico, lo cual es producto de la presencia de cortocircuitos y supone que la velocidad de operación del SC es mayor a la esperada afectando el proceso de sedimentación para cualquier caudal. De este análisis se deduce que el funcionamiento hidráulico del sedimentador no es el adecuado, ya que existe presencia de cortos circuitos y alta proporción de flujo mezclado, lo cual afecta la velocidad de sedimentación retardando el proceso de clarificación del agua.

También es posible que se estén creando “corrientes de densidad” por efecto de estratificación térmica y/o de diferencias en las concentraciones de sales entre el flujo

que arriba desde el FTFH y el volumen existente en el cuerpo del sedimentador.

En la Fig. 8 se muestra la variación de conductividad con el tiempo para el caudal de 17,94 L/s en cada punto estudiado. El flujo preferencial en el sedimentador se realiza por el centro ya que los tiempos de aparición y paso del trazador por las paredes son mayores al igual que el porcentaje de flujo pistón, el trazador tarda más tiempo en pasar por el punto 1, lo que supone que el flujo preferencial es hacia la zona central y el lado izquierdo.

Al analizar el comportamiento hidráulico de las tres unidades puede inferirse que el sistema, en términos generales, posee un relativo buen funcionamiento. El filtro grueso y el floculador muestran buena eficiencia hidráulica aunque, por exigencia propias de la demanda, este último con frecuencia se somete a caudales mayores a 23,5 L/s que es el límite de su capacidad.

Tabla 9. Comparación parámetros hidráulicos ensayo trazadores. TFH

Valor	11,21 L/s	17,94 L/s	23,5 L/s
ti	100	10	40
t10	140	60	67
tp	150	90	80
tm	242	175	139
To	339	212	161
t90	484	360	305
Co	184	267	306
Cp	423	378	519
<b>Criterio</b>			
ti/To	0,295	0,047	0,248
tm/To	0,714	0,827	0,859
tp/To	0,443	0,425	0,496
e	1,536	2,221	2,788
IM	3,450	6,000	4,581

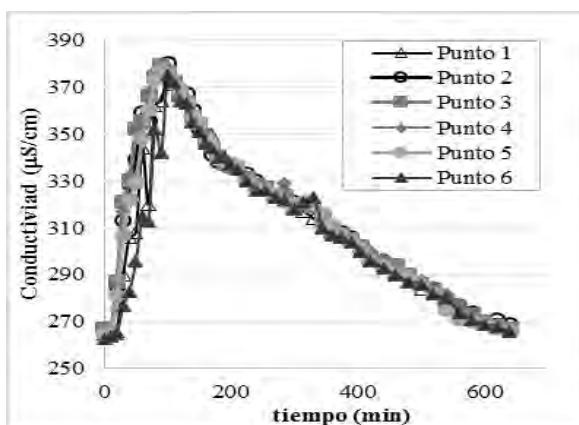


Fig. 8. Curva conductividad en función del tiempo para SCen los diferentes puntos evaluados. Caudal 17,94 L/s.

El sedimentador presenta dificultades debido a que las velocidades de flujo son altas, con tiempos de retención bajos que se traducen en alto porcentaje de flujo mezclado y cortocircuitos hidráulicos, lo que ocasiona el arrastre de sedimentos a las unidades siguientes. El problema parece generarse en la zona de entrada, donde las masas de agua pueden llegar con diferente gradiente de velocidad, creando turbulencias que pueden extenderse dentro de la zona de sedimentación, debido a que los orificios de entrada no están todos dispuestos de la misma forma. También es posible que se estén creando “corrientes de densidad” por efecto de estratificación térmica relacionadas con las altas temperaturas de la zona, a las que están sometidos las unidades antecedentes, y la profundidad del SC.

Se debe evaluar la posibilidad de colocar de placas o láminas en el SC para mejorar su eficiencia, transformándolo en un sedimentador laminar con mayor área de sedimentación por metro cuadrado de superficie, con lo que se lograría incrementar su tiempo de retención. (CEPIS, 2005b).

## 5 Conclusiones

- Mediante análisis de trazadores se determinó que el FGFA posee un funcionamiento hidráulico aceptable con similares porcentajes de flujo mezclado y pistón, tiempos de retención reales similares a los teóricos, sin presencia importante de zonas muertas o cortocircuitos. El FGFA no muestra preferencias de flujo y presenta una buena distribución de mismo a través del medio filtrante.
- El FTFH presenta un buen funcionamiento hidráulico con porcentajes de flujo pistón mayores a 90% para los caudales evaluados, sin presencia de zonas muertas ni cortocircuitos. Esta unidad limita el caudal a tratarse en la planta a 23,5 L/s, lo que se corresponde con el caudal de diseño de 20 L/s.
- Los mayores problemas hidráulicos los muestra el SC ya que los tiempos de retención son menores a los teóricos, lo que se traduce en altos porcentajes de flujo mezclado, presencia de cortocircuitos y altas velocidades que limitan el proceso de sedimentación por arrastre de sedimentos a las unidades subsiguientes.

## Referencias

- Arboleda Valencia J, 2000, Teoría y Práctica de la purificación del agua. Tomo 1. 3 Ed. Santa Fe de Bogotá. Colombia. McGraw-Hill. 362p.
- Caballero Cabral DA, 2011, Manual para la evaluación y diagnóstico de plantas de tratamiento de filtrado rápido en la zona rural de Colombia. [en línea]. Tesis Ing. Civil. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. CO. 173p. Recuperado en: <http://goo.gl/sbEffc> Con-

sultado el: 04 Mar. 2015

Cabrera M, Chourio M, 2012, Posibilidades de mejoramiento de una planta potabilizadora no convencional. [en línea]. Tesis Ing. Química. Caracas. UCV. VE. 124p. Recuperado en: <http://goo.gl/IPOzID> Consultado el: 04 Abr. 2015

CEPIS/OPS. 2005. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de tecnología rápida. Manual III: Evaluación de plantas de tecnología apropiada. Lima, Perú. 283p

CEPIS/OPS 2005, Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. Lima, Perú. 34p.

CIMA C.A. Consultores, 2009, Proyecto Planta Potabilizadora de Agua de la población de Las Mesas, municipio Antonio Rómulo Costa, estado Táchira. Informe Final.

Mejía C, 2011, Evaluación del comportamiento hidrodinámico para optimización la eficiencia de los Filtros Gruesos Ascendentes. [en línea]. Colombia. Recuperado en: <http://goo.gl/hg4GNa>. Consultado el: 15 Nov. 2015.

Miliarium. Ingeniería Civil y Medio Ambiente. 2004. Porosidad y conductividad hidráulica de materiales. <http://goo.gl/wBaUWW18/05/2016>

Patíño P, Cru, C, Torres P, Laín S, 2012, Hydrodynamic evaluation of a hydraulic clarifier through hydraulic behaviour indicators and simplified flow models. Ingeniería e Investigación Vol. 32 No. 1, pp. 77-82.

Posso Marín DM, 2012, Análisis de la operación y mantenimiento de la filtración en gravas de flujo ascendentes a escala real. [en línea] Trabajo de Grado Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad del Valle. Calí Colombia. 78p. Recuperado en: <http://goo.gl/6EKQGL> Consultado el: 25 Abr. 2016

Wegelin M, Galvis Castaño J, Latorre Montero J, 1997, La filtración gruesa en el tratamiento de agua de fuentes superficiales. Suiza. SKAT.

**Vivas, Marisabel:** Ing. Químico ULA. Especialista en Estudio y Evaluación de Impacto Ambiental UNET. Profesor Asistente Química General UNET.

**Lopez, Salomón:** Ing. Forestal. MSc. en Planificación y Desarrollo de los Recursos Hidráulicos CIDIAT-ULA. Profesor invitado Recursos Hídricos, Especialización EIA, UNET. Correo electrónico: [salomonlopezz@gmail.com](mailto:salomonlopezz@gmail.com)

## Capítulo 7

# Diseño e implementación de un geoportal turístico

**Puetate, Galo<sup>1\*</sup>; Ibarra, José<sup>1</sup>; Rivas, Francklin<sup>2</sup>; Vargas, Carmen<sup>3</sup>; Cevallos, Adrián<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Pontificia Universidad del Ecuador sede -Ibarra, Escuela de Ingeniería de Sistemas, Ibarra Ecuador

<sup>2</sup>Universidad de Los Andes, Escuela de Ingeniería de Sistemas. Mérida, Venezuela

<sup>3</sup>Pontificia Universidad del Ecuador sede -Santo Domingo, Escuela de Ingeniería de Sistemas, Santo Domingo, Ecuador.

[\\*gpuetate@pucesi.edu.ec](mailto:gpuetate@pucesi.edu.ec)

### Resumen

*En este trabajo se presenta el diseño e implantación de un Geoportal que será utilizado para apoyar las actividades turísticas. La información que se recabó para la realización del sistema fueron datos espaciales tomados en coordenadas UTM y los datos referentes a los establecimientos turísticos. Además, se desarrolló un visor de mapas para la visualización de los puntos turísticos, para que el turista pueda buscar de una forma sencilla los atractivos turísticos a visitar y su forma de acceso. También se brinda el servicio de mapas para que los investigadores y personas interesadas en esta tecnología e información puedan tener acceso a ella y descargar las imágenes o datos específicos de las capas que brinda el geoportal de una forma fácil y gratuita. El Geoportal Turístico desarrollado es implementado en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas en Ecuador.*

*El proceso metodológico de la investigación fue una combinación entre el paradigma de desarrollo de software en cascada y una metodología adaptada para proyectos de Sistemas de Información Geográfica (SIG). El sistema se realizó mediante la utilización de herramientas de código abierto, la arquitectura del geoportal está conformada por un grupo de herramientas y aplicaciones que trabajan conjuntamente.*

*Como resultado la implementación del sistema contribuye a dinamizar la economía de las familias relacionadas al sector turístico debido a que permite geo posicionar los negocios, en base a atributos y características que estos ofrecen al turista, a la vez relaciona información sobre servicios asociados al sector turístico tales como: (transporte, alimentación, seguridad, alojamiento, entre otros).*

ISBN: 978-980-11-1858-9





## 1 Introducción

El empleo cada vez más generalizado de los computadores junto con la continua innovación en el campo de la tecnología e informática constituyen la base de partida para explotar las posibilidades de aplicación en el campo de la cartografía y áreas que intervienen con la geografía.

En este contexto el diseño y desarrollo de aplicaciones informáticas adecuadas para la búsqueda y visualización de información geográfica por parte de los usuarios no experimentados ha atraído la atención en los últimos años. Este elemento es importante cuando se trata de información turística debido a los diferentes niveles y habilidad de los usuarios, ya que los sistemas combinan datos de diferentes fuentes (mapas, imágenes, sonido, vídeo, texto, entre otras.). Muchas de las interfaces emplean texto junto con imágenes estáticas, o pueden incluso presentar una combinación de entre estas. Aunque esta aproximación puede ser satisfactoria para los usuarios suele ser “estática”, en el sentido de que sólo se pueden realizar operaciones básicas como acercamiento en un mapa o ver un vídeo, pero no pueden interactuar realmente con la información georreferenciada asociada a cada atributo de los recursos turísticos.

El problema de los sistemas actuales radica en que no permiten manejar información geográfica, lo cual constituyen elemento importante para la industria turística ya que permite conocer la ubicación respecto a la posición geográfica donde se encuentran los atractivos turísticos, además de la distancia en la que se encuentra, así como servicios asociados a dicho atractivo.

El Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) provincial del cantón Santo Domingo de los Colorados, se encuentra la búsqueda de nuevas técnicas y herramientas para impulsar el desarrollo turístico, mediante la utilización de un sistema de información geográfica (SIG), que facilite la obtención de información sobre las distintas categorías de la oferta y capacidad hotelera que dispone el cantón.

En la actualidad el GAD Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas, no tiene una herramienta informática para la gestión del turismo, por lo tanto, no es posible conocer la información turística oficial sobre la oferta hotelera y demás servicios asociados con el turismo de la provincia y por ende promover y dinamizar la economía turística de la provincia.

En el trabajo sobre los sistemas de información geográfica al servicio de la sociedad (Suñer 2009), estudia la importancia de ubicar geográficamente la infraes-

tructura necesaria para solventar las necesidades de la colectividad. Los Sistema de Información Geográfica, permiten generar información georreferenciada para la toma de decisiones para resolver los problemas espaciales del mundo real.

La importancia de este trabajo radica en la difusión de la información turística de sitios de interés con la finalidad de atraer el mayor número posible de turistas, los cuales beneficiaran la ciudadanía incrementando el flujo comercial del cantón, dinamizando la economía de la provincia viéndose beneficiada la dirección de turismo al disponer de información de la afluencia turística del cantón.

## 2 Marco teórico

### 2.1 Cartografía

La representación cartográfica ha evolucionado junto con la mentalidad, la tecnología y los nuevos conocimientos; ya en la época mesopotámica se dejaron mapas cartográficos de su tiempo. En el siglo II d. C., Tolomeo describió un sistema para reproducir el mundo con una cuadrícula de líneas curvadas a las que denominó latitud y longitud (Téllez 2008, 2).

En la década de los años 50 apareció la geografía cuantitativa que constituye la base sobre la que se desarrolló la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

La base conceptual del desarrollo de estos sistemas de información geográfica la constituyen:

- El análisis espacial (Estadística)
- El cartográfico (Geometría).
- La base tecnológica del desarrollo de los SIG se apoya en los avances de la informática.

La cartografía es la ciencia encargada del trazado e investigación de mapas geográficos con su respectiva simbología. Su inicio fue hace muchos años atrás, esta definición ha ido cambiando con los tiempos. (Pérez y col., 2011).

### 2.2. Sistemas de información geográficos.

Con la incursión de la tecnología de los sistemas de información geográfica han surgido nuevas necesidades y requerimientos por parte de las organizaciones las cuales requieren que los procesos se manejen de manera óptima y segura ayudando así en las actividades que son llevadas de forma manual, brindando seguridad, disponibilidad y accesibilidad a los datos e información georreferenciada según las necesidades y requerimientos de

los usuarios.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), han ido evolucionando como una herramienta tecnológica e informática que tiene capacidades para capturar, recuperar, modelar y presentar datos georreferenciados ayudando a la toma de mejores decisiones utilizando el componente espacial.

Un SIG, es un sistema para la gestión, análisis y visualización de conocimiento geográfico, el cual se estructura en diferentes conjuntos de información:

- **Mapas interactivos:** Proporcionan al usuario las herramientas necesarias para con la información geográfica.
- **Datos geográficos:** Datos e información que procede de análisis y estudios topográficos, topologías y sus atributos.
- **Modelos de geoprocesamiento:** Es el flujo de los procesos que permiten automatizar las tareas
- **Modelo de datos:** La información geográfica incorpora reglas de comportamiento e integridad de la información.
- **Metadatos:** Son los datos que describen la información geográfica facilitando la información adicional.

Los SIG, son herramientas tecnológicas e informáticas comprendidas por elementos como hardware, software, datos, personal, procedimientos que mediante una serie de procesos como; manejar, capturar, analizar, modelar y presentar datos georreferenciados (ver Fig. 1), para dar solución a diversos problemas terrestres. (Iturbe y col., 2011).

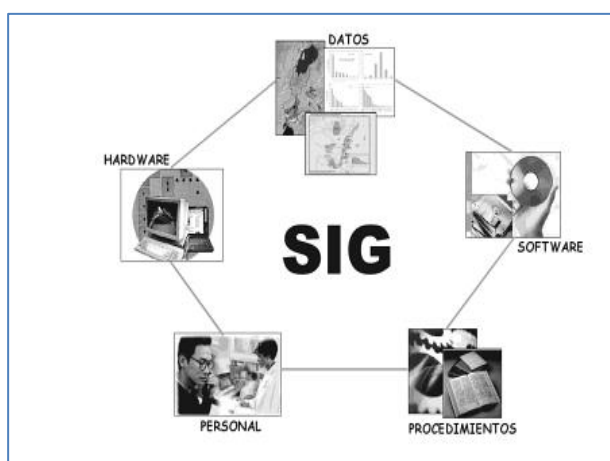


Fig. 1. Elementos constituyentes de un SIG (ESRI 2015)

### 2.3. Georreferenciación

La aplicación de los sistemas de información geográfica, son aplicados eficientemente en las representaciones cartográficas. Los mapas creados en ambiente SIG destacan por el grado de precisión de los objetos geo posicionados, así como calidad y posibilidad de actualización inmediata (Gómez y col. 2006).

La georreferenciación es la que permite el posicionamiento de un objeto de una forma analítica teniendo como referencia un origen. Existen varios sistemas de coordenadas, por lo tanto, es posible poseer un objeto en un punto con formatos distintos dependiendo el sistema de coordenadas que se desea utilizar (Pérez 2011).

En Ecuador se puede trabajar con los sistemas de coordenadas universales (UTM). En efecto, al asociarse cada mapa al sistema de coordenadas conocido, cualquier objeto (por ejemplo, un nuevo límite internacional) creado sobre él es automáticamente georreferenciado. En consecuencia, la delimitación entre cada entidad es tratada como una línea vectorial con orientación y sentido conocido.

Esto facilita cualquier cálculo que sobre dicho límite deba realizarse y así, determinar la longitud de la línea limítrofe entre dos países es sumamente sencillo donde presionando apenas algunas teclas pueden conocerse con elevada precisión tal característica de dicha área o unidad territorial.

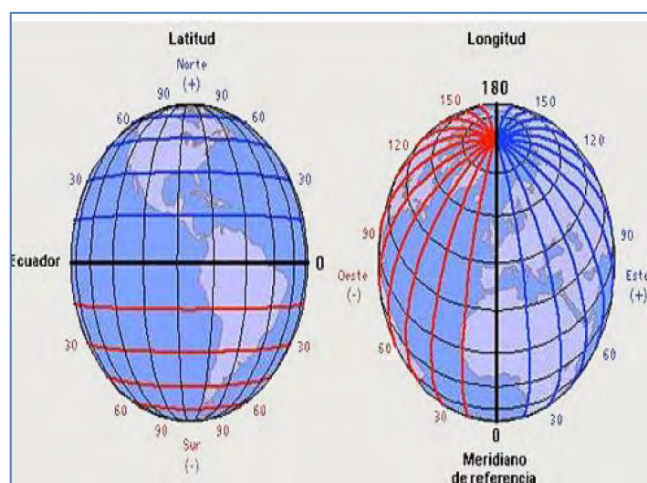


Fig. 2. Coordenadas geográficas (CEIBAL 2011)

Para localizar un punto determinado de la superficie terrestre se utiliza la red geográfica de líneas imaginarias que forman los paralelos y meridianos. Tomando como referencia el meridiano de Greenwich y el Ecuador, se puede establecer las coordenadas geográficas

llamadas latitud y longitud y con ello se puede ubicar cualquier punto en el mapa terrestre del área de estudio que se va a utilizar (ver Fig. 2).

## 2.4 DATUM

Los sistemas de información geográfica operan con cartografía digital susceptible a ser georreferenciada lo que significa que el mapa puede ser proyectado bajo cualquier sistema de coordenadas conocidos y utilizados en el mundo (geográfica o UTM). Al mismo tiempo, puede seleccionarse las áreas de estudio conocidos como (DATUM) de cada país en específico.

Es la referencia que se le da a un punto georreferenciado o puntos espaciales obtenidos por medio de algún sistema de posicionamiento global, lo cuales están ubicados sobre una determinada superficie terrestre (Jiménez 2014).

Es la relación existente entre un sistema de referencia y una superficie de referencia como el elipsoide, quiere decir que el Datum define la orientación, ubicación y proporciones del elipsoide, además permite inferir sobre la posición de la superficie de revolución con respecto al centro de masas terrestre (Roldan 2011).

Existen dos tipos de Datum que se utilizan en el desarrollo de trabajos con sistemas de información geográfico.

- Geocéntricos
- Locales

El propósito de un Datum es ajustar lo máximo posible el elipsoide y el geoide, está constituido por: Una superficie de referencia y un punto fundamental en el que coinciden las verticales al geoide y al elipsoide (Fig. 3).

## 2.5. Geoportal

El geoportal es un sitio en el cual permite acceder y visualizar datos geoespaciales a los usuarios facilitando una serie de recursos y servicios, así como la posibilidad del intercambio de información entre distintas instituciones. (Pulsipher 2011).

Un geoportal es un sistema web basado en el manejo de información georreferenciada en mapas, en el cual los objetos geoposicionados muestran atributos e información útil al usuario para la toma de decisiones (Geoportales 2015).

Los geos portales son herramienta que combinan la experiencia, tecnología y diseño de manera creativa para

encontrar la solución a un problema de consulta geográfica distribuida en mapas de manera eficiente.

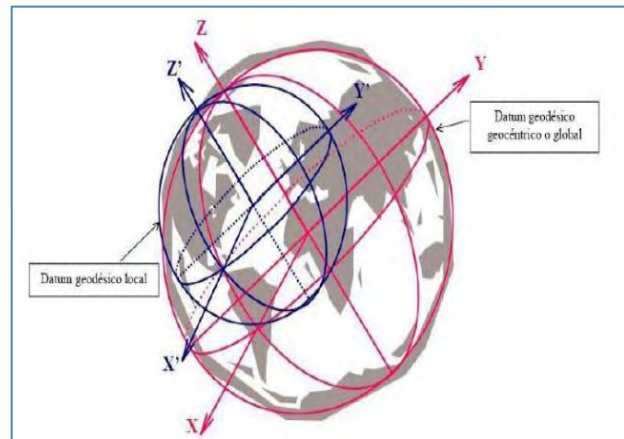


Fig. 3. Elementos que conforman un DÁTUM (Roldan 2011).

Según Olaya (2011), el avance de las redes y tecnologías “ha permitido que se acceda a la información geográfica contenida en los sistemas de información geográfica utilizando el paradigma cliente-servidor. Para ello es necesario contar con componentes en el lado servidor que distribuyan la información y componentes en el lado del cliente para acceder a esta” (p.547).

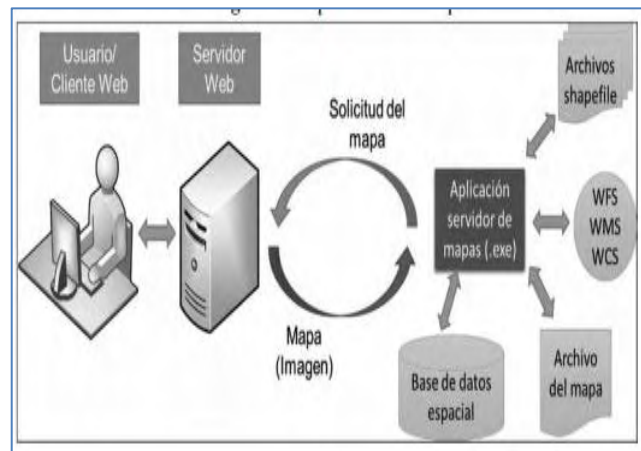


Fig. 4. Elementos de un SIG.(ESRI 2015)

## 3 Procedimiento Experimental

### 3.1 Herramientas y tecnologías

El desarrollo del proyecto se ha utilizado herramientas de libre distribución y de código abierto que se especifican a continuación:

**Qgis.** Es un sistema de información geográfico de código abierto que soporta el manejo de datos vectoriales y raster para la edición de mapas y datos espaciales del Geoportal.

**PostgreSQL:** Sistema de gestión de bases de datos que permite el almacenamiento de los atributos y elementos geográficos como son ráster, vector y topologías que son útiles para el tratamiento de datos espaciales dentro del geoportal.

**PostGis:** Extensión de PostgreSQL la cual permite el almacenamiento de geometrías sobre una base de datos objeto-relacional que añade el soporte para objetos geográficos del geoportal

**Geoserver:** Servidor de mapas que se encarga del intercambio, interoperabilidad y publicación de los datos espaciales mediante la utilización de estándares abiertos de manejo de datos geográficos.

**Web MapService (WMS):** Estándar internacional que proporciona el servicio de gestión de mapas con información geoespacial en forma de archivo o imagen para ser desplegados en el ordenador.

**Web FeatureService (WFS):** Servicio que permite la obtención de la información geográfica, geometría y atributos que estén asociados al mapa geográfico.

**Leaflet:** Biblioteca de JavaScript que permite el diseño de mapas interactivos de forma simple para el diseño de mapas.

**Servidor Apache:** Permite transferir datos de hipertexto, páginas web con todos los elementos asociados a esta (textos, widgets, banners, entre otros), a través de las redes de datos e internet.

### 3.2 Metodología de diseño

El tratarse de una aplicación que trabaja con sistemas de información geográfica se necesita recurrir a la adaptación entre una metodología de desarrollo de software tradicional con una de aplicación SIG (Fig. 4). La metodología de desarrollo de software que se va a utilizar es una variación del modelo de cascada que consta de cinco etapas (ver Fig. 5) que se describen a continuación

- Análisis.
- Diseño.
- Codificación
- Pruebas
- Implementación.

El análisis corresponde al proceso de especificación de los requisitos y requerimientos del sistema. El diseño se enmarca a la construcción del modelo de datos y de casos de uso de los usuarios finales. Codificación corresponde al proceso de construcción del código fuente de cada uno de los módulos y secciones del sistema. Las pruebas corresponden al proceso de ejecución del sistema, mediante pruebas con datos de entrada y salidas esperadas. La implementación del sistema.

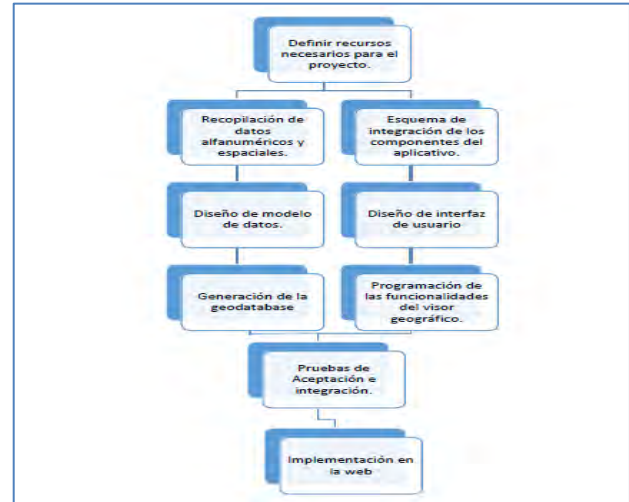


Fig. 5. Metodología de desarrollo de software

## 4 Discusión y Resultados

El sistema implementado se denominó: geoportal turístico de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, desarrollado para facilitar de información georreferenciada de los distintos atractivos turísticos que tiene la provincia mediante el tratamiento y recuperación de información georreferenciada de cada uno de los sitios turísticos del cantón.

El geoportal permite visualizar varias capas con información como: alojamiento, restaurantes, balnearios, seguridad, salud, agencias de viajes, bancos, discotecas y mini markets que se encuentran dentro del perímetro de la provincia de los Tsáchilas, también cuenta con herramientas para facilitar la búsqueda de información requerida por los usuarios.

### 4.1 Diseño del Geoportal

El diseño del modelo es concebido de forma global a la estructura de un software SIG como se describe en la Fig.6.

Asociada a cada tabla se encuentran los atributos que conforman el objeto geográfico obtenido en el levantamiento de información descriptiva durante la etapa de análisis de requerimientos de información alfanumérica y espacial.

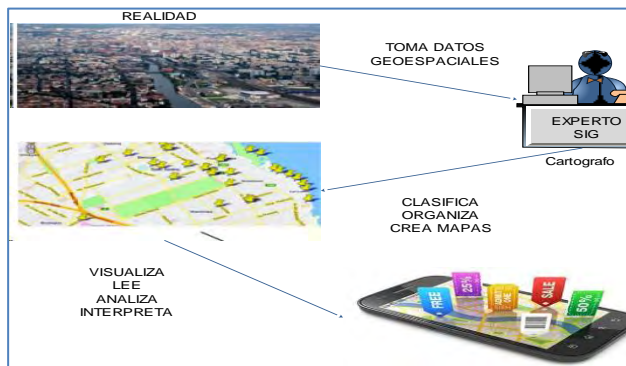


Fig. 6. Diseño geo portalturístico

En esta parte de la etapa de desarrollo y codificación se realizó el visor web con las funcionalidades que se obtuvieron en la etapa de análisis (ver Fig. 7). Para esto se manejó el lenguaje de programación PHP, también se realizaron archivos JavaScript y se utilizaron hojas de estilo definidos para la estructura del geoportal, la cual está conformada por la carpeta de administración del geoportal, la carpeta del geoportal a visualizar y el índex.



Fig. 7. Geoportal Turístico

Para la generación de la geodatabase se realizó las capas de datos georreferenciados en formato shapefiles, consistió en pasar a hojas de cálculo cada una de las tablas con la información geoespacial y descriptiva correspondiente a cada objeto, para esto se ingresó cada tipo de establecimiento como se muestra en la Fig. 8:

ID	ciudad	id	nombre	direccion	referencia	x	y	z	length	latitud
1	Santo Domingo	Urbanista	Apart Hotel América	Av. Río Toachi Y Río Fila Cerca al Gran Hotel Santo Do	702278	9972568	593	-79.3837678	-0.2540	
2	Santo Domingo	Urbanista	Club Hotel Isla Marita	Av. Queto 1258/1261	Cerca al Colegio Julia Moreau	702278	9972568	800	-79.3847557	-0.2511
3	Santo Domingo	Urbanista	Grand Hotel Santo Domingo	Rio Toachi 888 Y Galápagos		702444	9972656	588	-79.3857959	-0.2546
4	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Andriades	Av. De Los Colinos Y Julio Cesar Benigno		703439	9973825	583	-79.3721375	-0.2566
5	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Bravillos	Av. De Los Colinos Y Ca/Coop. El Eden		704304	9974330	586	-79.3843505	-0.2323
6	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Galerna 2	Av. Quito Y Río Toachi		703013	9972558	805	-79.3579626	-0.2481
7	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Golden Vista	Urb. San Laureano. Av. Al Corca del Rodadero Monro	704214	9973517	584	-79.3852427	-0.2594	
8	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Imperial	Urb. Eschiquier Entre Av. Alcazar Calacaon	703372	9973635	537	-79.3727551	-0.2384	
9	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Metropolitan	Julio Cesar Benigno Y Av. Alcazar Calacaon	703486	9973678	529	-79.3787156	-0.2386	
10	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Mi Kaca	Calle Julio Cesar Benigno Diagonal al Terminal Ter	703487	9973710	536	-79.3786212	-0.2375	
11	Santo Domingo	Urbanista	Hotel El Maravillo	Via Quevedo Km 31/2		703068	9969857	522	-79.3983463	-0.2732
12	Santo Domingo	Urbanista	D' Orland Hotel	Via Quevedo Km 31/2 Y Junto a Auto Comercio al Sur	703096	9969856	502	-79.3974453	-0.2734	
13	Santo Domingo	Urbanista	Paradero Hostal El Descar	Av. 42/2, Via Quevedo	Frente a Pro-madera	695497	9968958	494	-79.2075444	-0.2801
14	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Patei	Av. De Los Colinos	A 200 metros del Terminal	702378	9973750	582	-79.3750989	-0.2371
15	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Dal Pacifico	Av. 29 De Mayo 530 Entre Bara Y Latacunga		703649	9973486	564	-79.3762517	-0.2542
16	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Puesta Del Sol	Av. 29 De Mayo Y Cuaca		703264	9973990	579	-79.3748833	-0.2532
17	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Farolan	Av. Chone Y Jacinto Com Frente a Supermercado AM	702901	9973732	555	-79.3850243	-0.2554	
18	Santo Domingo	Urbanista	Victoria Suites hotel	Av. Chone 307	Frente al Sindicato de Chon	703506	9973782	552	-79.3884915	-0.2553
19	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Rey	Av. Chone 213 Y Antonio Ante		702743	9973808	566	-79.3783863	-0.2545
20	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Arambay	Av. Chone 207	Frente al Sindicato de Chon	703517	9973947	548	-79.3744086	-0.2538
21	Santo Domingo	Urbanista	Hotel Calera	Calle Bara Y Av. 29 De Mayo		703600	9973885	508	-79.3762169	-0.2542

Fig. 8. Geodatabase

Ingresada la información se procedió a guardar las hojas de cálculo con extensión .csv, que es el formato que admite el Qgis para generar los archivos shape. Dentro del Qgis se importaron los archivos codificados CP850 para visualizar caracteres especiales además de la georreferenciación en el sistema de coordenadas WGS 84 / UTMZone17s, que es el área de estudio a la que corresponde la investigación.

El Geoportal turístico consta de dos partes la gestión y administración de los datos e información que lo conforman y la parte del visor para los usuarios (Fig. 9 y Fig. 10).



Fig. 9. Interfaz administración geo portal

Permite la gestión de la información descriptiva y georreferenciada que maneja el sistema SIG.

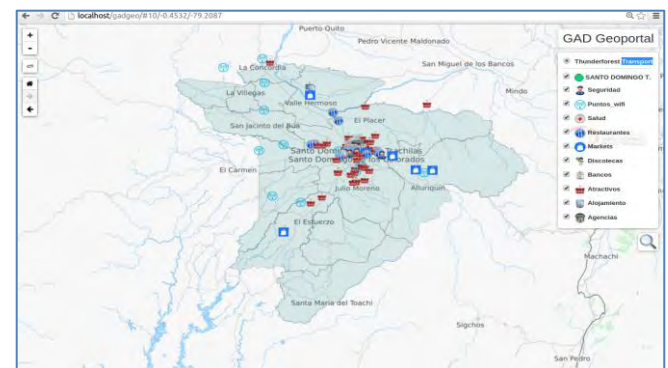


Fig. 10. Interfaz de usuarios Geoportal

El geoportal permite la geolocalización de la información de los atractivos y recursos turísticos que este dispone en base a categorías como: seguridad, emergencias, bares, hoteles, restaurantes, entidades bancarias información necesaria para la gestión y oferta turística para el GAD (ver Fig. 11).

En cada atractivo turístico se encuentra asociada información geográfica, así como descriptiva de cada objeto que permite a los usuarios disponer de datos necesarios para la toma de decisiones, así como la organización de la infraestructura hotelera y por ende mejorar los servicios a los turistas que visitan el cantón.



Fig. 11. Información georeferenciada del turismo

## 5 Conclusiones

La metodología de desarrollo de software que se utilizó fue conveniente, por cual al ser un proyecto sobre un sistema de información geográfica la combinación entre la metodología cascada adaptada para proyectos SIG, mejoró el proceso de análisis, diseño e implementación acorde a las necesidades del GAD Provincial de Santo Domingo.

La utilización de herramientas de software libre en el desarrollo del sistema contribuyó en la reducción de recursos económicos para el GAD Provincial durante la implementación del proyecto y se cumplió con el requerimiento que está impulsando el gobierno en el sector público que es la utilización de herramientas open source.

Con la implementación del visor web el grupo más beneficiado son las familias que trabajan en el sector turístico, que dinamizarán su economía mediante la promoción de sus servicios turísticos a través de los sistemas de información geográfica y la utilización de las Tecnologías de la información y comunicación.

La industria hotelera del cantón se beneficia al disponer de una herramienta que permite la gestión de información referenciada sobre los recursos y atractivos que este dispone.

## Referencias

CEIBAL. «Coordenadas geográficas.» 2011. <http://ceibal.elpais.com.uy/las-coordenadas-geograficas/>.  
 ESRI. «ESRI (Environmental System Research Institute, Inc).» 2015. <http://www.esri.com/>.  
 Íturbe A, Sánchez, Castillo L, Chías L, 2011, Consideraciones conceptuales sobre los sistemas de información geográfica. Tlaxcala: Tlaxcala, A.C

Jimenez JS, 2013, Aplicaciones web. Macmillan Iberia, S.A.  
 Téllez Esperanza Ayuga. «Sistemas de información geográfica.» 2008.  
 Olaya Víctor, 2011, Sistemas de información geográfica.  
 Pérez A, Botella Plana A, Muñoz Bollas A, Olivella González R, Olmedillas Hernández JC,  
 Pulsipher LM, 2011, Word Regional Geography (Loose Leaf) & Geoportal. MacmillanHigherEducation.  
 RodríguezLloret J, 2011, Introducción a los sistemas de información geográfica y geo telemática. Barcelona: UOC.  
 Roldan ChampsElysee, Sistemas de Información Geográfica: Sistemas de referencia.» Qué es un Dátum Geodésico. 27 de octubre de 2011. <http://es.slideshare.net/IngesAerospace/sistemas-de-informacin-geogrifica-sistemas-de-referencia>.  
 Suñer Josep Sitjar, Los Sistemas de Información al servicio de la sociedad. 200,. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/7581/08\\_TIG\\_03\\_sitjar.pdf?sequence=1](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/7581/08_TIG_03_sitjar.pdf?sequence=1)

**Galo Puetate:** Ingeniero en Sistemas con Maestría en Tecnologías para la Gestión y práctica docente. Docente Investigador de la escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

**Ibarra José Luis:** Ingeniero en Sistemas con Maestría en Tecnologías para la Gestión y práctica docente. Docente Investigador de la escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo electrónico: [jibarra@pucesi.edu.ec](mailto:jibarra@pucesi.edu.ec)

**Rivas Franklin:** Ingeniero de Sistemas egresado de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Los Andes. Magister en Ingeniería de Control. Doctor en Ciencias Aplicadas. Correo electrónico: [fri-vas6@gmail.com](mailto:fri-vas6@gmail.com)

**Vargas Carmen:** Ingeniera de Sistemas y Computación. Analista de sistemas de Global Electrónica y seguridad. Correo electrónico: [cjvargasb@pucesd.edu.ec](mailto:cjvargasb@pucesd.edu.ec)

**Ceballos Adrián:** Ingeniero en Sistemas con Maestría en Sistemas de Información Geográfica. Docente Investigador de la Escuela de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Correo electrónico: [cdar@pucesd.edu.ec](mailto:cdar@pucesd.edu.ec)

## Capítulo 8

# Mejora de las condiciones ergonómicas del puesto de trabajo de un soldador de taller metalmecánico

Yépez, Sara<sup>1</sup>; Rodríguez, Deliher

<sup>1</sup>GRUTEC, Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería. ULA  
Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

[\\*sarayopez@ula.ve](mailto:sarayopez@ula.ve)

### Resumen

*El artículo de investigación propone la mejora postural y ergonómica para el puesto de trabajo de Soldador de un Taller Metalmecánico, que labora con arco eléctrico con electrodo revestido y electrodo permanente con protección a gas, a fin de disminuir el ausentismo laboral y evitar posteriores enfermedades profesionales asociadas con el puesto. Inicialmente, se diagnostican las condiciones de trabajo y los riesgos laborales característicos utilizando las normas NTP 324 “Cuestionario de chequeo para el control de riesgos de accidentes” y la NTP 330 “Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidentes”, destacándose demeritos físicos y posturales, que se cuantifican posteriormente, mediante el uso de los métodos de evaluaciones ergonómicas LEST y RULA, que reportan posturas mal adoptadas, alta frecuencia y repetitividad, alto nivel de ruido por parte de las diferentes máquinas presentes en el Taller y humos concentrados en la zona. Para hacer más preciso el análisis postural, se simulan en el software CATIA, las posturas críticas observadas durante tres meses continuos en talleres de la ciudad de Mérida, reproduciéndose el ambiente de trabajo y destacándose las patologías musculoesqueléticas degenerativas indeseadas. A partir de los riesgos determinados se plantean mejoras logísticas, organizacionales y posturales simuladas en el software citado, a través del rediseño del puesto de trabajo que al evaluarse, reporta una disminución de las patologías en un 90%. Así, los resultados obtenidos de la simulación suponen que al adoptarse las mejoras propuestas en las empresas del ramo metalmecánico, se propicia un entorno laboral de calidad.*

ISBN: 978-980-11-1858-9



9 789801 118589

## 1 Introducción

La soldadura se define como el proceso industrial-tecnológico, que por medio de una fuente de calor y diferentes operaciones, logra unir dos o más piezas metálicas garantizando que dicha unión sea mecánicamente resistente (Jeffus, 2009). La soldadura en diferentes latitudes, al igual que en la industria venezolana ha tenido participación en la construcción de obras civiles como puentes, alcantarillado, canales y represas así como en obras mecánicas y metalmeccánicas que incluyen, múltiples actividades manufactureras dedicadas a la transformación, ensamble o reparación, creando productos de interés comercial, aplicados a diversos sectores industriales que contribuyen con el crecimiento productivo y tecnológico de la nación (SOLDAINDUSTRIAL C.A., 2016). Sin embargo, dicho proceso en contraparte, implica posturas laborales particulares, incómodas e inseguras que se adoptan, por los requerimientos de las piezas que se van a unir, comúnmente a ras del suelo, de cuclillas, de rodillas, sentado con alta flexión de espalda, de pie y en zonas de difícil alcance, que derivan molestias físicas (CEPYME ARAGON, 2009).

Así, Ochoa y col (2006), destacan en su investigación, que en el Departamento de Mecanizado de la empresa Affinia de Venezuela C.A., área objeto de estudio, es donde se reportan el mayor índice de consultas médicas por síntomas musculoesqueléticos (31% - dolencias en la región lumbar, lumbosacra y extremidades superiores-) y 197 días de reposo, sin obviar dos casos de discapacidad total por hernias lumbares, asociados todos estos males a movimientos repetitivos, posturas estáticas forzadas, levantamiento de piezas de pesos mayores a 20 Kg, colocación de piezas en máquinas, ensambles, traslados y otros factores físicos. De igual forma Rodríguez y col. (2008), señalan en su estudio, que el nivel de riesgo a lesiones musculoesqueléticas en el sector automotriz venezolano, está definido en parte, por las actividades de soldadura por electropunto que implican máquinas que revisten gran tamaño y peso, manipuladas por operarios que asumen posturas forzadas durante largos períodos de tiempo, además de la contribución indeseada, que ejercen tales procesos, en desórdenes en el sistema osteomuscular. Todo ello, además de laborar en áreas diseñadas sin consideraciones ergonómicas con alturas por debajo de los 80 cm, lo que obliga a los mismos, a realizar flexiones laterales de tronco, que generan lumbalgias.

En base a todos los aspectos antes señalados, se propone el desarrollo de la presente investigación, con bases fundamentadas en un estudio de campo, observacional y descriptivo de tipo transversal, orientado a plantear mejoras en el puesto de trabajo de un soldador metalmeccánico. Tales mejoras, a partir de la inspección de los factores antropométricos, biomecánicos y biofísicos pertinentes al área de trabajo, por medio del análisis y

desarrollo de métodos que se adapten y sean de gran aporte a la situación, considerando las directrices establecidas en la Ley Organiza de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT) y la normativa relacionada (INPSASEL, 2005).

## 2 Protocolo de Evaluación Ergonómica del Puesto de Trabajo de un Soldador.

En busca de establecer las mejoras ergonómicas y laborales de un soldador metalmeccánico a partir del reporte de dolencias crónicas y enfermedades laborales, se establece un Protocolo de Análisis a partir de normativas y métodos de seguridad, ergonomía y salud laboral (Fig. 1):

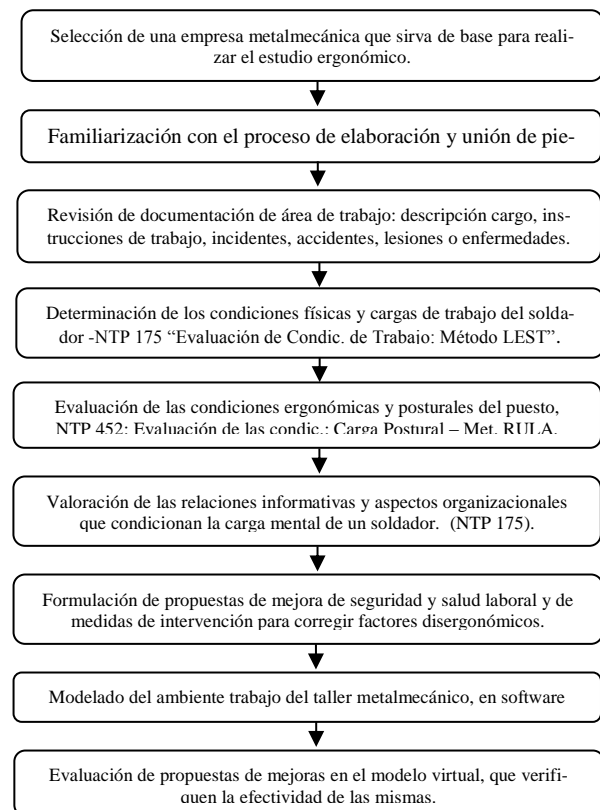


Fig. 1. Protocolo de Análisis de Puesto Ergonómico de Soldador Metalmeccánico.

## 3 Contexto de Seguridad, Salud Laboral y Ergonomía del Puesto de Trabajo de Soldador de Taller Metalmeccánico.

Para iniciar el estudio correspondiente, se solicita permiso y colaboración en las empresas metalmeccánicas de la ciudad, para ubicar los espacios destinados a labores de mecanizado y soldado, que reproduzcan al máximo los ámbitos de trabajo de los soldadores. Al respecto, se selecciona la nave industrial de una empresa reconocida del ramo, pero que por confidencialidad no



se menciona. Así, se evalúan las condiciones de trabajo del área disponible para la investigación, al igual que las actividades propias que desarrolla un soldador, correspondiente a la fabricación y reparación de piezas metal-mecánicas paracerchas, estructuras de construcción, maquinaria industrial e incluso vehículos. El taller donde se hace el análisis, está dividido por áreas de trabajo denominadas de acuerdo a las labores que en éstas se llevan a cabo, como son: Área de Soldadura y Área de Latonería y Pintura (Fig. 2).

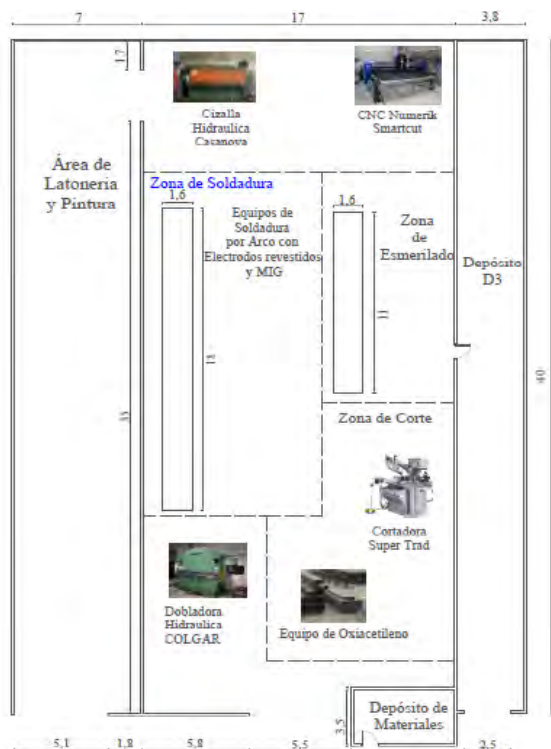


Fig. No. 2. Plano de Taller Metal-Mecánico (dimensiones en m).

El Área de Soldadura, por su parte, está señalizado y delimitado por zonas de trabajo correspondientes a las máquinas que allí operan, de modo que en la Zona de Corte, se dispone de un Torno de Control Numérico CNC (Pantógrafo), una Cortadora Mecánica, una Cizalla Hidráulica y un Equipo de Oxiacetileno. En la zona de Doblado de Piezas Metálicas cuenta con una Dobladora Hidráulica, en la Zona de Lijado de piezas están ubicadas varias Esmeriladoras Eléctricas y en la zona específica de Soldadura, se ubican un Equipo de Soldadura por Arco Eléctrico con electrodos revestidos y un Equipo para Soldadura MIG. En ésta área, se delimita el Puesto de Trabajo que ocupa el estudio ergonómico.

Por su parte, la nave industrial del taller, dispone de un techo de dos aguas construido a 8 m de altura, con bases metálicas y láminas de aluminio que funcionan como aislante térmico y tiene propiedades ignífugas. Estas láminas, se encuentran intercaladas con otras, tragaluz blancas de 0.6 m x 1.5 m c/u (Fig. 3).



Fig. 3. Techo del Taller Metalmecánico.

Las paredes, son de hormigón, que proporcionan estabilidad a la estructura y reduce la carga térmica del área, y cada pared lateral tiene una (1) ventana, como se observa en la Fig. 3, de dimensiones de 0.8 m x 37 m c/u, sin vidrios que dejan el paso del aire de forma libre (29.6 m c/u). Así también, se ubican dos extractores de humos de dimensiones 0.8 m x 0.8 m c/u en la pared posterior de la nave, a una altura sobre el nivel del piso de 7 m y equidistantes de las paredes laterales.

En el techo del taller, se disponen de dos (2) puentes grúas, cada uno con fuente de alimentación de tipo eléctrico, con capacidad de carga de 5 toneladas y altura de elevación de 6m c/u para transportar y elevar materiales de grandes dimensiones a lo largo y ancho del taller (Fig. 2), manipulados por los soldadores, previamente capacitados para tal función y uso.

El piso del taller metalmecánico es de concreto y se encuentra dividido en áreas de trabajos señaladas que delimita el puesto de la máquina (dobladora hidráulica, cizalla hidráulica, CNC, entre otros).

Pero se observa que no está debidamente señalado el pasillo de paso que facilite el tránsito de los operarios (Fig. 4).

Para acceder a la nave se cuenta con una entrada principal con un portón corredizo de dimensiones 5.6 m x 3.6 m que permanece abierto durante la jornada laboral, para el ingreso de materia prima, producto terminado, luz y aire natural. En el área analizada, se cuenta con otro acceso, hacia la sala de latonería y pintura, donde se dispone una puerta amplia de 4 m x 3,6 m ubicada al final taller, que sirve para comunicar los espacios.



Fig. 4. Distribución taller y entrada. Detalle de piso no señalado.

El análisis ergonómico se realiza durante los primeros cuatro meses del presente año, y se verifica antes de considerar las variables físicas, que la empresa dispone

de las señalizaciones de seguridad que los procesos e instalaciones demandan en sitios visibles y elementos contra incendio (extintores de polvo tipo ABC -, detectores de humo y mangueras contra incendio, ubicadas estratégicamente cerca de maquinarias y materiales). Los trabajadores por su parte, (desde operarios de corte hasta soldadores) disponen de los Equipos de Protección Personal requeridos (EPP - máscara de soldar, careta protectora en labores de corte, delantal y guantes de cuero, botas de seguridad y capucha para soldador) pero no los utilizan salvo cuando están bajo supervisión (COVENIN No. 22371989).

Así, se determina que las actividades que se desarrollan en el taller, involucran el uso constante de los puentes gruas para transportar elementos de gran peso y volumen, que luego se reducen a piezas pequeñas trasladadas en carretillas hasta las máquinas que generan dentro del “ambiente cerrado” ruidos ensordecedores y distractores para las otras actividades. En cuanto a la temperatura y humedad a la que se exponen los trabajadores, durante las horas de jornada laboral – 7:00 am – 12:30 pm y luego de 2:30 pm a 5:00 pm- se evidencia un ambiente de trabajo agradable para cualquier labor. Por su parte, la disposición de los tragaluzes antes mencionados en el techo, las ventanas laterales y puertas de acceso, brindan al área iluminación con luz natural a los operarios que laboran en la nave, donde vale acotar que luego de las 4:00 pm (finalizando la jornada laboral), es que se requiere del uso de luminarias (8) que complementan los requerimientos de luz. Los niveles de ruido cuando todas las áreas de corte están operativas, son bastantes altos, algunas ocasiones perturbadoras.

Así, mediante la observación de las posturas de trabajo del soldador, se determina que durante la jornada diaria laboral los trabajadores permanecen en posiciones prolongadas en el tiempo, poco cómodas (de cuclillas, arrodillados, agachados) donde los miembros superiores e inferiores adoptan ángulos que aportan mayor peso a las articulaciones y se ejecutan conjuntamente movimientos repetitivos de los mismos, acompañados de flexión y extensión del tronco haciendo muy crítico el Puesto de Trabajo del Soldador. Por otro lado, cabe indicar que se busca precisión en las actividades desarrolladas, por lo que el soldador debe fijar su mirada y pulso, atribuyendo ello, fuerte cargas posturales al cuello y muñeca de forma reiterada.

El trabajador no realiza manipulación de carga considerable, pues las máquinas de soldadura son transportadas en bases con ruedas, y los elementos de trabajo son pinzas, electrodos y piezas de bajo peso (menores de 20 Kg). También, se verifica que el personal entiende que realiza labores continuas que requieren de esfuerzo durante ciertos periodos y por ende pausas frecuentes, pero que por no tener personal de reemplazo y no contar con tiempo por los plazos de entrega, éstas pausas no se realizan.

#### 4 Evaluación de Riesgos según Normativas Legales.

En vista de tal situación, se levanta junto con el personal de supervisión de la empresa para su validación, la Ficha del Puesto de Trabajo, en términos más completos que oriente en adelante a la empresa en el proceso de captación y selección de trabajadores para dicho cargo.

En función de las condiciones del entorno de trabajo y de las actividades que realizan los soldadores, se conforman cuestionarios o instrumentos de evaluación, consistente en un grupo de 11 secciones de competencias y aspectos de seguridad relacionados, aplicado durante las últimas semanas del mes de noviembre del 2015 a seis empleados del Taller que ocupan los cargos de soldadores y supervisor de soldadores. Debe acotarse, que las secciones contempladas en los cuestionarios, se consideran a partir de los requerimientos que se verifican en la Norma COVENIN 2266: Guía General para la Evaluación del Programa de Higiene y Seguridad Ocupacional, la cual no es aplicada por redundar, pero ciertamente sirven de guía en la determinación de posibles deméritos de puesto de trabajo analizado. Las secciones consideradas se listan a continuación: Educación y Capacitación, Medio Ambiente de Trabajo, Actitudes Impopias, Ergonomía, Equipos de Protección Personal, Dotaciones de Medios de Seguridad y Servicios Básicos, Servicio Médico Laboral, Servicio de Seguridad y Salud en el Trabajo, Prevención del Uso de Acetileno y Consideraciones complementarias NTP 494: Soldadura Eléctrica al Arco.

Así, a partir de los resultados que se obtienen, se jerarquizan los niveles de riesgo de las variables en estudio (Tabla No. 1), y se sugieren acciones correctivas primarias en la ejecución de los procesos. Posteriormente y tal como lo sugiere la norma NTP 324 titulada “Cuestionario de Chequeo para el control de riesgos de accidente”, se realiza un análisis de las posibles causas de los riesgos identificados, para ir a la fuente (ver Fig. 4).

A partir de los diagnósticos anteriores, se identifica que existen riesgos laborales y posturales que atentan contra la integridad del soldador, por lo que se considera adecuado definir algunos parámetros de los riesgos para cuantificar los posibles daños. Para ello, se utiliza el método LEST (INSHT NTP 175, 1986), que abarca los principales riesgos que afectan al trabajador y hace énfasis en los disergonómicos, evaluando condiciones de trabajo específicas.

Cap. 8: Mejora de las condiciones ergonómicas....

Tabla No. 1. Riesgos identificados en puesto de trabajo.

Riesgo	Nivel de Intervención	NR	Aspectos a Corregir
Educación y Capacitación	I	4000	Implementar charlas de capacitación, cursos, carteleros y otros medios de divulgación en materia de Seguridad y Salud Laboral a los trabajadores.
Ergonomía	I	2400	Implementar pausas activas en las rutinas de trabajo para evitar monotonía en las operaciones, y dar recesos ante movimientos repetitivos y posturas inadecuadas.
Equipo de Protección Personal (EPP)	I	2400	Velar por el uso frecuente de los EPP así como por la reposición oportuna de los mismos y evaluar constantemente si es posible hacer mejores adaptaciones.
Servicio Médico Laboral	I	2400	Establecer las medidas mínimas necesarias para garantizar la atención primaria de accidentes y enfermedades profesionales dentro de la empresa.
Condiciones Físicas de Trabajo	I	2400	Instalar medios locales de extracción de humos que minimicen la exposición a gases tóxicos y fuentes que absorben los ruidos presentes en el desarrollo de las actividades.
Servicio de Seguridad y Salud en el Trabajo	I	2400	Activar el Servicio de Seguridad y Salud, para que se gestione la seguridad y salud en la empresa, mediante registros oportunos de accidentes, accidentes, enfermedades comunes y profesionales.
Actitudes Impropias	I	2400	Infundir en los trabajadores estados de alerta siempre que desarrollen sus actividades dentro del Taller, para evitar negligencias producto de la frecuente tertulia.
Medio Ambiente de Trabajo	I	2400	Organizar y proteger la disposición de los cables de soldadura de manera que estos no sean pisados por los operarios de zonas vecinas y no interrumpen la libre circulación, y realizar la demarcación del puesto de trabajo del soldador.
Dotaciones de Medios de Seguridad y Servicios Básicos	I	2400	Implementar en las salas de descanso un programa físico para evitar lesiones musculoesqueléticas. Fortalecer el uso de sistemas contra incendios.
Consideraciones Complementarias basadas en la NTP 494: Soldadura eléctrica al arco	I	2400	Instalar carcassas protectoras en los bormes de la conexión principal. Soldar sobre bases sólidas y estables. Limpiar los puentes de soldar para eliminar de posibles partículas combustibles. Mantener la ropa libre de componentes combustibles (grasa, disolventes, sustancias inflamables).
Prevención de uso del Arco	III	80	Incluir portones corta fuegos en las salidas de emergencias.

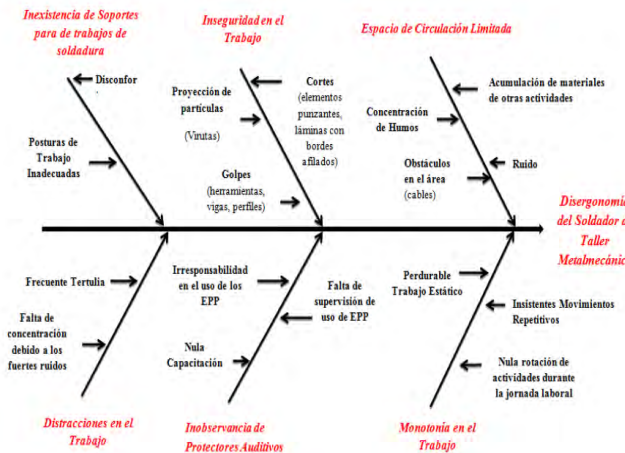


Fig. 4. Diagrama Ishikawa. Puesto de Trabajo del Soldador Metalmeccánico.

Tabla 2. Calificación dimensiones y Variables por Método LEST.

Dimensiones	Variable	Valoración	Calificación
Cargas Físicas	Carga Estática	10	Molestias Fuertes. Posturas incómodas sostenidas.
	Carga Dinámica	9	Molestias Fuertes. Ciclos de trabajo repetitivos.
Entorno Físico	Ambiente Térmico	1	Situación Satisfactoria.
	Ruido	10	Temperatura Efectiva 4 °C. Fuertes Molestias. $L_{eq} = 86,95dB \sim 85dB$
	Ambiente Luminoso	1	Situación Satisfactoria. 593, 5479 Lux y 595, 6492 Lux $\sim 580 Lux$ .
	Vibraciones	1	Situación Satisfactoria. Las máquinas herramientas no generan vibraciones al operador.
Carga Mental	Presión de Tiempo	6	Molestias Medias. Lapso de culminación de proyectos definidos.
	Atención	8	Molestias Medias, requerimiento indispensable de la Seguridad Laboral.
	Complejidad	8	Molestias Fuertes. Realización de Labores a partir de posturas forzadas.
Aspectos Psicosociales	Iniciativa	1	Situación Satisfactoria. El soldador resuelve con paciencia sus labores.
	Comunicación	6	Molestias Medias. Frecuentes Tertulias.
	Relación con el Mando	1	Situación Satisfactoria. Indicaciones iniciales de trabajos.
	Status Social	1	Situación Satisfactoria. Alta calificación.
Tiempos de Trabajo	Cantidad y Organización	8	Molestias Fuertes. No existencia de recesos.
	Tiempo de Trabajo	8	Molestias Fuertes. No existencia de recesos.

Surge entonces la necesidad de realizar una evaluación exhaustiva postural, donde se cuantifiquen los riesgos, resultando el método especializado RULA (McAtamney y col, 1993), el adecuado al caso por cuanto permite evaluar directamente las zonas del cuerpo que se afectan. Así, a partir de las posturas adoptadas

por los trabajadores, captadas en las fotografías tomadas durante las jornadas de trabajo, resulta necesario el uso de la herramienta AUTOCAD, para la medición de los ángulos adoptados por las diferentes partes del cuerpo del trabajador, con respecto a los ejes de referencia natural. En ese sentido, se estudian cuatro (4) posturas inadecuadas que frecuentemente adoptan los soldadores, en sus labores diarias.

Se detalla inicialmente la evaluación de la Postura I del soldador denominada “sentado”, en los grupos que indica el método: Grupo A: brazos, antebrazos y muñecas y un Grupo B que involucra las piernas, tronco y cuello (Fig. 6).

Así, continuando con la evaluación que establece el método RULA (donde se le han dado puntuaciones a cada ángulo reflejado en la postura con los ejes de referencia) y de acuerdo a que el soldador realiza una actividad estática y altamente repetitiva, y que levanta cargas (fuerzas) que oscilan entre 2 y 10 kg, se establece que las valoraciones del método para cada grupo de miembros es de 4



Fig. 6. Evaluación RULA. Postura 1: “Soldador Sentado”.

y 8 respectivamente, lo que determina que la postura se ubica al totalizar los puntajes de valoración en el nivel postural 7 de mayor riesgo (Fig. 7) que demanda “cambios urgentes en la tarea”.

Postura C	Formación D						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

Fig. 7. Valoración Postura 1: “Soldador Sentado” por método RULA.

Se evalúa posteriormente, la *Postura 2* del soldador, denominada “de Cuclillas”, donde se aprecian en la Fig. 8, ángulos poco convenientes para el trabajador, si además se realiza la actividad de forma estática y prolongada por espacios de tiempo largos para lograr precisión y de forma repetitiva, sin obviar que se asumen cargas y fuerzas entre 2 y 10 kg.

La postura 2, totaliza una valoración postural de 7, de gran riesgo que demanda “cambios urgentes en la tarea”.

Debe resaltarse, que a la postura frecuente de cuclilla, se le captura en una de las tareas observadas una postura crítica donde, además, el soldador realiza una inclinación lateral del tronco, que incrementa aún más el riesgo postural (Fig. 9).

Dicha postura no puede evaluarse (trazos de ángulos) debido a la oblicuidad de la misma, de modo que, respetando lo que señala el Método RULA se determina que la postura de cuclillas con lateralización de torso es aún más crítica.

**GRUPO A**

El brazo está flexionado con un ángulo de 59° respecto al tronco a esto le corresponde 2 puntos.

- Existe apoyo -1
- No existe abducción.
- Se observa rotación de brazo -1

Total=2 puntos.

El antebrazo forma 66° a esto le corresponde 1 punto.

- No existe abducción.
- No existe ubicación a un lado del cuerpo
- No Cruza la línea media

Total= 1 punto.

La muñeca permanece recta lo cual corresponde 1 punto.

- No existe desviación radial ni cubital

Total= 1 punto.

El giro de muñeca realiza movimiento de pronación extrema al momento de ejercer la soldadura por lo cual se le suma 2 puntos.

Total= 2 puntos.

**GRUPO B**

El cuello forma un ángulo 60° con respecto al tronco por lo tanto le corresponde 3 puntos.

- El cuello presenta rotación por ello se suma 1 punto.
- Debido a que el cuello tiene inclinación lateral se suma 1 punto.

Total=5 puntos.

El tronco está flexionado con un ángulo de 60° lo que corresponde a una puntuación de 3 puntos.

- No posee rotación.
- No posee inclinación lateral.

Total = 3 puntos.

Las Piernas no tienen el peso simétricamente distribuido.

Total= 3

**NOTA**  
El perfil derecho representado en la fotografía es el lado más crítico, debido a que el brazo derecho es el que realiza las operaciones de soldadura, mientras que el otro está en reposo.

Fig. 8. Evaluación RULA. Postura 2: “Soldador de Cuclillas”.



Fig. 9. Postura Crítica de Cuclillas.

Otras *Posturas*(3 y 4) frecuentes que adoptan los soldadores metal-mecánicos en los talleres o lugares de trabajo, corresponde a estar de pie con el torso ligeramente rotado e inclinado como se observan en las figuras 10 y 11. Por los ángulos determinados en las imágenes versus los ejes de referencia y las características de la actividad (estática, repetitiva y cargas/fuerzas de 2-10 kg), el método de valoración también establece que ambas posturas revisten también un nivel de riesgo 7 y que requiere “cambios urgentes en la tarea”.

**GRUPO A**

El brazo en estudio es el derecho ya que es el que realiza la soldadura y para ello requiere mayor grado de elevación. Dicha elevación se presenta en extensión y forma de 0° a 20° con el eje de referencia (tronco) al cual le corresponde 1 punto.

- No existe apoyo
- Existe abducción -1
- Se observa elevación de hombro -1
- Se observa rotación en el brazo -1

Total=4 puntos.

El antebrazo forma ángulos entre 60° y 100° con el eje de referencia (tronco), a esto le corresponde 1 punto.

- No existe ubicación a un lado del cuerpo

Fig. 10. Postura 3 Soldador apoyado en un pie y rotado.

- No Cruza la línea media
- Total= 1 punto.
- La muñeca oscila entre 0 y 15°
- No existe desviación radial ni cubital

Total= 2 puntos.

El giro de muñeca realiza movimiento de pronación media al momento de ejercer la soldadura por lo cual se le suma 1 punto.

Total= 1 punto.

**GRUPO B**

El cuello forma ángulos de > 20° con respecto al tronco por lo tanto le corresponde 3 puntos.

- Debido a que el cuello tiene inclinación lateral se suma 1 punto.
- El cuello presenta rotación por ello se suma 1 punto.

Total=5 puntos.

El tronco está flexionado con un ángulo de 20° a 60° lo que corresponde a una puntuación de 3 puntos.

- Posee rotación +1.
- Posee inclinación lateral +1.

Total = 8 puntos.

Las Piernas no tienen el peso simétricamente distribuido.

Total= 2

Nota: situaciones limitantes no permitieron la captura del proceso desde el lado izquierdo (lado crítico) pero la observación continua por medio de las vistas al Taller y videos registrados respaldan las decisiones tomadas en cuanto a los ángulos seleccionados. Por otra parte, se observa que el soldador no adopta el correcto apoyo de ambos pies de manera continua a lo largo de la jornada, es por esto que se considera para el estudio la situación más crítica, es decir, apoyo incorrecto de los miembros inferiores.

Fig. 11. Postura 4 Soldador de pie, rotado e inclinado.

### Simulación del Ambiente Real de Trabajo del Soldador

Para validar la evaluación realizada, se utiliza la herramienta de diseño, fabricación e ingeniería CATIA (CAD-CAM-CAE) - Módulo de ergonomía, que permite reproducir las condiciones de trabajo a través de la simulación de una postura laboral y así realizar el análisis postural requerido. Se aplica el estudio de ergonomía y confort con la opción “ErgonomicsDesing&Analysis”, y se construye un maniquí con las características de sexo y percentil acorde a población de origen (nacionalidad – dimensiones corporales estandarizadas), se establecen

las actividades del entorno laboral en tiempo real (levantamiento, desplazamiento, carga y descarga), se indican las herramientas de trabajo con cinemática directa e inversa y así se realiza el análisis postural respectivo.

Como se detalla en la Fig. 12, se diseña la estructura del galpón de trabajo, cerchas, paredes y separaciones. Luego, se seleccionan los instrumentos, medios y equipos de trabajo como son: fuente de poder, porta-electrodo, bombona de oxígeno, y mesones de trabajo (Fig. 13).

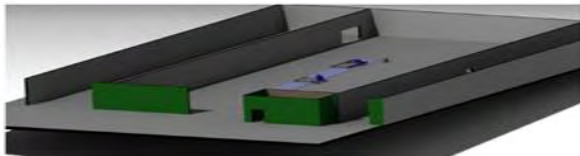


Fig. 12. Simulación de Ambiente de trabajo del soldador. Fuente: CATIA.

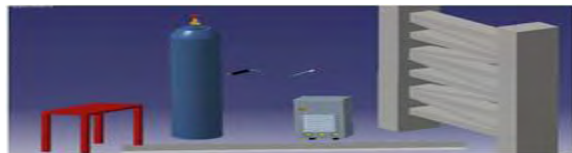


Fig. 13. Herramientas y utensilios de trabajo del soldador. Fuente: CATIA.

Con la función "Posture Editor" se modifica la postura del maniquí mediante pautas predefinidas y se adaptan piernas y brazos en posición de la simulación (grados de libertad y ángulos). Luego se incorporan las herramientas y piezas de trabajo, previamente identificadas (Ver Fig. 14).



Fig. 14. Demostración postural del maniquí adoptando la Postura 1.

### Análisis ergonómico por el método RULA.

Para realizar el análisis ergonómico de las posturas frecuentes del soldador, se selecciona la opción "RULA Analysis" y el maniquí. De modo que:

*Postura 1: Sentado.* Evaluación Rula de la postura del lado derecho e izquierdo.

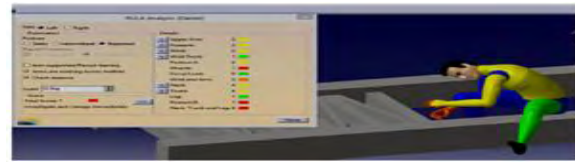
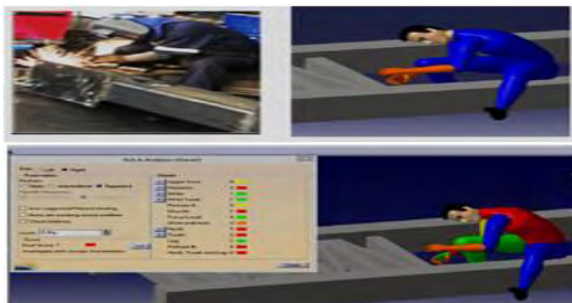


Fig. 15: Análisis RULA Postura 1: Sentado (lado der.e izq.).

Desde la perspectiva derecha (Fig. 15), se observan fuertes afecciones en la columna (sombreado de rojo en el maniquí) que llevan a plantear el rediseño del puesto de trabajo. Es notable que dicha situación es generada por los grados de flexión, el giro y la inclinación lateral del tronco generandocompresión de vértebras. Igualmente, el cuello sufre afecciones musculoesqueléticas debido a que el operario lo gira e inclina lateralmente durante más de 30 seg y de forma repetitiva, para obtener la visualización del cordón de soldadura.Lado Izquierdo (Fig. 16): Se verifica en este caso, que la columna se encuentra inclinada y el brazo (izquierdo) se encuentran en posición forzada, por el efecto que genera que cruce la línea media del cuerpo (remarcado en color amarillo por representar el riesgo en el mismo).

*Postura 2: de cuclillas.* El análisis RULA de ambos lados, considerando la lateralización del tronco (situación crítica).(Fig. 17), muestra un alto grado de compresión en la columna (rojo) debido a inclinación lateral de la misma y el cuello (resaltado en amarillo), encontrándose también por superarse los ángulos de confort. Así, el brazo que realiza la soldadura (derecho) se encuentra comprometidopor ubicarse en rangos de esfuerzo postural.

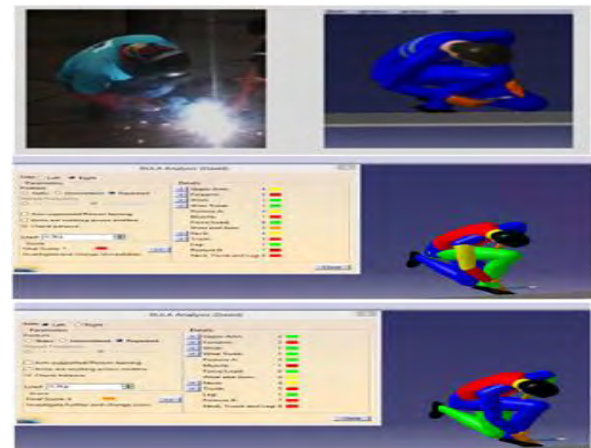


Fig. 17: Análisis RULA Postura 2: De cuclillas (lado der. e izq.).

*Postura 3: De pie (con uno solo apoyado), inclinada con torso rotado.* Evaluación Rula de la postura del lado derecho e izquierdo.

Se muestra en la Fig. 15, la adopción de una postura incomoda por parte del trabajador, puesto que el brazo derecho debe ser alzado en abducción y rotación generando grandes incomodidades (de allí los sombreados amarillo-antebrazo y rojo-brazo). La colocación del tronco también genera condiciones de riesgo que deben

ser modificadas. En el análisis del lado derecho se observa el ángulo forzado de la muñeca, el cual no se refleja en amarillo porque los movimientos son rápidos y breves. Adicional, se observa la colocación de un medio de trabajo inadecuado, como lo representa la banqueta metálica que no se fija al piso, y por ende, añade un riesgo adicional a la labor.

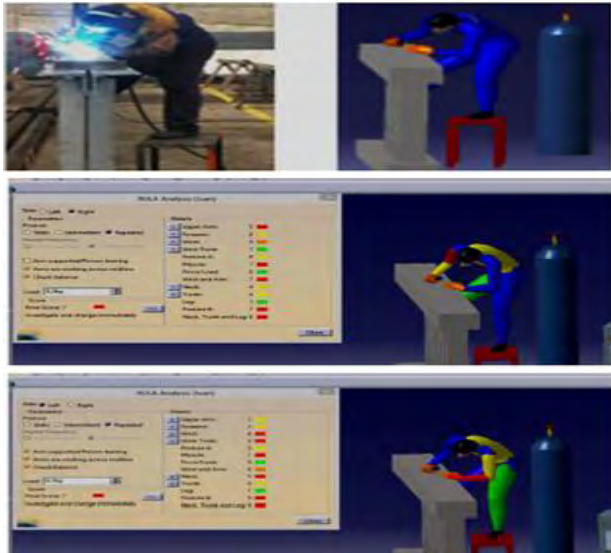


Fig. 15: Análisis RULA Postura 2: De Pie inclinado y rotado (der. e izq.).

Al confirmar la reproducibilidad del ambiente real en las posturas de los maniqués, se comprueba también las condiciones forzadas (como son las zonas rojas y amarillas mostradas en cada una de las imágenes), a las que continuamente se somete el trabajador cuando realiza su trabajo; sin obviar, la repetitividad de las posturas a lo largo de la jornada laboral y que muchas veces dichas posturas deben rigidizarse para dar más precisión a la elaboración de los cordones de soldadura.

## 5 Propuestas de Mejora y Programa Ergonómico.

A continuación, se establecen algunas propuestas de mejora, a partir de los deméritos y puntos de mejora determinados en los análisis LEST y RULA, así como en la simulación, detallados por factores de incidencia ergonómica y física:

- **Carga Postural:**

Existen dos alternativas que pueden adoptar para corregir la degeneración del sistema musculoesquelético del soldador:

A -Desarrollar un sistema preventivo de rotación de puestos de trabajo (Corto Plazo):

- 1) Incluir rutinas de calentamiento antes de iniciar los trabajos de soldadura
- 2) Clasificar las actividades de la jornada diaria en base a los distintos niveles de riesgos posturales.

3) Alternar entre operarios las tareas preestablecidas de manera que las cargas posturales intrínsecas de las actividades no recaigan sobre un mismo grupo muscular durante toda la jornada, para ello se establecen cambios posturales cada hora (INSHT, El Descanso en el Trabajo (I): Pausas, 2011) sin adoptar dos posturas de alto riesgo consecutivamente durante el intercambio de puestos. Eso amerita, que el personal de Seguridad Laboral, deba analizar las tareas de una jornada planificada para realizar la alternabilidad.

4) Implementar pausas de trabajo de 5 minutos, previamente orientadas por la empresa (INSHT NTP 916, 2011).

B -Rediseño del Puesto de Trabajo (Mediano Plazo, por la adopción de medidas):

La evaluación de las diferentes posturas adoptadas por el soldador en su Puesto de Trabajo permite conocer que la alta carga y esfuerzo que las mismas imponen, disminuyen cuando el operario mantiene su espalda recta y erguida. Es por ello, que se sugiere el uso de medios de transporte (Puentes grúas) de piezas a soldar, suspendidas de forma segura que permitan realizar la soldadura a una altura más cómoda, tal como se muestra en la Fig. 16, simulada en software CATIA y evaluado en el módulo de análisis RULA.

En la Fig. 17, se muestra el resultado de la evaluación RULA de los cambios introducidos, respecto a la postura de trabajo de pie con espalda recta, a manera de asumir una postura del cuello y espalda sin grados de inclinación y sin elevación de hombros ni abducción de brazos, de modo que los brazos puedan tener una posición relajada y cómoda de trabajo (ángulos entre 0° - 60°).

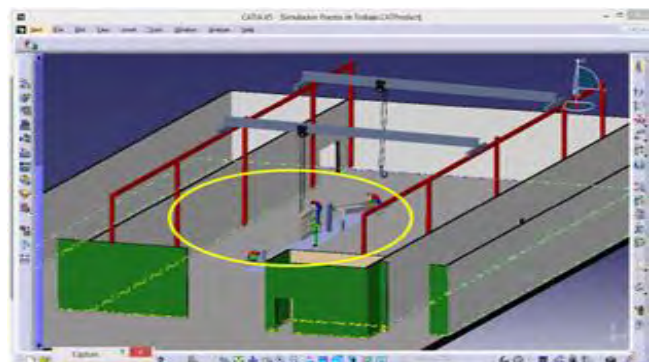


Fig. 16. Rediseño de puesto de trabajo. Utilización de puentes grúa.





Fig. 17. Evaluación RULA. Postura de pie para soldadura aérea.

De la figura anterior se puede extraer que no se observan partes del cuerpo forzadas, que disminuye el riesgo postural y se elimina la adopción de ángulos inadecuados en su totalidad, por cuanto las zonas del cuerpo se encuentran en ángulos de confort. Se puede observar que en el cuadro de análisis RULA existe el factor Muscle en rojo, por el cansancio muscular de la postura de pie prolongada. Ese factor, puede disminuirse con una pausa activa o un descanso bien guiado, de modo que no se demanda el rediseño de trabajo.

Con el uso de grúas para soldadura aérea, se elimina en gran medida los riesgos musculo-esqueléticos, pero surgen nuevos riesgos mecánicos y eléctricos, correspondientes al traslado y manejo de materiales aéreos de pesos considerables tales como vigas, cerchas en construcción y ángulos, o incluso el mismo hecho de desplazar la grúa sin carga puesto que pueden generar caídas de equipos, o herramientas sobre los trabajadores y golpes a operarios. Así, para evitar los nuevos riesgos se sugieren (Fig. 18):

-Plataformas de soporte para las piezas a soldar (elevadores de 4 columnas) de dimensiones ajustadas al espacio libre del área de trabajo (1.6 m x 18 m), demarcados en amarillo con espacio de servidumbre suficiente para evitar que otros operarios accedan al área y se sometan a riesgos adicionales.

- Deben colocarse en las paredes adyacentes al puesto de trabajo, señales lumínicas para alertar la realización de soldadura aérea o de piezas colgantes. Los dispositivos lumínicos empleados deben activarse sonoramente cuando se trasladen las cargas mediante el puente grúa (difusores de alarma sonora con avisador lumínico de LED).

-Incluir el uso de Alfombras Antifatiga de soldadura, fabricados con caucho ignífugo, resistente a altas temperaturas (más de 260°C) provenientes de chispas, con un espesor de 3 milímetros. Estas alfombras, ayudan a evitar las dolencias en la zona lumbar.

-Incluir el uso de Plantillas Antifatiga para los soldados.

Se recomienda el uso de plantillas antifatiga por parte de los soldados, por cuanto reducen en un 68% aproximadamente, el cansancio en los pies producto de estar de pie en la jornada laboral (Sobel y col, 2001).

- Variables físicas (Ver Fig. 18):

Para disminuir los niveles de Ruido:

- Disponer y exigir la colocación de los protectores auditivos.

- Construir una cámara anecoica con cartones de Huevo en las Paredes del Taller Metalmecánico (cámaras anecoicas), para generar la nula percepción del ruido exterior, por el vacío creado, fundamentándose en el principio que el sonido puede propagarse en cualquier medio menos en el vacío (Piedrahita y col, 2012, vol.34, n.4).



Fig. 18. Propuestas de mejora: minimizar riesgos por soldadura aérea.

Para disminuir la acumulación de Humos (Ventilación):

- Inclusión de tecnologías de extracción de humos localizada, consistente de una aspiradora de filtrado con limpieza automática, para grandes cantidades de humos/polvos de soldadura la cual absorbe incluso partículas inferiores a 0,1  $\mu\text{m}$  y es de uso continuo, colocada a un lado del mesón de trabajo.

## 6 Conclusiones

El puesto de trabajo de un Soldador Metalmecánico supone riesgos ergonómicos constantes propios de la actividad de soldadura en espacios limitados y piezas de configuraciones físicas irregulares. La verificación de las condiciones de trabajo en ambientes reales confirma que los trabajadores de esa área que reportan ausentismo por enfermedades musculo-esqueléticas, atiende en gran medida a dolencias lumbares y cervicales.

Se utiliza el Método RULA de evaluación ergonómica en las áreas de trabajo de los soldados, destacando posturas forzadas, movimientos repetitivos prolongados y ambientes poco amigables ruidosos, turbios y enrarecidos (gases y humos). En base a que son las posturas inadecuadas y forzadas, adoptadas por el trabajador durante largos períodos, las condiciones que más afectan al trabajador, el método OWAS de evaluación postural, resulta útil y necesario, pues efectivamente se verifica un alto grado de riesgo postural al superarse los grados de confort en las diferentes partes del cuerpo, sugiriendo recurrentemente que las partes más forzadas corresponden al cuello y tronco por la adopción de ángulos dentro de rangos críticos e inclinaciones y rotaciones que perjudican al trabajador.

El uso de programas informáticos como el CATIA, que disponen opciones de evaluación ergonómica permite reproducir el ambiente real de trabajo del soldador o

de cualquier puesto de trabajo, para evidenciar y validar las condiciones a las que se ven sometidos, destacando en este caso las posturas forzadas que propician lesiones en espalda, cuello, brazos, antebrazos y muñecas. A partir de las condiciones indeseadas de trabajo, se propone el rediseño del puesto de trabajo de soldador (el cual vale decir es común en diferentes empresas del ramo), y supone el uso de elementos de trabajo como puentes grúa, plataformas de elevación de piezas, elementos anti-fatiga y pausas activas así como el reacomodo postural durante las jornadas de trabajo para minimizar el impacto negativo. Así, procurar el uso de los EPP, extractores localizados, y cámarasanecoicas para generar mayor confort en el trabajo.

Vale resaltar que la investigación se desarrolla en la ciudad de Mérida donde las condiciones de trabajo de temperatura y humedad son bastante favorables para los trabajadores, de modo que resulta interesante considerar en una próxima investigación, la influencia de estas variables en condiciones más extremas, en zonas como El Vigía o en la Ciudad de Coro, que implican temperaturas superiores a los 38°C y humedades relativas altas o muy bajas respectivamente.

## Referencias

- Asensio S, Bastante M, Diego J, 2012, Evaluación ergonómica de puestos de trabajo. Madrid, España: Paraninfo.
- Caravalló Y, 2013, Epidemiología de los Trastornos Musculoesqueléticos de Origen Ocupacional. Recuperado el 9 de Noviembre de 2015, de Temas de Epidemiología y Salud Pública: [http://www.mundocupacional.com/descargas/articulos/Epidemiologia\\_trastornos\\_musculoesqueleticos\\_origen\\_%20ocupacional.pdf](http://www.mundocupacional.com/descargas/articulos/Epidemiologia_trastornos_musculoesqueleticos_origen_%20ocupacional.pdf)
- Cavassa C, 2007, Seguridad un Enfoque Integral. México: LIMUSA S.A.
- CEPYME ARAGON. (18 de Mayo de 2009). ISSUU. Obtenido de ISSUU: [https://jeffersonal.issuu.com/cepyme-aragon/.../2009\\_fprl\\_soldadura](https://jeffersonal.issuu.com/cepyme-aragon/.../2009_fprl_soldadura)
- Clemer D, Mohr D, Mercer D, 1991, Low back injuries in a heavy industry Part I: Workers and workplace factors. Spine.
- COVENIN No. 474. (1997). Registro, clasificación y estadísticas de Lesiones de Trabajo. Registro, clasificación y estadísticas de Lesiones de Trabajo. Valencia, Carabobo, Venezuela: Fondonorma.
- COVENIN No. 630. Definiciones y clasificación de las medidas del cuerpo para hombres adultos. 1974. Fondonorma.
- COVENIN No. 1565. (1995). Ruido Ocupacional. Programa de Conservación Auditiva. Niveles Permisibles y Criterios de Evaluación. Ruido Ocupacional. Programa de Conservación Auditiva. Niveles Permisibles y Criterios de Evaluación. Valencia, Carabobo, Venezuela: Fondonorma.
- COVENIN No. 2237. 1989. Ropa, Equipos y Dispositivos de Protección Personal. Selección de acuerdo al Riesgo Ocupacional. Ropa, Equipos y Dispositivos de Protección Personal. Selección de acuerdo al Riesgo Ocupacional. Valencia, Carabobo, Venezuela: Fondonorma.
- COVENIN No. 2249, 1993, Iluminancias en Tareas y Áreas de Trabajo. Iluminancias en Tareas y Áreas de Trabajo. Valencia, Carabobo, Venezuela: Fondonorma.
- Ergonautas. (2016). Portal de Ergonomía desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado el 20 de marzo de 2016, de [www.ergonautas.com](http://www.ergonautas.com)
- Estrada J, 2000, Ergonomía. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- INPSASEL. (31 de Diciembre de 1973). Reforma parcial del reglamento de las condiciones de higiene y seguridad en el trabajo. Recuperado el febrero de 2016, de [http://www.inpsasel.gob.ve/moo\\_doc/rchts.pdf](http://www.inpsasel.gob.ve/moo_doc/rchts.pdf)
- INPSASEL. (s.f). Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo. Recuperado el 20 de febrero de 2016, de [http://www.inpsasel.gob.ve/moo\\_news/lopcymat.html](http://www.inpsasel.gob.ve/moo_news/lopcymat.html)
- INSHT NTP 175, 1986, Evaluación de las Condiciones de Trabajo. Método LEST. Evaluación de las Condiciones de Trabajo. Método LEST. Barcelona, España: INSHT.
- INSHT NTP 179, 1987, La Carga Mental del Trabajo: Definición y Evaluación. La Carga Mental del Trabajo: Definición y Evaluación. Barcelona, España: INSHT.
- INSHT NTP 330, 1990, Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente. Madrid: Ministerio de trabajo y asuntos sociales España.
- INSHT NTP 477, 1998, Levantamiento manual de cargas: ecuación del NIOSH. Barcelona, España: INSHT.
- INSHT NTP 916, 2011, El descanso en el trabajo (I): pausas. El descanso en el trabajo (I): pausas. Barcelona, España: INSHT.
- Jeffus L, 2009, Soldadura: Principios y Aplicaciones. Madrid: Paraninfo CESOL.
- McAtamney, L., Corlett, N. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, 91-99.
- Mondelo P, Gregori E, Barrau P, 2001, Ergonomía 1 Fundamentos. Universidad Politécnica de Catalunya: Mutua Universal.
- Mondelo P, Gregori E, Barrau P, 2011, Ergonomía 3 Diseño de Puestos de Trabajo. Universidad Politécnica de Catalunya: Mutua Universal.
- Montiel M, Lubo A, Quevedo A, Rojas L, Chacín B, Sanabria C, 2006, Valoración de la carga postural y riesgo musculoesquelético en trabajadores de una empresa metalmeccánica. Recuperado el 13 de octubre de 2015, de [Salud de los trabajadores:](http://www.saludtrabajo.com)



[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1315-01382006000100006&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1315-01382006000100006&script=sci_abstract)

Ochoa A, Tang L, 2006, Propuestas de Mejoras Ergonómicas en el área de mecanizado de una empresa Metal-mecánica (Caso: AFFINIA DE VENEZUELA C.A.). Valencia: Universidad de Carabobo.

Piedrahita Y, Fajardo F, 2012, Construcción de una cámara anecoica para la caracterización de la pérdida de transmisión . Scielo: Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.34, n.4.

Rivas R, 2007, Ergonomía en el diseño y producción industrial. Buenos Aires: Nobuko.

Rodríguez E, Medina E, Manero R, 2008, Evaluación del nivel de riesgo a lesiones músculo esqueléticas en el sector automotriz venezolano. SCIELO: Universidad, Ciencia y Tecnología, V.12 n.48 Puerto Ordaz.

Sobel E, Levitz S, Christos P, Caselli M, Rosenblu J, 2001, The effect of customized insoles on the reduction of postwork discomfort. J Am Podiatr Med Assoc. , 515-520.

SOLDAINDUSTRIAL C.A. (20 de Marzo de 2016). Soldaindustrial: su Centro Integral de Soldadura. Obtenido de Soldaindustrial: su Centro Integral de Soldadura: <http://soldaindustrial.com/historia.html>

**Yopez Sara:** *MSc en Ingeniería de Mantenimiento (ULA, 2009), profesora asistente de la catedra de Gerencia y Producción de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Los Andes. Prof. del Postgrado de Ingeniería de Mantenimiento de la ULA e integrante del Grupo de Investigación GRUTEC-ULA.*

**Rodríguez, Deliher:** *Ingeniero Mecánico, 2017. Inversiones, Construcciones y Proyectos C.A. Coordinadora de Ambiente y Salud Laboral, Edo. Barinas. Correo electrónico: [deliherrv91@gmail.com](mailto:deliherrv91@gmail.com)*