



# REPORTES CIENTÍFICOS

D E L A F A C E N

ISSN 2078-399X (impreso)

ISSN 2222-145X (online)

Volumen 11

Número 2

2020

Reporte del estado de la Bahía de Asunción en los meses de diciembre 2016 y marzo 2017 respecto de la situación fisicoquímica del sedimento y elutriado.

---

La educación ambiental relacionada al desarrollo sostenible en las instituciones educativas del municipio de Villa Hayes.

---

Análisis del activo para la innovación en el clúster textil de Paraguay.

---

Bases para el diseño de políticas públicas de manejo de recursos naturales vinculados al desarrollo sostenible, en la ciudad de Itauguá

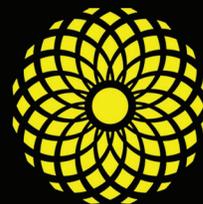
---

Interfaz tecnológica-regulatoria: desarrollo de un medicamento de origen biológico para el tratamiento de úlceras crónicas con elevado volumen de exudado.

---

Determinación de di(2-etilhexil) adipato en aguas del lago Ypacarai por microextracción líquido-líquido dispersiva.

---



**FACEN**

Facultad de Ciencias  
Exactas y Naturales

PUBLICACIÓN CIENTÍFICA  
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN-PARAGUAY

# REPORTES CIENTÍFICO DE LA FACEN



*Reportes Científicos de la FACEN*, es una revista de acceso libre y gratuito y es la publicación científica oficial de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción. Es emitida semestralmente y publica artículos originales, artículos de revisión, tópicos actuales, reportes de casos, comunicaciones cortas y cartas al editor, en las áreas de Biología, Química, Física, Matemática Pura, Matemática Estadística, Geología, Biotecnología y Tecnología de Producción. Los trabajos y opiniones publicados en la revista son de exclusiva responsabilidad de los autores.

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

Prof. Dra. Zully Vera de Molinas  
Rectora

## FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Prof. Constantino Nicolás Guefos Kapsalis, MAE  
Decano

### Dirección Web

[www.facen.una.py](http://www.facen.una.py)

## REPORTES CIENTÍFICOS DE LA FACEN

### Dirección postal

Reportes Científicos de la FACEN, Dirección de  
Investigación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,  
Campus Universitario, Casilla de Correo 1039, San Lorenzo,  
Paraguay

### Teléfono/Fax

595 21 585600 interno 237

### E-mail

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

### Dirección web

<http://www.facen.una.py/es/publicaciones-cientificas/>

---

### Editor en Jefe

Prof. Dr. Fernando José Méndez Gaona, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad Nacional de Asunción

### Comité Editorial Nacional

Dr. Bolívar Rafael Garcete Barrett  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad Nacional de Asunción

Lic. Nery López  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad Nacional de Asunción

Dra. Celeste Vega  
Centro para el Desarrollo de Investigación Científica

Dra. Miriam Rolon  
Centro para el Desarrollo de Investigación Científica

Dra. Antonieta Rojas de Arias  
Organización Panamericana de la Salud - Paraguay

### Comité Editorial Internacional

Dr. Robert Owen  
Texas Tech University - Estados Unidos

Dra. Ana Honfi  
Universidad Nacional de Misiones - Argentina

Dr. Julio Daviña  
Universidad Nacional de Misiones - Argentina

Dr. Nicolás Niveiro  
Universidad Nacional del Nordeste - Argentina

Dra. María Paula Badenes  
Universidad Nacional de La Plata - Argentina

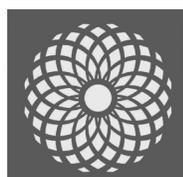
Dr. José Seguinot  
Universidad de Puerto Rico - Puerto Rico

Dr. Ángel Vara Vela  
Universidad de São Paulo - Brasil

Dr. Fábio Luis Teixeira Gonçalves  
Universidad de São Paulo - Brasil

Dr. Víctor Velázquez  
Universidad de São Paulo - Brasil

Dr. Sebastián Simondi  
Universidad Nacional de Cuyo - Argentina



# FACEN

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad Nacional de Asunción

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 11, Nº 2	julio-diciembre de 2020	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	------------------	----------------------------	---

# REPORTES CIENTÍFICOS

## DE LA FACEN

### ÍNDICE DE CONTENIDOS

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 11, Nº 2	julio-diciembre de 2020	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	------------------	----------------------------	---

#### ARTÍCULOS ORIGINALES

- 3-13 **Hajime G. Kurita, Gustavo Godoy, Mónica Benítez, César Vian, Martha S. Ávila, Rocío Vega, Juan Guillén, Hernán Caballero, Leónida Medina & Deidamia Franco.** Reporte del estado de la Bahía de Asunción en los meses de diciembre 2016 y marzo 2017 respecto de la situación fisicoquímica del sedimento y elutriado.
- 14-19 **Masayuki Miyazaki, Victorio Enrique Oxilia Dávalos & Mario Gustavo Leiva Enrique.** La educación ambiental relacionada al desarrollo sostenible en las instituciones educativas del municipio de Villa Hayes.
- 20-26 **Edgar Antonio Sánchez Báez.** Análisis del activo para la innovación en el clúster textil de Paraguay.
- 27-32 **Arami M. Zacarias Hermosilla, Rodolfo Canto Saenz & Fernando Méndez.** Bases para el diseño de políticas públicas de manejo de recursos naturales vinculados al desarrollo sostenible, en la ciudad de Itauguá.
- 33-47 **Cynthia Adriana Zacarias Chamorro, Maria Eugenia Sesto Cabral & Sonia Lorena Fretes de Aquino.** Interfaz tecnológica-regulatoria: desarrollo de un medicamento de origen biológico para el tratamiento de úlceras crónicas con elevado volumen de exudado.
- 48-55 **Sergio Rodríguez Bonet, Tomás López Arias & Julio Benítez Villalba.** Determinación de di(2-etilhexil) adipato en aguas del lago Ypacarai por microextracción líquido-líquido dispersiva.





## Reporte del estado de la Bahía de Asunción en los meses de diciembre 2016 y marzo 2017 respecto de la situación fisicoquímica del sedimento y elutriado\*

### Report of the Asuncion Bay status during the months of December 2016 and March 2017 in regard to the physical-chemical conditions of the sediment and elutriate\*

Hajime G. Kurita<sup>1,3,4</sup>, Gustavo Godoy<sup>1,3</sup>, Mónica Benítez<sup>1</sup>, César Vian<sup>1</sup>, Martha S. Ávila<sup>1</sup>, Rocío Vega<sup>1</sup>, Juan Guillén<sup>1</sup>, Hernán Caballero<sup>1</sup>, Leónida Medina<sup>2</sup>, Deidamia Franco<sup>1</sup>

\*Reporte basado en el Informe Técnico Final del proyecto 14-INV-342 presentado al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología del Paraguay en el año 2017.

<sup>1</sup>Afiliación durante el desarrollo del proyecto: Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, San Lorenzo, Paraguay.

<sup>2</sup>Dpto. de Investigación y Desarrollo - Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN). Asunción, Paraguay.

<sup>3</sup>Autores que contribuyeron directamente para el manuscrito.

<sup>4</sup>Autor de correspondencia, guillekurita@gmail.com. ORCID: 0000-0002-2621-0482.

**Resumen:** La Bahía de Asunción ha sufrido considerables modificaciones en los últimos años acompañando el crecimiento de la ciudad. Sin embargo, estudios sistematizados de la calidad del agua son aún una materia pendiente para el Estado. Para contribuir con conocimientos del estado de la Bahía, en este trabajo se presentan los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en dos periodos de muestreos en los años 2016 y 2017 (diciembre y marzo respectivamente). Se llevaron a cabo los análisis fisicoquímicos del sedimento, elutriado y agua superficial. Para ello se tuvieron en cuenta 9 puntos de muestreo. En total se realizaron 14 determinaciones para el agua de elutriado, 1 para agua superficial y 6 para sedimento. Los resultados para el agua de elutriado arrojaron 7 datos fuera del rango permitido en al menos una campaña, entre ellos el nitrógeno amoniacal, DBO5, DQO, plomo y los valores de coliformes fecales. En cuanto al sedimento, se encontraron valores altos de fósforo superando al nitrógeno y se observó que los metales pesados cromo y plomo se hallaban en una concentración mayor en el agua de elutriado.

**Palabras clave:** calidad de aguas, Bahía de Asunción, sedimento, elutriado, aguas superficiales.

**Abstract:** Asuncion Bay has been altered in the past years to follow the growth of the city. However, historically there have been no systematic studies of water quality. Here we present a chapter of a larger report presented to the CONACYT. In this manuscript, we present the results of the analysis of the physical-chemical aspect of the sediment, the elutriate and water from two sampling campaigns done during 2016 and 2017 (March and December, respectively). Nine samples were taken in total. The analysis consisted of 14 determinations for the elutriate, 1 for sediment and 6 for sediment. For the elutriate, 7 determinations (Nitrogen, COD, BOD, lead, and fecal coliforms) were out of the permissible values, according to the current regulation. In the sediment, phosphorous was higher than nitrogen, and heavy metal was higher than the elutriate.

**Key words:** water quality, Asuncion Bay, sediment, elutriate, superficial water

## Introducción

La Bahía de Asunción ha sufrido considerables modificaciones en los últimos años acompañando el crecimiento vial de la ciudad capital. Estas intervenciones posiblemente han hecho que algunos parámetros fisicoquímicos y biológicos de la bahía fueran alterados. Sin embargo, estos parámetros al no tener un valor histórico de referencia son difíciles de cuantificar y evaluar los daños que eventualmente se podrían estar ocasionando al cuerpo de agua.

En el Paraguay, la ley 3.239 de los Recursos Hídricos en el artículo 3 inciso c reza que “*Los recursos hídricos poseen usos y funciones múltiples y tal característica deberá ser adecuadamente atendida, respetando el ciclo hidrológico, y favoreciendo siempre en primera instancia el uso para consumo de la población humana*”. Por lo tanto, el estado paraguayo reconoce la importancia de mantener los cuerpos de aguas. Esto se ve reflejado también en la firma y adopción de convenios para la preservación

Recibido: 18/09/2020 Aceptado: 21/09/2020



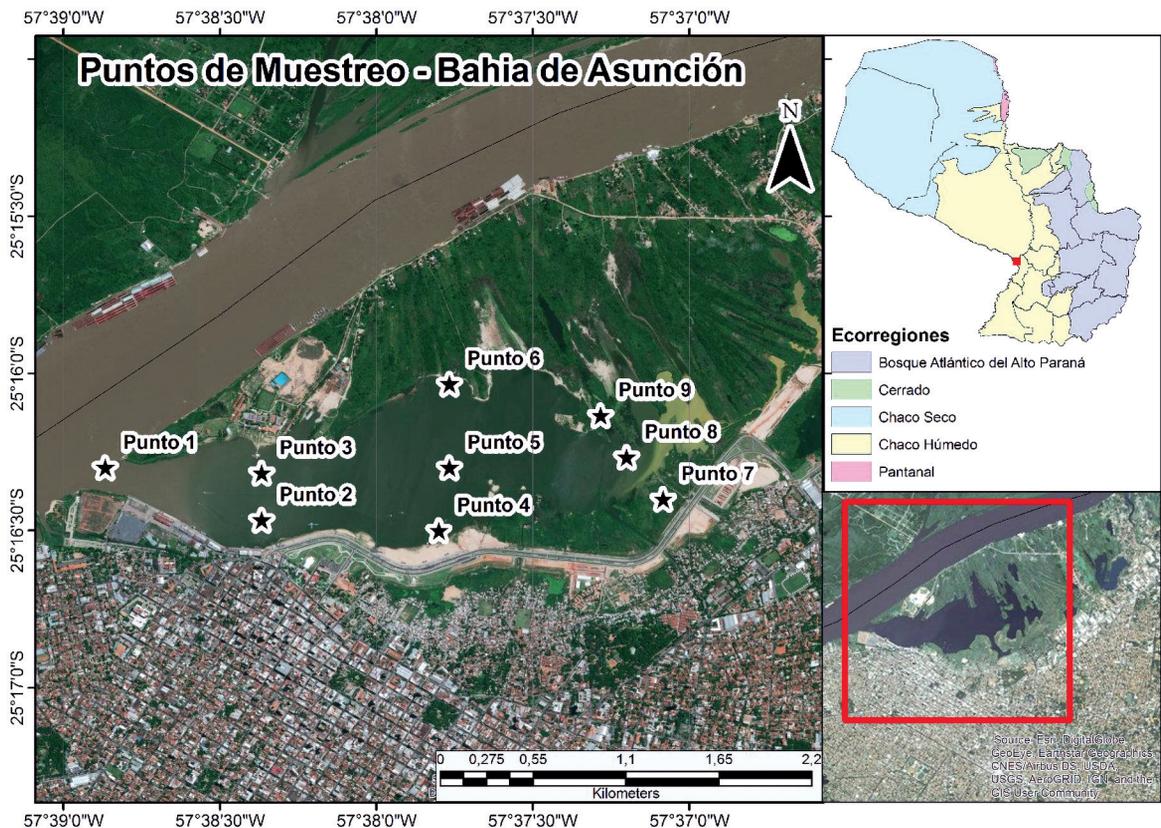


Figura 1. Área de estudio.

de estos (i.e. el marco normativo ambiental).

Por ello es importante y urgente la implementación de programas de monitoreo constante de la bahía, atendiendo las intervenciones humanas para el desarrollo de obras públicas.

En este reporte, ponemos a disposición los resultados de análisis fisicoquímicos obtenidos en el proyecto financiado por el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnologías (CONACYT) bajo el código 14-inv-342 llevado a cabo durante los años 2016 y 2017.

### Materiales y métodos

**Área de Estudio.** El espejo de agua que representa la Bahía de Asunción fue dividido en forma arbitraria en cuatro Zonas horizontales (1 al 4) para el estudio. Las Zonas abarcan desde la costa de la Avenida Costanera al sur y al norte hacia el club Mbigua (Figura 1). Para la toma de muestra en

cada Zona se tuvieron cuenta un total de 9 puntos detallados a continuación. Zona 1 que incluye a los puntos de muestreo 2, 4 y 7 y comprende el área más próxima al límite sur. Esta orilla está marcada por la Avenida Costanera de unos 4 km de longitud. La Zona 2 incluye a los puntos de muestreo 5 y 8 y corresponde a la parte media del cuerpo de agua. En la Zona 3 se encuentran los puntos de muestreo 3, 6 y 9, y por último la Zona 4 conformada por el punto 1 de muestro, que es el área que corresponde a la entrada a la bahía y único contacto con el río Paraguay (Tabla 1).

**Obtención de muestras.** La colecta de sedimento se realizó en los nueve puntos descritos anteriormente y especificados en la Tabla 1.

De cada punto se tomaron muestras mediante el uso de una draga Van Veen para 5 kg de capacidad. Para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos los sedimentos fueron colectados en bolsas de plás-

**Tabla 1.** Zonificación y coordenadas muestreadas.

Zona	Punto de muestreo	Coordenadas	
1	P2	25°16'28" S	57°38'22"O
	P4	25°16'30" S	57°37'48"O
	P7	25°16'24" S	57°37'5"O
2	P5	25°16'18" S	57°37'46"O
	P8	25°16'16" S	57°37'12"O
3	P3	25°16'19" S	57°38'22"O
	P6	25°16'2" S	57°37'46"O
4	P9	25°16'8" S	57°37'17"O
	P1	25°16'18" S	57°38'52"O

tico y para el análisis de grasas y aceites en frascos de vidrios. Las muestras fueron luego transferidas a envases de plástico previamente etiquetados. Todas las muestras fueron depositadas y transportadas hasta el laboratorio en conservadoras refrigeradas con hielo.

Las fechas de muestreos fueron en los meses de diciembre del año 2016 y marzo de 2017, que corresponden a las campañas 1 y 2 respectivamente.

**Análisis fisicoquímicos.** Para los análisis laboratoriales se realizaron muestras compuestas mezclando de forma proporcional el sedimento de los puntos correspondientes a cada Zona del área bajo estudio, excepto la Zona 4 que cuenta con un solo punto (P1). Así, se obtuvieron cuatro muestras de sedimento crudo.

Para la obtención del elutriado, la metodología se basó en el protocolo seguido por dos Santos (Santos, 2008) con modificaciones. En un recipiente de vidrio de 5L se mezcló una parte de sedimento crudo (250gr.) con cuatro partes de agua destilada (1L). La mezcla fue agitada por 30 minutos luego fue dejada en reposo por un período de 24 h para su decantación. Al cabo de ese tiempo, el sobrenadante o elutriado fue extraído con cuidado para levantar el mínimo de material particulado utilizando una jeringa de 50cc con sonda de plástico.

Los análisis laboratoriales fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción. Los parámetros analizados se detallan en la Tabla 2. Debido a que en el país no existe una referencia para determinaciones de elutriado o de sedimento, los resultados fueron contrastados con la Resolución 222/02 de la normativa vigente para calidad de agua superficial.

## Resultados

En ambas campañas de muestreo se obtuvieron muestras de agua superficial y sedimento para todos los puntos especificados.

En total se realizaron 14 determinaciones para el agua de elutriado y 1 para agua superficial (Tabla 2), y 6 para sedimento (Tabla 3).

**Agua superficial.** Para esta matriz fue analizada la presencia de grasas y aceites teniendo en cuenta las referencias para aguas de Clase 2 y estas arrojaron valores menores a 0,5 mg/L, excepto para la Zona 3 con valores de 0,770 mg/L.

**Agua de elutriado.** Todas las determinaciones fueron posibles para ambas campañas. Del total de 14 ensayos, 7 resultaron con valores superiores a lo establecido por la Resolución 222/02. De entre estos valores superiores a la referencia, la turbiedad, nitrógeno amoniacal (N-Amoniacal), DBO5 y coliformes fecales pasaron el máximo permisible en ambas campañas (Tabla 2). Nitrito sólo arrojó valores no permisibles en la Zona 4 de la segunda campaña. De entre los metales, todos sobrepasaron los niveles en al menos una campaña, y en todos los puntos de muestreo.

**Sedimento.** En total fueron realizadas 6 determinaciones para todos los puntos y campañas (Tabla 3).

## Discusión

Para este estudio se tomaron 14 determinaciones para el análisis fisicoquímico para el agua de elutriado y 1 para agua superficial. En cuanto a las determinaciones para sedimento, un total de 6 parámetros fueron escogidos (Tablas 2 y 3 respectivamente).

**Tabla 2.** Resultados laboratoriales del agua de Elutriado. **UpH)** unidad de pH. **UTN)** unidad Nefelométrica de turbiedad. **mg/L)** miligramos por litro. **mgO<sub>2</sub>/L)** miligramo de oxígeno por litro. **UFC)** unidades formadoras de colonias.

		Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		
Campaña		1	2	1	2	1	2	1	2	Unidad
Determinaciones	pH	6,34	6,68	6,75	7,21	6,94	7,16	6,51	6,63	UpH
	Turbiedad	3,697	14,13	17,99	2,158	5,55	1,667	2,341	2,456	UTN
	Nitrato	0,04	0,06	0,02	0,04	0,02	<0,01	0,03	0,14	mg/L
	Nitrito	0,10	0,81	0,20	0,52	0,14	0,33	0,20	1,64	mg/L
	N-Amoniacal	0,21	0,89	0,25	0,96	0,16	0,46	0,32	1	mg/L
	Sulfato	0,30	23,80	0,30	52,10	0,30	34,50	0,30	5,56	mg/L
	Dureza Total	41,71	14,14	38,80	17,20	33,95	49,50	27,16	16,20	mg/L
	D.B.O. 5-20° C	108	870	252	840	252	840	78	870	mgO <sub>2</sub> /L
	D.Q.O.	377,36	1.463,42	691,82	1.254,36	628,93	1.324,04	251,57	1,392	mgO <sub>2</sub> /L
	Cadmio	0	0,01	0	0	0	0	0	0,01	mg/L
	Cromo (+6)	0,06	<0,001	0,01	<0,001	0,01	<0,001	0,00	<0,01	mg/L
	Plomo (Pb)	0,13	0,07	0,06	0,05	0,11	<0,01	0,06	<0,01	mg/L
	Coliformes Totales, en 100mL	18	11	4	2,5	420	77	36	143	UFC
	Coliformes Fecales, en 100mL	5,6	26,4	1,6	440	168	14	12	35,2	UFC
	Grasas y Aceites	<0,5		<0,5		0,77		<0,5		mg/L

Estas determinaciones corresponden a los parámetros comúnmente utilizados en estudios de calidad de aguas superficiales, y se encuentran entre los parámetros establecidos por la Resolución 222/02 de la Secretaría del Ambiente (actualmente Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADES). Se optó por tomar como referencia esta Resolución debido ya que no se cuenta con parámetros específicos para agua de elutriado y tampoco para sedimentos.

Por lo tanto, los valores no son comparables directamente para clasificar o determinar el estado de la calidad de las matrices analizadas. Si no, simplemente como una base para las comparaciones y como punto de partida para futuros análisis. A continuación, se discuten algunos parámetros importantes e interesantes desde el punto de vista para

la evaluación de la calidad de la bahía de asunción entre campañas y Zonas.

### Agua de Elutriado

Este método de elaboración de fluido a partir del sedimento, al alterar la estructura de la matriz sólida, representa una forma de perturbación. Los contaminantes están en íntima relación con la superficie de las partículas que conforman el sedimento y el agua intersticial. La ruta principal de exposición para los organismos que residen en el sedimento es el agua intersticial, lo que va al sedimento y se liga al mismo, se considera no disponible para la biota (Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente, n.d.). Esto convierte al agua intersticial en un importante reservorio de sustancias, que eventualmente pueden ser liberadas a la columna de agua.

**Tabla 3.** Resultados laboratoriales del sedimento.

		Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		
Campaña		1	2	1	2	1	2	1	2	Unidad
Determinaciones	Materia Orgánica (como O <sub>2</sub> )	5	18,7	12,7	24	139,9	24,7	3,7	11,3	mg/kg
	N.T.K (como N)	0,027	0,126	0,027	0,17	0,042	0,153	0,032	0,14	mg/kg
	Fósforo total	122,6	301,1	228,8	321,5	75,79	337,5	48,62	191,9	mg/kg
	Cobre (Cu)	5,4	12,6	14,87	16,23	3,37	17,37	0,77	7,03	mg/kg
	Cromo (Cr) Total	9,7	25,23	12,4	6,63	5,65	21,27	6,22	15,92	mg/kg
	Plomo (Pb)	12,8	14,3	23,17	15,3	8,5	21,57	5,97	5,23	mg/kg

Por este motivo, sin olvidar que las concentraciones obtenidas en laboratorio corresponden a un componente del compartimento sedimentario, los mismos serán comparados con los valores de referencia para aguas adoptado en nuestro país (Secretaría del Ambiente, 2002). Además, estos valores son determinados a partir de la fracción de agua intersticial del sedimento, obtenida mediante la adición de más agua. Por lo que estos valores deberían de ser contextualizados teniendo en cuenta la dilución.

**Turbiedad.** Si bien los valores para esta determinación fueron todos muy elevados si se compara con la referencia, esto es debido al origen de la muestra entregada para el análisis. El agua de elutriado, al ser el producto de la ruptura de la matriz sólida para extraer el agua intersticial, contiene todos los materiales que estuvieron adheridos previamente. Esta ruptura necesariamente contiene un alto contenido de materia dependiendo de la matriz inicial. En el caso del sedimento de la bahía, el sedimento ya se observaba con una coloración oscura. Esta condición inicial no es indicativo definitivo de algún tipo de contaminación y tampoco se tiene referencia de estudios anteriores. Únicamente se podría comparar entre campañas.

Para todas las Zonas, el incremento de la turbidez entre campañas fue alto, siendo el más elevado en la Zona 1. Únicamente en la Zona 2 hubo una drástica disminución de la turbiedad.

**Compuestos nitrogenados.** De entre estos

compuestos, el nitrato amoniacal fue la determinación que sobrepasó los máximos permisibles en todas las Zonas y en ambas campañas de muestreo. Para el parámetro nitrito, solo en una muestra correspondiente a la Zona 4 del segundo muestreo, ha sobrepasado el límite permisible. En ninguna muestra el nitrato sobrepasó el límite.

El parámetro nitrato y nitrito hacen referencia a una contaminación orgánica reciente, por lo que en monitoreo constante es un valor de alerta temprana.

El nitrógeno amoniacal registró valores menores en la primera campaña, siendo el máximo valor determinado de 0,321 mg/L en la Zona 4. Para todas las muestras de la segunda campaña se ha encontrado un aumento de casi 4 veces el valor de la primera campaña. Nuevamente la Zona 4 fue en donde mayor concentración de este parámetro se ha encontrado.

El nitrógeno amoniacal es producto de la degradación de material orgánico, tanto aeróbica o anaeróbica, por parte de organismos heterótrofos (Roldán Pérez & Restrepo, 2008).

En condiciones naturales la concentración de amoniacal alcanza niveles letales muy raramente. Este aumento podría explicarse por un pulso reciente de contaminación, previa a la segunda colecta, de una importante carga de excrementos que quedaron depositados en el sedimento.

Un promedio de los valores encontrados por otros autores en el 2004 en aguas de la bahía (0,059 mg/L) (Abt Associates Inc., 2004). A pesar de ser

resultados de dos matrices diferentes (agua vs. elutriado), esto sugiere un aumento en la contaminación debido a la actividad humana.

El nitrito representa una fase intermedia entre el amoníaco (forma más reducida) y el nitrato (forma más oxidada). En altas concentraciones, el nitrito es extremadamente tóxico a la mayoría de los organismos acuáticos y es encontrado en bajas concentraciones en particular en ambientes oxigenados. El promedio de la segunda campaña es aproximadamente 4 veces superior al de la primera. Comparando los resultados obtenidos en el presente trabajo con otros realizados anteriormente en la bahía (0,008 mg/L) (Abt Associates Inc., 2004) se observan unas diferencias de alrededor de 20 y 102 veces por encima de este valor, en la primera y segunda campaña respectivamente. Las concentraciones relativas de nitrito dependen básicamente del pH del agua, a medida que su valor aumenta, la concentración de  $\text{NO}_2^-$  también puede incrementarse (Camargo & Alonso, 2007) situación que se verificó entre colectas y que podría explicar el incremento.

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).** Para todas las muestras este valor sobrepasó el límite establecido de 5  $\text{mgO}_2/\text{mL}$ . La prueba de DBO5 es un procedimiento en el cual se estima la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua. Se puede afirmar que en los lugares donde el valor de DBO5 es alto, probablemente los valores de oxígeno disuelto serán bajos y la concentración de materia orgánica será alta. Para todas las muestras, en la segunda campaña, ha habido un aumento considerable, indicando nuevamente una alta probabilidad de contaminación orgánica de origen antropogénico.

**Demanda química de oxígeno (DQO).** Al igual que la DBO, este parámetro ha arrojado valores altos. La DQO mostró un aumento de cerca del triple sobre el valor de la primera colecta. La DQO es un parámetro similar a la DBO, pero en este caso, se contabiliza la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar químicamente todo el material presente. A pesar de no contar con un valor de referencia, junto con el valor de la DBO se podría considerar

un valor que indica alta contaminación orgánica.

**Coliformes totales y fecales.** Los valores para coliformes totales han tenido un rango de 2500 a 42000 UFC. La referencia local no contempla un valor máximo para esta determinación, por lo tanto, la relación se podría construir a partir de los valores establecidos para coliformes fecales. La diferencia entre estos dos parámetros es que la primera cuantifica la totalidad de bacterias presentes en un medio sin diferenciar el origen de las bacterias. Sin embargo, para el parámetro de coliformes fecales, hace referencia específicamente a las bacterias de origen animal, por lo tanto, aquellas de interés en la salud. Para ambos parámetros, los valores se encontraban en el orden de los 1000, por encima de la referencia. La Zona de menor contaminación fue la Zona 2 y la de mayor la Zona 3.

Los coliformes fecales representan el grupo de bacterias existentes en el intestino de animales de sangre caliente. Así, la presencia de este grupo de bacterias en el agua significa que la contaminación fue causada por efluentes de alcantarillado sanitario o las heces de los animales (Kawai & Facetti, 2013). La concentración de coliformes fecales fue uno de los parámetros que mostró disminución entre campañas a más de la mitad del valor correspondiente al inicio del trabajo.

**Metales pesados.** De entre los metales analizados, solo el plomo ha sobrepasado los límites establecidos ( $>0.01 \text{ mg/L}$ ). La Zona con menor concentración en promedio fue la 4 y la mayor la 1.

### **Análisis del sedimento**

**Materia orgánica.** El contenido de materia orgánica durante la primera y segunda campaña mostró su valor mínimo en la Zona 4 y el máximo en la Zona 3 respectivamente. Tres de las cuatro Zonas mostraron un aumento entre campañas, siendo la Zona 3 la única que mostró un drástico descenso. El promedio general para el cuerpo de agua fue de 40.325  $\text{mg/Kg}$  durante la primera colecta, y de 19.675  $\text{mg/Kg}$  para la segunda, con una disminución de aproximadamente 50% entre ambas.

De los parámetros analizados en sedimento crudo solo la materia orgánica mostró un gradiente

similar en ambas campañas, con el aumento de la concentración en el siguiente orden, entrada a la bahía (Zona 4), zona lindante a la Av. Costanera (Zona 1), parte media del cuerpo de agua (Zona 2) y zona aledaña a la ex playa del Sol y club Mbiguá (Zona 3). Esto podría deberse a que esta última zona con mayor concentración de materia es la que está en contacto más cercano con el área que presenta mayor vegetación y por lo tanto una capacidad de aporte de material orgánico mucho mayor. Aunque en las Zonas 1, 2 y 3 se verificó un aumento entre campañas, la amplia diferencia entre el valor de la Zona 3 en la primera campaña (139.900 mg/Kg) y el siguiente valor más bajo correspondiente a la misma zona en la segunda campaña (24.700 mg/Kg) hace que la tendencia media sea de una disminución a cerca de la mitad del valor inicial, debido probablemente a la bajada en el nivel del agua, lo que hace que menos material orgánico aledaño quede sumergido y posteriormente depositado en el sedimento.

La producción, el aporte y la descomposición de la materia orgánica en el agua y en el sedimento influyen en la composición química de la columna de agua, en la distribución de fauna y flora y en las características geoquímicas del fondo (Sánchez *et al.*, 2014).

**El N.T.K (nitrógeno total Kjeldahl)** es la suma del nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal (Rodríguez, 2007). Debido a que el método analítico utilizado no discrimina el tipo de nitrógeno, no es posible determinar el predominio de uno sobre otro.

Para el parámetro N.T.K, analizado en sedimento crudo, durante la primera campaña, el valor más bajo se evidenció en la Zona 1 y 2, y el máximo en la Zona 3. Durante la segunda, estos extremos se verificaron en las Zonas 1 y 2 respectivamente. En todas las zonas se produjo un aumento entre campañas, siendo la Zona 2 la que mostró la mayor variación. Los promedios generales para ambas fueron de 0,03 y 0,15 respectivamente, representando esta situación un aumento de aproximadamente 360 %.

Por su parte el **fósforo total** en sedimento crudo, para la primera campaña presentó su valor más bajo en la Zona 4 y el más alto en la Zona 2. Para la se-

gunda campaña, el valor más bajo y el más alto se constataron en las Zonas 3 y 4 respectivamente. En todas las zonas se registró aumento, siendo la Zona 3 en la que se verificó la mayor diferencia entre campañas. Para la primera de estas, el promedio general fue de 118, 9, y de 288 para la segunda, con un aumento de alrededor del 142%.

El interés ecológico del fósforo proviene de su importante papel en el metabolismo biológico y de su relativa escasez en la hidrósfera. Es el elemento más escaso y generalmente actúa como limitante de la productividad biológica (Ruiz *et al.*, 2005). Valores para otros sistemas lénticos como el lago de la República (Paraguay) oscilan entre (0,01 – 0,1) mg/L (Facetti Masulli *et al.*, 2015) en tanto que para la laguna Sánchez en Corrientes (Argentina) estos niveles fluctúan entre (0,14 - 0,25) mg/L (Poi de Neiff *et al.*, 1999). Tomando un promedio en ambos casos, se puede apreciar que las concentraciones en el sedimento de la bahía de Asunción se encuentran unas 1.072 y 2.600 veces por encima de los niveles en el lago de La República y alrededor de 300 y 738 veces por encima de las concentraciones en la laguna Sánchez.

La cantidad de fósforo contenido en los sedimentos puede ser de varios órdenes de magnitud superior a la del agua, por lo que es importante estudiar la concentración de fósforo que poseen los sedimentos, ya que éstos contribuyen como importante fuente interna para la eutrofización (Ruiz *et al.*, 2005).

Los compuestos de fosfato que se encuentran en las aguas residuales o se vierten directamente a las aguas superficiales, provienen de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento, excreciones humanas y animales, detergentes y productos de limpieza (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2004). Por lo mencionado antes, y al no encontrarse el área de estudio en una Zona agrícola-ganadera, se presume que el incremento observado en la media entre campañas de debe probablemente a un mayor aporte antropogénico en forma de excreciones humanas, detergentes y productos de limpieza que llegan al cuerpo por medio de los afluentes.

El nitrógeno (N) y el fósforo (P) constituyen los dos elementos más importantes para la productividad primaria en los ecosistemas acuáticos. Son los iones que en un momento determinado pueden ser los factores más limitantes en la producción primaria; varían igualmente con las estaciones en las Zonas templadas y con los ritmos de lluvia y sequía en las zonas tropicales, a causa de su utilización por las algas.

Teniendo en cuenta las concentraciones encontradas en el sedimento crudo los niveles de fósforo total superan ampliamente a las de nitrógeno. En la primera campaña, el valor promedio de fósforo es unas 3.700 veces superior, mientras que en la segunda campaña esta relación es de unas 1.950 veces más de fósforo que de nitrógeno. El nivel promedio encontrado en aguas de la bahía por Abt Associates Inc. en el 2004 fue de alrededor de 0,2 mg/L (Abt Associates Inc., 2004).

La contaminación orgánica, industrial y agrícola constituye hoy día una de las fuentes más importantes de nitrógeno y fósforo en el agua y es la principal responsable de los fenómenos de eutrofización de lagos, embalses y ríos. Este problema es aún más agudo en los trópicos donde, además de haber poco o ningún control de la contaminación, los nutrientes son utilizados por las algas y plantas acuáticas de forma permanente (Roldán Pérez & Restrepo, 2008).

## Metales

Cromo. Las formas más comunes de este elemento son el cromo metálico (Cr), cromo trivalente Cr(+3) y cromo hexavalente Cr(+6). El cromo es usado en curtiembres, tintas, cerámica, productos explosivos, control de corrosión y la producción de vigas metálicas. Es un elemento necesario para el metabolismo animal en su forma trivalente, pero en forma hexavalente provoca úlcera, dermatitis, cáncer del pulmón y complicaciones respiratorias (Severiche & González, 2012). Con su estado de oxidación +6 es un potente oxidante de la materia orgánica y se ha demostrado que es 100 veces más tóxico y 1.000 veces más mutagénico que la forma trivalente (Netzahuatl-Muñoz *et al.*, 2010). En

sedimento crudo se determina el cromo total, de forma que no es posible conocer cuál de sus formas se encuentra mayoritariamente.

Al contrario de lo acontecido en el elutriado, los resultados en sedimento crudo muestran un aumento con respecto a la primera colecta. A su vez, al comparar estos niveles con el umbral por debajo del cual no se esperan efectos biológicos adversos o ISQG de la norma canadiense para la protección de la vida acuática en sedimentos (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2004), que es de 37,3 mg/Kg, se ve que los mismos no lo sobrepasan, encontrándose 3,3 veces por debajo en la primera campaña, y alrededor de 1 vez en el caso de la segunda campaña. Trabajos realizados anteriormente con sedimento en la bahía muestran situaciones distintas con respecto a este. Un promedio de las concentraciones encontradas en 1994 es unas 6 veces más que la concentración de la primera campaña y alrededor de 2,5 veces con respecto a la de la segunda. Por otro lado, el promedio de las concentraciones de otro trabajo realizado en el 2004 (Abt Associates Inc., 2004), muestra que las concentraciones de las dos colectas de la presente investigación están aproximadamente 34 y 68 veces por encima del mismo.

Contrastando los resultados en ambos tipos de matrices, sólido y líquido, se observa una gran diferencia entre las concentraciones encontradas en sedimento y en elutriado, con una diferencia de cerca de 385 veces más en el sólido que en líquido en la primera campaña y 17.200 veces en la segunda, lo que sugiere el alto poder retentivo del sedimento con relación a este metal.

Por su lado para el metal pesado plomo en elutriado en la primera campaña, los valores fluctuaron entre 0,06 en la Zona 2 y 0,13 en la Zona 1, con un promedio de 0,09. En la segunda campaña, el valor mínimo se registró en la Zona 4 (0,01) y el máximo en la Zona 1 (0,07), dando como promedio 0,035. Todas las Zonas mostraron disminución entre campañas, en especial la Zona 3. Esta variación decreciente entre los promedios generales fue de alrededor del 61%. En sedimento crudo, en la primera campaña el valor mínimo se dio la Zona 4 y el

máximo en la Zona 2, mientras que, en la segunda, estos extremos se presentaron en las Zonas 4 y 3 respectivamente. Entre campañas, las Zonas 2 y 4 mostraron disminución y las Zonas 1 y 3 aumentos, siendo esta última en la que se constató la mayor diferencia. La variación creciente entre los valores promedios de la primera campaña (12,61) y la segunda (14,1) fue de alrededor del 12%.

La contaminación del agua por plomo no se origina directamente por el plomo sino por sus sales solubles en agua que son generadas por las fábricas de pinturas, de acumuladores, por alfarerías con esmaltado, en fototermografía, en pirotecnia, en la coloración a vidrios o por industrias químicas productoras de tetraetilo de plomo (se usa como antidetonante en gasolinas) y por algunas actividades mineras, etc. (Rojas Martínez & Vargas Reyes, 2009).

El plomo elemental no se disuelve en agua en condiciones normales (20°C y presión de 1 bar). Sin embargo, la reacción tiene lugar cuando está disuelto en agua en las formas de carbonatos. El plomo se une frecuentemente al azufre en forma de sulfuro ( $S^{2-}$ ), o al fósforo en forma de fosfato ( $PO_4^{3-}$ ). En estas formas el plomo es extremadamente insoluble, y se presenta formando compuestos inmóviles en el medio ambiente. Los compuestos de plomo son generalmente solubles en agua blanda y levemente ácida (Rojas Martínez & Vargas Reyes, 2009).

En el elutriado, entre campañas, al igual que el Cr(+6), se observó una disminución promedio de 1,5 veces aproximadamente, a pesar de eso, los valores superaron el nivel máximo de referencia de 0.01mg/L, unas 8 veces en la primera campaña y 2,5 veces en la segunda. En sedimento crudo, se produjo un ligero incremento de alrededor de 0,1 veces. Comparando los resultados de este trabajo con un promedio de las concentraciones encontradas en 1994 en el mismo lugar, se verifica que los datos actuales están alrededor de 3 veces por debajo del mismo en ambas campañas. Por el contrario, el nivel medio determinado por otros autores en el 2004 (Abt Associates, 2004.) se muestra ligeramente por debajo de las concentraciones halladas en esta investigación. Por su parte, el contraste

entre sedimento y elutriado fue mucho mayor, 140 y 402 veces más plomo en el sedimento que en el elutriado para la primera y segunda campaña respectivamente. Otra comparación importante es con el ISQG (umbral por debajo del cual no se esperan efectos biológicos adversos) de la normativa canadiense, que es de 35 mg/L y que no es superado por los valores de este trabajo, los cuales se encuentran alrededor de 1,5 veces por debajo en ambas campañas.

En cuanto al parámetro cobre analizado en sedimento crudo, se constató su valor mínimo en la Zona 4 y el máximo en la Zona 2 para la primera colecta, mientras que, para la segunda, el valor más bajo fue determinado en la Zona 4 y el más alto en la Zona 3. En todas las Zonas se observó un aumento de concentración, en donde la mayor variación se produjo en la Zona 4. Para la primera campaña, el valor promedio fue de 6,1 y para la segunda fue de 13,3, con una variación de cerca del 118%.

Entre campañas, se verificó un aumento al doble del valor de la primera colecta. Por su parte en 1994 en el lugar se determinó un nivel promedio superior a los de esta investigación, unas 2 veces por encima para la primera campaña y 0,4 veces más en la segunda. Con relación al valor ISQG de la normativa canadiense (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2004) de 35,7 mg/L, las concentraciones de cobre en el sedimento de la bahía se encontraron aproximadamente 5 veces por debajo en la primera campaña, mientras que para la segunda campaña la concentración fue de 1,5 veces menos.

La concentración para el cadmio en elutriado no superó el valor mínimo detectable durante la primera campaña en ninguna de las Zonas, en tanto que para la segunda el valor mínimo se dio en la Zona 2 (0,003) y el máximo en la Zona 4 (0,012) con un promedio de 0,006. Todas las Zonas mostraron aumento, con la Zona 4 como la que registró mayor variación. El incremento entre campañas fue de alrededor del 500%.

Durante este estudio, su concentración aumentó unas 5 veces con respecto al valor máximo de referencia que es de 0,001 mg/L, no se encontraron

otros trabajos que hayan determinado los niveles de este metal en aguas de la bahía.

### Conclusiones y recomendaciones

Mediante este trabajo se pudo determinar parámetros fisicoquímicos y biológicos del sedimento de la Bahía de Asunción. Siendo estos resultados los más actuales a la fecha.

Se ha observado una importante contaminación orgánica, por lo que se sugiere una mejor estrategia para preservar este cuerpo de agua, ya que se encuentra catalogada como área protegida. Además, se evidencia la importancia de contar una normativa en donde se contemple los parámetros para sedimento a nivel país.

Se recomienda un plan de monitoreo constante de la Bahía para poder determinar los valores históricos y así generar planes de manejos acordes al su estado.

### Agradecimientos

A Andrea W por el mapa de la Bahía. A Marcela Jiménez por la lectura crítica del manuscrito. A Derlis Fárez e Iván Servín que ayudaron en la toma de muestra en la bahía.

**Nota de autores:** Los resultados de los análisis fisicoquímicos fueron proveídos por el laboratorio de aguas de Facen y la interpretación está basada netamente en el criterio de los autores.

**Contribución de los autores:** H. Kurita: Investigador principal y se encargó de diagramar y preparar el manuscrito. G. Godoy: responsable del informe técnico del componente fisicoquímico presentado al CONACYT. M. Benítez: responsable técnico del proyecto. D. Franco: asesora científica. M. Ávila, C. Vian ayuda en la corrección y diagramación del manuscrito. L. Medina, interpretación y discusión de los resultados fisicoquímicos. RV, HC, y JG ayudaron en la preparación de los materiales colectados.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

**Fuente de financiamiento:** Este Proyecto es financiado por el CONACYT través del Programa PROCIENCIA con recursos del Fondo para la Ex-

celencia de la Educación e Investigación – FEEI del FONACIDE: Proyecto 14-INV-342.

### Bibliografía

- Abt Associates Inc. (2004). *Actualización y ajustes complementarios del estudio de factibilidad abt associates inc. 1996/97: estudio de factibilidad de la primera etapa (RIMA)*. Municipalidad de Asunción. Asunción (PY). 97pp..
- Camargo, J.A., & Alonso, A. (2007). Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Revista Ecosistemas*, 16(2): 96–110.
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2004). *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: Phosphorus: Canadian Guidance Framework for the Management of Freshwater Systems. Canadian Environmental Quality Guidelines*, 2004: 1–6.
- Facetti Masulli, J.F., López, C.L., & Delgado, M. (2015). Limnología del Lago de la República-II. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 20: 75–84.
- Kawai, H., & Facetti, F. (2013). Gestión de los recursos hídricos y su control. Pp. 33–98, in Facetti J. & Kawai, H. (Eds.). *Manual Técnico Para La Gestión Del Saneamiento Ambiental* (Tomo 1). San Lorenzo: FIUNA / SEAM / JICA. 360 pp.
- Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente. (n.d.). *Metodologías. Monitoreo de agua y sedimentos en cursos superficiales y de suelos afectados por contaminantes de origen industrial*. Buenos Aires: Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente. iii + 170 pp.
- Netzahuatl-Muñoz, A.R., Pineda-Camacho, G., Barragán-Huerta, B.E., & Cristiani-Urbina, E. (2010). Remoción de cromo hexavalente y cromo total por la corteza de *Pyrus communis*. *Revista CENIC - Ciencias Químicas*, 41: 1–10.

- Poi de Neiff, A., Neiff, J.J., Patiño, C.A., Ramos, A.O., Cáceres, J.R., Frutos, S.M., & Verón, M.B.C. (1999). Estado trófico de dos lagunas en planicies anegables con áreas urbanas de la provincia de Corrientes. *Facena*, 15: 93–110.
- Rodríguez, C. (2007). *Nitrogeno total en agua por el metodo semi-micro Kjeldahl-electrodo de amoniaco*. (Vers. 02). Bogotá: IDEAM-Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 9 pp.
- Rojas Martínez, T., & Vargas Reyes, Á. (2009). *Diseño de un sistema a nivel piloto para la remoción de plomo y zinc por debajo de la concentración letal media (CL50-48) para Daphnia pulex*. Trabajo de grado. Bogotá: Facultad de Ingeniería-Universidad de La Salle. 123 + 230 pp.
- Roldán Pérez, G.R., & Restrepo, J.J.R. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. (2ª ed.). Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. xx + 440 pp.
- Ruiz, M., Granero, M., Rodríguez, M.I., Bustamante, M.A., & Ruibal Conti, A.L. (2005). Importancia de los sedimentos como fuente interna de fósforo en el Embalse San Roque (Córdoba): Determinación de una metodología para su estudio. *Proceedings of the XX Congreso Nacional Del Agua y III Simposio de Recursos Hídricos Del Cono Sur, Mendoza, Argentina*, 9–14.
- Sánchez, L.J.G., Flórez-Molina, M.T., & Parra-Sánchez, L.N. (2014). Reconstrucción de las concentraciones de materia orgánica y nutrientes mediante espectrometría y análisis de diatomeas en tres embalses de Antioquia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(149): 409–416.
- Santos, M.A.P.F. dos. (2008). *Avaliação da qualidade da água e sedimento da sub-bacia do rio Corumbataí (SP) por meio de testes ecotoxicológicos*. Thesis. Piracicaba: CENA-Universidade de São Paulo. 186 pp.
- Secretaría del Ambiente. (2002). *Resolución 222/02: por la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional*. Asunción: Secretaría del Ambiente. 6 pp.
- Severiche, C.A., & González, H. (2012). Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado. *Ingenierías USBMed*, 3(2): 6–11.

## La educación ambiental relacionada al desarrollo sostenible en las instituciones educativas del municipio de Villa Hayes

### Environmental education related to sustainable development in the educational institutions of the municipality of Villa Hayes

Masayuki Miyazaki<sup>1</sup>, Victorio Enrique Oxilia Dávalos<sup>2</sup> & Mario Gustavo Leiva Enrique<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Centro de Desarrollo Tecnológico Ambiental. Email: cdda@facen.una.py

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Politécnica, Dirección de Investigación y Postgrado. Email: voxilia@pol.una.py

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Dirección de Prestación de servicios. Email: mleiva@facen.una.py

**Resumen:** Esta investigación buscó describir el funcionamiento de la Educación Ambiental relacionada al desarrollo sostenible en tres Instituciones Educativas, correspondientes a la Escolar Básica y Media del Sistema Educativo Nacional del Municipio de Villa Hayes. Se utilizó una investigación con enfoque cualitativo, con un diseño no experimental y del tipo exploratorio y descriptivo. Como instrumento de recolección de datos, se aplicó la técnica de entrevistas personales semiestructuradas, basada en un cuestionario a los estudiantes, docentes y personal de limpieza de las Instituciones seleccionadas y al Jefe de Planificación de la Municipalidad, además de una revisión documental con los directores de las Instituciones. Se pudo verificar que la Educación Ambiental en las Instituciones educativas seleccionadas, se encuentra muy limitada al conocimiento y la iniciativa de los docentes. Asimismo, se pudo constatar la importancia que le dan los estudiantes a las actividades que les inculcaron los docentes. Por último, se logró identificar a docentes con altos niveles de actitudes ambientales, pero aun así, también la latente necesidad de fortalecer la competencia en la sostenibilidad ambiental. Por lo tanto, mejorar la misma es fundamental para evitar barreras en el momento de formular y transmitir los conocimientos en los estudiantes, que son vitales para apuntar a construir una sociedad sostenible.

**Palabras clave:** Educación Ambiental, Desarrollo sostenible, Instituciones Educativas

**Abstract:** This research sought to describe the operation of Environmental Education related to sustainable development in three Educational Institutions, corresponding to the Elementary and Middle School levels of the National Educational System of the Municipality of Villa Hayes. A qualitative, exploratory, descriptive research with a non-experimental design was used. As a data collection instrument, the technique of semi-structured personal interviews based on a questionnaire was applied to the students, teachers, and cleaning personnel of the selected Institutions and the Head of Planning of the Municipality, in addition to a document review with the directors of the Institutions. It was found that Environmental Education in the selected educational institutions is very limited to the knowledge and initiative of teachers. Likewise, it was possible to verify the importance that the students give to the activities that the teachers instilled in them. Finally, it was possible to identify teachers with high levels of environmental attitudes, but even so, also the latent need to strengthen competence in environmental sustainability. Therefore, improving said competence is essential to avoid barriers when formulating and transmitting knowledge to students, which is vital to aim to build a sustainable society.

**Key words:** Environmental education, Sustainable development, Educational institutions

## Introducción

El término Educación Ambiental fue utilizado por primera vez en el mundo en el año 1948, sin embargo, la divulgación de la misma adquirió relevancia recién a fines de la década de los 60 y principios de los 70, por lo tanto, éste es el periodo en el que se

dio inició a un creciente interés por los problemas ambientales (Alonso, 2010). La Educación Ambiental en la región se manifiesta al menos una década más tarde, pero con sus características propias, influenciada por los factores culturales, políticos, sociales, económicos y pedagógicos del momento, con lo que el primer impulso se dio a través de los

Recibido: 11/09/2020 Aceptado: 21/09/2020



Biólogos que trabajaban en proyectos comunitarios de conservación (Gonzalez, 2001).

La Educación Ambiental en el país tiene sus inicios en el año 1987 a través del Cuerpo de Paz de los Estados Unidos de Norteamérica, que fue un proyecto de capacitación dirigido a los docentes de escuelas primarias (SEAM, 2015). Desde la creación de la Secretaría del Ambiente del Paraguay -SEAM-, en el año 2000, actualmente el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADES-, se cuenta con una Dirección de Educación Ambiental, la que realiza actividades de apoyo relacionadas al cuidado del Medio Ambiente para los pobladores en general. Hasta la fecha, el país no cuenta con una Ley de Educación Ambiental, no obstante existe un documento sobre la misma que se encuentra en proceso de aprobación (Delvalle, 2018) la que luego servirá de base legal para lograr una Política Nacional de Educación Ambiental. En cuanto a la asistencia de la Educación Ambiental en el Municipio de Villa Hayes, con base a la entrevista realizada a la Jefa del Departamento de Educación Ambiental del MADES, en junio del año 2019, se resalta que no cuentan con antecedentes de asistencia técnica en dicho Municipio.

Villa Hayes es un distrito que posee varias ventajas comparativas, el casco urbano del municipio se ubica a 30 km de la ciudad de Asunción y a 36 km de la ciudad de Clorinda de la provincia de Formosa, República de Argentina. Además, se encuentra en la orilla oeste del Río Paraguay. Esta posición geográfica la sitúa como una ciudad estratégica y en los últimos años, el Municipio experimenta un auge inmobiliario, como lo son los pequeños loteamientos que fueron adquiridos para las viviendas y grandes complejos para las instalaciones de las industrias. Actualmente son 73 las industrias instaladas en el Municipio. Con base en la entrevista realizada con el Jefe de Planificación de la Municipalidad de Villa Hayes, se puede resaltar que el Municipio tuvo un crecimiento económico de 5 % en los últimos 7 años. Con base en las entrevistas realizadas, en un primer acercamiento con los actores claves del territorio, se resalta que actualmente los temas críticos del Municipio son las contaminaciones de recursos

hídricos y atmosféricos causados por el aumento de las industrias, asimismo las inundaciones en épocas de lluvias y los problemas relacionados con el manejo de los Residuos sólidos urbanos -RSU-. La mayoría de los territorios en desarrollo afrontan problemas comunes relacionados a la gestión de RSU, en donde los cambios en patrones de consumo y las mejoras de vida son los factores que influyen directamente en la misma (IGES, 2010).

Con base en las entrevistas realizadas con los pobladores del territorio, la ciudad de Villa Hayes se mantiene más limpia en comparación a años anteriores, principalmente en las primeras horas del día, pero tal evento se debe a que la Municipalidad realiza el servicio de aseo urbano, que abarcan las principales calles y plazas de la zona urbana, ya que en lo que respecta a los hábitos de la ciudadanía referente a la conciencia ambiental han variado poco. Por otro lado, según publicaciones realizadas en las redes sociales oficiales manejadas por el mismo Municipio, también se observan otras actividades como la Mínga ambiental y el Aseo urbano, la que constituye una de las acciones de mayor desarrollo por la Municipalidad.

Por otra parte, cabe mencionar que hasta la fecha no se han encontrado estudios que planteen la construcción de una sociedad sostenible desde el punto de vista de la Educación ambiental en el territorio. Además, la falta de políticas de Educación Ambiental en el país, hace que el presente estudio sea relevante para examinar las alternativas, y de esta manera fomentar la conciencia ambiental para la acción de las nuevas generaciones. Al mismo tiempo, se resalta la importancia de una educación desde la primera infancia que promueva valores, actitudes y aptitudes necesarias para apuntar hacia una construcción de una sociedad sostenible (Pramling Samuelsson & Kaga, 2008). Asimismo los jóvenes poseen un efecto multiplicador positivo, crecen con una nueva visión y tienen la capacidad de transmitir lo aprendido hacia el resto de las poblaciones (Pacheco, 2013).

## **Materiales y métodos**

El objeto del presente estudio fue la evaluación

del funcionamiento de la Educación Ambiental relacionada al Desarrollo Sostenible en las Instituciones Educativas, Educación Escolar Básica y Educación Media del Sistema Educativo Nacional del Municipio de Villa Hayes.

El enfoque de esta investigación corresponde a un enfoque cualitativo, en donde no se buscó demostrar ninguna hipótesis. Se han manejado datos numéricos sobre situaciones particulares y específicas, pero su análisis no estuvo enfocado en las estadísticas, es decir lo que se buscó es obtener datos para convertirlos en información. Asimismo pertenece al tipo de investigación exploratoria y descriptiva, considerando que su propósito fue describir la situación actual en que se encuentra la temática de la Educación Ambiental relacionada al Desarrollo Sostenible en las Instituciones Educativas de la Educación Escolar Básica y la Educación Media del Sistema Educativo Nacional del Municipio de Villa Hayes. En cuanto al diseño de la investigación, ésta corresponde a la no experimental, debido a que se observó los fenómenos tal como se dan en su contexto natural para luego ser analizados.

En cuanto a la población de estudios, conforme con la reunión realizada con el Jefe de Planificación y el Director de Educación, Cultura y Turismo de la Municipalidad de Villa Hayes en enero del año 2019, fueron seleccionadas tres Instituciones

Educativas, de la Educación Escolar Básica y de la Educación Media del Sistema Educativo Nacional de referencias del Municipio, que fueron la Escuela Básica N°125 Presidente Rutherford B. Hayes, el Colegio Nacional Dr. Blas Garay y el Colegio Nacional Defensores del Chaco.

Las unidades de análisis para el presente estudio fueron 100 estudiantes, 20 docentes y 4 personales de limpieza de las Instituciones Educativas seleccionadas y el Jefe de Planificación de la Municipalidad de Villa Hayes. Al mismo tiempo, el tipo de muestreo aplicado, corresponde al no probabilístico intencional, es decir la selección del subgrupo de la población se realizó a criterio del investigador. Asimismo, las técnicas de recolección de datos fueron, la entrevista personal semiestructurada y la revisión documental. Por último, esta investigación se llevó a cabo de enero a diciembre del año 2019.

## Resultados

En la Tabla 1, se observa el resultado correspondiente al cuestionario sobre las actividades relacionadas al cuidado del medio ambiente que se realizó en las Instituciones Educativas seleccionadas, en el mismo se les solicitó a 120 participantes, de los cuales fueron: 60 estudiantes del segundo y tercer ciclo de la Educación Escolar Básica, 40 estudiantes de la Educación Media y 20 docentes

**Tabla 1.** Actividades relacionadas al cuidado del medio ambiente realizada en las Instituciones Educativas.

Actividades	Estudiantes de la Escolar Básica	%	Estudiantes de la Escolar Media	%	Docentes	%	Total	%
Plantar árboles	42	70	14	35	8	40	64	53
Plantar flores y cuidar los jardines	50	83	37	93	19	95	106	88
Limpieza de los espacios públicos	48	80	35	88	14	70	97	81
Reciclar residuos sólidos	24	40	7	18	7	35	38	32
Estudiar sobre la protección de los animales silvestres	30	50	4	10	0	0	34	28
Otras actividades	20	33	5	13	0	0	25	21

**Tabla 2.** Actividades que desean realizar para cuidar el medio ambiente.

Actividades	Estudiantes de la Educación Escolar Básica	%	Estudiantes de la Educación Escolar Media	%	Total	%
Plantar árboles	13	22	13	33	26	26
Plantar flores y cuidar los jardines	21	35	8	20	29	29
Limpieza de los espacios públicos	13	22	9	23	22	22
Reciclar residuos sólidos	2	3	4	10	6	6
Estudiar sobre la protección de los animales silvestres	9	15	5	13	14	14
Otras actividades	2	3	1	3	3	3

del segundo y tercer ciclo de la Educación Escolar Básica y Educación Media, que seleccionaron todas las alternativas que le parezcan correctas.

En la Tabla 2, se observa el resultado correspondiente al cuestionario sobre la actividad que desean realizar para cuidar el medio ambiente, la cual fue formulada a 100 participantes, de los cuales fueron: 60 estudiantes del segundo y tercer ciclo de la Educación Escolar Básica y 40 estudiantes de la Educación Media, en el que se les solicito que seleccionaran una sola alternativa que le parezca importante para proteger el medio ambiente.

Cabe resaltar que en el momento de la selección de la opción: Plantar flores y cuidar los jardines, algunos entrevistados mencionaron que dicha actividad la realizaron siempre en la Institución con la convicción de que es lo más importante para cuidar el medio ambiente.

Asimismo, en el momento de la selección de la opción: Limpieza de los espacios públicos, otros entrevistados se refirieron que además es una actividad que siempre fue impulsada considerablemente a través de los docentes.

Con relación a los participantes que seleccionaron la opción: Otras actividades, indicaron que la sensibilización es lo fundamental para la prevención y el cuidado del medio ambiente, aclarando que primeramente es necesario fortalecer la conciencia ambiental a

través de las capacitaciones, antes de empezar con las actividades de Educación Ambiental.

Por otro lado, cabe resaltar que los resultados arrojados sobre las actividades que desean realizar los estudiantes para la conservación ambiental, se encuentran en gran medida en forma paralela con las actividades que se desarrollan en las Instituciones Educativas seleccionadas que son: Plantar flores y cuidar los jardines, limpieza de los espacios públicos y plantar árboles. En efecto, se pudo observar la importancia que les dan los estudiantes a las actividades inculcadas por los docentes.

El siguiente cuestionario que interrogó sobre la actitud de los estudiantes de las Instituciones Educativas seleccionadas hacia el cuidado del medio ambiente, fue formulada a 65 participantes, de los cuales fueron: 40 estudiantes de la Educación Media, 20 docentes del segundo y tercer ciclo de la Educación Escolar Básica y Educación Media, 4 personal de limpieza y el Jefe de Planificación de la Municipalidad, en el que se les solicito que seleccionaran una opción, con un sí o con un no, en el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

- 51 %: Sí
- 49 % : No
- A continuación se detalla factores mencionados por los participantes, que influyen en los estudiantes para que

tengan una actitud positiva hacia el medio ambiente:

- 34 %: Las actividades que se realizan en la Institución, en donde los docentes inculcan para mantener un ambiente saludable.
- 8 %: Las actividades que se realizan en la Institución, como también los hábitos positivos que son traídos del hogar.
- 4,5 %: Hoy en día los estudiantes están sensibilizados por los problemas ambientales que están aconteciendo en el mundo.
- 3 %: La buena educación que se trae desde el hogar.
- 1,5 %: No dieron ninguna respuesta.
- Seguidamente se detallan factores mencionados por los participantes, que influyen en los estudiantes que tienen una actitud negativa hacia el medio ambiente:
- 18 %: En la Institución se inculca sobre el cuidado del medio ambiente pero los estudiantes no ponen en práctica.
- 14 %: Baja conciencia ambiental de parte de los estudiantes influenciados por los hábitos negativos que son traídos del hogar.
- 12 %: Baja conciencia ambiental de parte de los estudiantes.
- 5 %: Muy poco aporte desde las Institución para fortalecer la conciencia ambiental y además de los malos hábitos traídos del hogar.

A continuación, el cuestionario relacionado con la temática de la Educación Ambiental que formó parte de los ejes transversales, fue formulada a 20 docentes del segundo y tercer ciclo de la Educación Escolar Básica y Educación Media de las Instituciones Educativas seleccionadas, en donde se constató que la transversalidad de la Educación Ambiental en el Sistema Educativo no se aplica en todas las áreas académicas, principalmente por falta

de conocimiento de parte de los docentes.

Por último, a través del cuestionario concerniente con las temáticas y los mecanismos utilizados para llevar a cabo la Educación Ambiental en el segundo y tercer ciclos de la Educación Escolar Básica y de la Educación Media de las Instituciones Educativas seleccionadas, dirigidos a los Directores de dichas Instituciones, se verificó que en las Instituciones seleccionadas se realizaron numerosas actividades relacionadas al medio ambiente, pero en la mayoría de los casos no estuvieron incluidas en un proyecto institucional. En algunos casos, estos proyectos no fueron plasmados en documentos, sino que se desarrollaron con base a los conocimientos y las iniciativas de los docentes, que son principalmente las actividades de limpieza de los espacios públicos y hermoejamento de los jardines.

### Conclusiones

A modo de conclusión y desde la perspectiva del investigador, se observó que en las Instituciones Educativas seleccionadas se realizaron numerosas actividades relacionadas al medio ambiente, pero en la mayoría de los casos nunca formaron parte de un proyecto institucional. En algunos casos, estos proyectos no fueron plasmados en documentos, sino que fueron desarrollados en base a los conocimientos y las iniciativas de los docentes, que son principalmente las actividades de limpieza de los espacios públicos y hermoejamento de los jardines.

Asimismo, se determinó que existe una aproximación entre las actividades que se desarrollan en las Instituciones Educativas y las que los estudiantes desean realizar para cuidar el medio ambiente, lo cual resaltó la importancia que le dan los estudiantes a las actividades de Educación Ambiental inculcadas por los docentes.

Por otra parte se constató que la transversalidad de la Educación Ambiental en el Sistema Educativo no se aplica en todas las áreas académicas, principalmente por falta de conocimiento de parte de los docentes. Por lo tanto, es necesario iniciar con la capacitación para fortalecer la competencia en la sostenibilidad ambiental de los docentes.

Por último, se logró identificar que los docentes

tienen altos niveles de actitudes ambientales, sin embargo poseen una necesidad de fortalecer la competencia en la sostenibilidad ambiental, por lo tanto existe la necesidad de mejorar la misma para evitar barreras en el momento de formular y transmitir los conocimientos en los estudiantes.

### Agradecimientos

A la Escuela Básica N°125 Presidente Rutherford B. Hayes, el Colegio Nacional Dr. Blas Garay y el Colegio Nacional Defensores del Chaco para la realización de la investigación por su hospitalidad. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONACYT- por la beca otorgada y a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales -FACEN – UNA- por su compromiso institucional y académico.

### Literatura citada

- Alonso, B. (2010). *Historia de la Educación Ambiental: "La Educación Ambiental en el Siglo XX"*. Madrid: Asociación Española de Educación Ambiental. 32 pp.
- Delvalle, G. (2018). *Difusión sobre la importancia de la educación ambiental*. Honorable Cámara de Senadores. Consultado el 15 de Enero de 2019. <http://www.senado.gov.py/index.php/noticias/noticias-comisiones/1565-difusion-sobre-la-importancia-de-la-educacion-ambiental-2018-09-06-09-41-37#>
- Gonzalez, E. (2001). Otra lectura a la historia de la educación ambiental en América Latina y el Caribe. *Desarrollo e Meio Ambiente*, 3: 141–158.
- IGES. (2010). *Compostaje para la Reducción de Residuos Juego de informaciones*. Kitakyushu: Instituto de Estrategias del Medio Ambiente Global. 30 pp.
- Pacheco, A. (2013). *La Formación de una Cultura Ética del Agua Sustentable con los Niños y Jóvenes en Colombia*. Ensayo de grado. Bogotá: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Militar Nueva Granada. 27 pp.
- Pramling Samuelsson, I., & Kaga, Y. (2008). *La Contribución de la Educación Inicial para una sociedad sustentable*. Montevideo: UNESCO / SAEP. 140 pp.
- SEAM. (2015). *26 de enero: Día Mundial de la Educación Ambiental*. Asunción: Secretaría del Ambiente. Consultado: 14 de Enero de 2019. <http://archivo.seam.gov.py/content/26-de-enero-d%C3%ADa-mundial-de-la-educaci%C3%B3n-ambiental>

## Análisis del activo para la innovación en el clúster textil de Paraguay

### An analysis of the actions for innovation in the textile cluster of Paraguay

Edgar Antonio Sánchez Báez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Tecnología de Producción. E-mail: [esanchez@rec.una.py](mailto:esanchez@rec.una.py)

**Resumen:** La gestión de la innovación es un tema clave en el entorno global de hoy, teniendo en cuenta que su aplicación en las empresas conduce a una productividad y competitividad superior, especialmente en las pequeñas y medianas empresas (pymes). La propuesta de este estudio consiste en identificar las debilidades de las empresas del clúster Algodón-Textil-Confecciones de Paraguay relacionado a la adopción y desarrollo de innovaciones, mediante un estudio de caso. En particular provee un análisis cualitativo a las empresas integrantes del clúster en el contexto de sus recursos y actividades de innovación, vigilancia del entorno, cultura para la innovación, proyectos de innovación y el relacionamiento dentro del clúster. El análisis de estas dimensiones indica que el clúster Algodón-Textil-Confecciones tiene condiciones para un vínculo más estrecho y colaborativo, pero requiere ciertas acciones y compromisos de confianza y comunicación tanto de las empresas, de las instituciones públicas y los gobiernos locales.

**Palabras clave:** *Competitividad, Clúster, Innovación, Pymes.*

**Abstract:** Innovation management is a key issue in today's global environment, considering that its application in companies leads to higher productivity and competitiveness, especially in small and medium-sized enterprises (SMEs). Following a case study approach, the purpose of this study is to identify the weaknesses in the companies of the Cotton-Textile-Manufacturing cluster in Paraguay in relation to the adoption and development of innovations. In particular, it provides a qualitative analysis of the companies in the cluster in the context of their resources and innovation activities, monitoring of the environment, culture for innovation, innovation projects and the relationship within the cluster. The analysis of these dimensions indicates that the Cotton-Textile-Manufacturing cluster has conditions for a closer and more collaborative connection, though it requires certain actions and commitments of trust and communication from not only companies, but public institutions and local governments.

**Key words:** *Competitiveness, Cluster, Innovation, SMEs.*

### Introducción

Los distintos modelos relacionados a la innovación han evolucionado durante los últimos 50 años y su discusión se vuelve relevante para entender el comportamiento de las organizaciones. No cabe duda que la innovación es uno de los motores fundamentales de las organizaciones y como tal su sostenibilidad económica, evolución y crecimiento. De acuerdo a Porter (1999), la competitividad de una nación, y por tanto de su tejido industrial y económico, depende de la capacidad para innovar y mejorar, por lo que resulta esencial fijar la atención en la forma en que los procesos de innovación han evolucionado y como son gestionados en el seno de este tipo de modelo de negocio, orientado al

desarrollo regional.

Los modelos denominados clúster, engloban una serie de pequeñas y medianas empresas encadenadas y relacionadas con otras entidades importantes (públicas y privadas) en una determinada influencia geográfica, que tiene como objetivo maximizar la competitividad aprovechando las oportunidades colaborativas y las cadenas de valor de los productos (Porter, 2000). En este contexto, las empresas que forman un clúster solo podrán mejorar su capacidad de innovación si existe una gestión de la innovación y que esto sea plenamente comprendidos por lo miembros o agentes de toda la cadena productiva.

El objetivo del presente estudio es identificar las debilidades de las empresas del clúster Algodón-

Recibido: 24/06/2020      Aceptado: 21/09/2020



Textil-Confecciones de Paraguay relacionado al desarrollo, adopción y gestión de innovaciones. Fueron analizados cinco componentes con el objeto de proponer instrumentos significativos para la gestión de innovación en estas empresas: recursos y actividades de innovación, vigilancia del entorno, cultura para la innovación, proyectos de innovación y el nivel de relacionamiento dentro en el clúster. La primera parte del documento explora la literatura referente a la competitividad, clúster y los modelos de gestión de innovación. Luego se presenta una sección que describe la metodología de estudio y finalmente se discuten los resultados y se plantean las conclusiones.

### **Competitividad**

La competitividad se refiere a la capacidad de una organización pública o privada, de mantener sistemáticamente ventajas comparativas que le permitan alcanzar, sostener y mejorar una determinada posición en el entorno socioeconómico (Porter, 2000). Desde la perspectiva de Berumen (2006), también puede ser definida a partir de una perspectiva de participación de mercado local y global, y requiere de la acción de un conjunto de factores y variables para un adecuado funcionamiento. Siguiendo estos enfoques, la competitividad de las empresas en la actualidad está determinada centralmente por su capacidad de adaptación e innovación.

En este contexto, las Pymes son actores importantes de una economía y poseen algunas ventajas relevantes: su tamaño permite una respuesta rápida a los cambios del entorno y facilita su integración como eslabón en cadenas productivas (Castellano, 2003). Sin embargo, también presentan innumerables barreras y limitaciones de recursos y capacidades para los procesos de innovación, y por lo tanto, para obtener ventajas competitivas (Madrid-Guijarro, 2009; Hewitt-Dundas, 2006). En línea con esto, es importante indicar que existen niveles diferentes de competitividad, con sus respectivos factores: nivel empresarial, nivel de sector y nivel sistémica (Hernández, 2000). Los planteamientos principales de la competitividad sistémica han sido expuestos por Esser et al., (1996), donde los

factores de localización son relevantes, y tiene la ventaja de ser suficientemente abierto de abarcar los principales puntos fuertes y débiles que determinan el potencial del desarrollo local y regional.

### **Gestión de la innovación: motor de la competitividad en un clúster**

La innovación es una actividad integral que implica a toda la organización. La extensa literatura enfatiza a la innovación como un medio a través del cual se exploran los cambios en las organizaciones, y su papel como un motor de la competitividad, rentabilidad y productividad (Porter, 1985). Así también, la innovación se ha definido de diferentes formas en la literatura: como un proceso, sistema, programa o un resultado, en términos de su adopción o de su novedad (Hage, 1999). Su concepción ha evolucionado con el tiempo mediante los distintos modelos, desde un enfoque lineal, pasando por un modelo interactivo, hasta llegar a lo que se conoce como la innovación abierta (Chesbrough, 2003), que consiste en el uso de las capacidades innovadoras existentes en el entorno de la empresa y no sólo en su interior. Este nuevo paradigma de innovación hace necesaria gestionarla, lo que no es una tarea fácil para la mayoría de las empresas, especialmente para las pymes que actúan de forma aisladas.

Así, de acuerdo a Freeman & Soete (1997), la capacidad de innovación de las pymes se ve influenciada por varios factores, y principalmente por las limitaciones de recursos, aunque también la ausencia de las buenas prácticas de gestión puede obstaculizarlo (Freel, 2005). En este sentido, si las pymes no aprenden a trabajar en un entorno colaborativo, seguirán carentes de un proceso de innovación sostenida, situación necesaria para mantener la competitividad en el tiempo. La gestión de la innovación está asociada a la práctica interactiva de los agentes, que se debe ejecutar en el marco de un proceso acumulativo y dentro de una determinada trayectoria. Para esto, resulta imprescindible abordar los mecanismos de generación, difusión y absorción de las innovaciones, sobre todo, teniendo en cuenta que las pymes pueden producirse un gran número de cambios y mejoras, pero sin la

capacidad adecuada de las unidades productivas para incorporarla.

### **Clúster, una red colaborativa de innovación**

Debido al potencial competitivo limitado de las pymes para enfrentar las nuevas exigencias del mercado, el principal reto ha estado enfocado en la generación de un entorno que estimule el aprendizaje, la innovación y la mejora constante en estas empresas (Altenburg & Meyer-Stamer, 1999), por lo que las redes interempresariales colaborativas ha sido exitoso en muchos lugares del mundo (Baptista & Swann, 1998). Por otro lado, la asociatividad no es suficiente para explicar la excelencia empresarial de manera significativa, sino que requiere además la búsqueda e incorporación de otros factores como la comunicación, conocimiento y experiencia, así como asignación de recursos por parte de las empresas e instituciones (Terziovski, 2003). Esta filosofía de asociación para competir es aplicada en los clúster, en el que la herramienta de competitividad está basada en la cooperación, con determinadas normas y culturas empresariales compartidos.

La definición más referenciada en la literatura es la contribución de (Porter, 2000), que define al clúster como una agrupación de empresas e instituciones relacionadas entre sí, pertenecientes a un mismo sector o segmento de mercado, que se encuentran próximas geográficamente y que colaboran para ser más competitivos. Esas concentraciones geográficas congregan desde proveedores hasta instituciones de soporte. La asociatividad entre las empresas e instituciones públicas y privadas tiende a facilitar la integración, cooperación, cohesión, la innovación, materializando la eficiencia colectiva (De Souza, 2000).

Según Dearlove, (2003), los clúster afectan a la competitividad en tres formas: primero, aumentan la productividad de las empresas de la zona; segundo, controlan la velocidad y la dirección en las innovaciones; y tercero, estimulan la creación de nuevas empresas dentro del cluster. Sin embargo, la simple asociación bajo este modelo no es suficiente para elevar las actividades innovadoras y la competitividad de las pymes (Baptista & Swann, 1998),

también se requiere el cumplimiento de condiciones culturales y estructurales, así como la coordinación de todos los esfuerzos de los involucrados.

### **Materiales y Métodos**

Desde el punto de vista de la forma de abordaje del problema, la presente investigación es considerada de forma cualitativa y exploratoria (Krause, 1995), aunque se toma en cuenta datos e informaciones cuantitativas para un análisis más completo. Para alcanzar el objetivo del estudio, fue llevada adelante un estudio de caso para identificar indicadores específicos que refleje la posición competitiva del cluster Algodón-Textil-Confecciones del Departamento de Ñeembucú (Paraguay), dadas sus características específicas, acorde con los objetivos del presente trabajo y evaluadas a partir de la percepción de los individuos decisores de las empresas que conforma el cluster mencionado. Como procedimiento, se adoptó una investigación bibliográfica y documental, seguida por un estudio de caso, dado su carácter empírico (Yin, 2013). La colecta de datos incluyó informaciones secundarias obtenidas mediante documentos del Ministerio de Industria y Comercio (MIC), la Organización Nacional Promotora de la Estrategia de Competitividad (ONPEC), y fuentes estadísticas de las instituciones involucradas en el desarrollo del sector en el país. Asimismo, fueron consultadas documentos de las empresas que conforman el clúster, archivos, libros y revistas relacionadas al tema.

Las colectas de campo fueron recogidos mediante cuestionario semi-estructurados a través de entrevistas personalizadas a los representantes de las empresas e instituciones integrantes del clúster en estudio. Las entrevistas fueron realizadas entre los meses de setiembre a diciembre de 2014. El abordaje del análisis se realizó en los eslabones verticales de la cadena y la unidad de apoyo: la empresa principal Manufactura Pilar, 6 talleres de confecciones que representa al 28% del total funcionando a julio 2014 (micros y pequeños), la Asociación de Artesanos Confeccionistas de Pilar, la Asociación de Productores de Algodón del Departamento de Ñeembucú y la Universidad Nacional

de Pilar (apoyo), a través de sus directores, propietarios o representantes ante el cluster. Al respecto, el estudio buscó identificar los principales factores asociados al nivel de competitividad del clúster. Los agentes del clúster fueron analizados desde un nivel meso y micro, a partir de cinco dimensiones, según las concepciones teóricas relevantes: recursos y actividades de innovación, vigilancia del entorno, cultura para la innovación, proyectos de innovación y el nivel de relacionamiento dentro en el clúster.

### Caracterización del clúster algodón-textil-confecciones de Ñeembucú

El clúster Algodón-Textil-Confecciones, se sustenta en la empresa Manufactura Textil de Pilar S.A. (principal), situada en el Departamento de Ñeembucú, en la Región Oriental de Paraguay, fundada en el año 1930. Es una empresa de integración vertical que abarca desde el desmote de algodón hasta la comercialización de tejidos, prendas de vestir y línea de hogar. La empresa fue incorporando gradualmente a su cadena productiva otros eslabones, como las confecciones en pequeños talleres, mediante su inclusión bajo el modelo de cluster inducido desde el año 2003 (ONPEC, 2008). La Figura 1 muestra la ubicación geográfica de la planta fabril y las prin-

Fig. 1. Ubicación geográfica del Clúster Algodón-Textil-Confecciones de Paraguay.

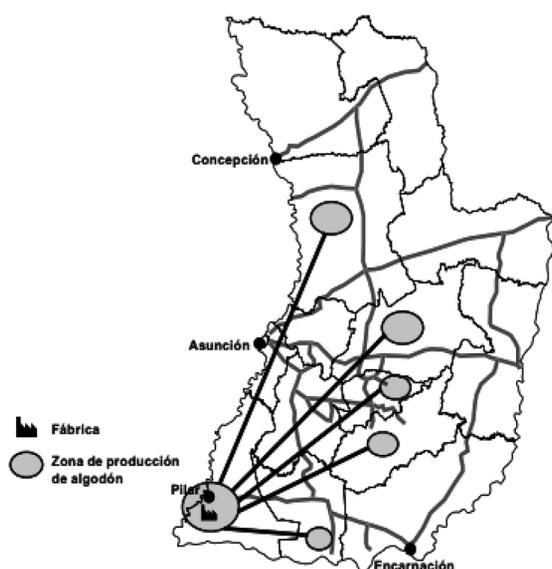


Fig. 2. Cadena productiva del Clúster Algodón-Textil-Confecciones de Paraguay.

cipales zonas del cultivo de algodón. La empresa principal del clúster, representa el principal pulmón del desarrollo económico y social de Ñeembucú, llegando a un total de 1.200 personas empleadas de forma directa y 700 de manera indirecta, con capacidad de producción anual de 20 millones de m<sup>2</sup> de tejidos y más de 800 mil prendas de hogar y de vestir. De la producción total, el 50 por ciento se comercializa a nivel internacional. Sin embargo, la cantidad de personas empleadas ha disminuido paulatinamente a en los últimos cinco años.

A partir de 2003, la empresa principal incorpora a su cadena productiva los talleres de confección tercerizados y los agricultores asociados, situados en la zona de influencia de la planta fabril. También forma parte del clúster la Universidad Nacional de Pilar y la Asociación de Artesanos de Confeccionistas de Pilar. Además, como soporte al cluster se encuentran instituciones locales (Municipalidad y Gobernación del Departamento) y el Ministerios de Industria y Comercio. La Manufactura Pilar es la empresa que impulsa la búsqueda de los mercados. En la Figura 2 se observa los relacionamientos de los integrantes del clúster analizado.

### Resultados

En la Tabla 1 se observa el resumen de las limitaciones de los integrantes del clúster, con relación a las cinco dimensiones objetos de análisis. La exposición narrativa se realiza para cada agente del clúster, definido en el diseño de la investigación. Los recursos y actividades de innovación permiten

**Tabla 1.** Limitaciones de los integrantes del clúster Algodón-Textil-Confecciones de Paraguay.

Integrantes del clúster	Recursos y actividades de innovación	Vigilancia del entorno	Cultura para innovación	Proyectos de innovación	Relacionamiento en el clúster
<b>Manufactura Pilar S.A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sin protocolo de difusión interna</li> <li>- Débil avance tecnológico.</li> <li>-Sin planificación para innovación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Débil canal de comunicación interna y externa.</li> <li>-Relación deficiente con el mercado (sin recurso destinado)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sin políticas de innovación.</li> <li>-Débil relación con centros tecnológicos.</li> <li>-Acuerdos estancados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escasa planificación de la innovación.</li> <li>-Alta tasa de fracaso de proyectos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Limitado a relación comercial</li> <li>-Débil confianza.</li> <li>-Escasa relación de innovación.</li> </ul>
<b>Talleres de confecciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Escasa productividad.</li> <li>-Limitado capital humano</li> <li>-Limitado acceso a financiamiento.</li> <li>-Débil planificación</li> <li>-Nula sistematización de actividades.</li> <li>-Tecnología limitada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Escasa información de mercados.</li> <li>-Alta descoordinación en el cluster.</li> <li>-Escasa relación con clientes.</li> <li>-Sin canales de comercialización propia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto costo de la innovación</li> <li>-Escasa estrategia de innovación.</li> <li>-Escasa motivación para la creatividad.</li> <li>-Débil cultura de mejora.</li> <li>-Sin proceso de evaluación de mejoras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sin experiencia en planificación de proyectos de innovación.</li> <li>-Escasa sostenibilidad.</li> <li>-Desconocimiento de programas de apoyo a la innovación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sin acciones coordinadas con los talleres.</li> <li>-Más competencia que cooperación.</li> <li>-Escasa relación solidaria entre agentes</li> </ul>
<b>Universidad Nacional de Pilar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Escasa transmisión de conocimiento.</li> <li>-Sin planificación de acciones.</li> <li>Nula asignación de recursos.</li> <li>-Escasa asistencia técnica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sin acciones formales de vigilancia del entorno del cluster.</li> <li>-Sin estructura formal para la cooperación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Limitado plan para la transmisión de conocimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Proyectos agrícolas estancados por falta de recursos.</li> <li>-Sin investigación de mejoramiento de variedades y calidad del algodón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Discontinuidad en el relacionamiento con el cluster.</li> <li>-Sin influencia ni asistencia significativa al clúster en los últimos 5 años</li> </ul>
<b>Asociación de Artesanos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión deficiente en las entregas de producción.</li> <li>-Abandono del sector</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Escaso conocimiento del mercado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de formalidad.</li> <li>- Escasa formación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desmotivación de artesanos por precios bajos del trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desintegración gradual del clúster</li> </ul>
<b>Asociación de productores de algodón</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abandono del sector.</li> <li>-Precio bajo.</li> <li>-Sin tecnología</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escaso conocimiento del mercado y del cluster</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Débil mejora de cosechas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sin financiamiento para algodón orgánico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Discontinuidad en la producción.</li> </ul>

identificar las actividades que intervienen en el proceso de innovación y los medios disponibles para estimular cada uno de ellos, en los distintos eslabones del clúster. Al respecto, al interior del clúster en estudio se han desarrollado algunas innovaciones de productos y procesos incrementales, sin sostenibilidad, por las limitaciones de recursos financieros y especialmente de capital humano. Se refleja que las empresas integrantes del clúster, por un lado, requieren desarrollar conocimiento y capacidades organizativas, y por otro lado, acceder a recursos financieros para incorporar bienes de equipo y herramientas. Al parecer, la sola experiencia de las empresas resulta insuficiente para introducir con éxito innovaciones.

Los aspectos considerados en el análisis del entorno fueron relacionados a factores internos y externos. Los resultados muestran que los integrantes del clúster, especialmente las pymes, demuestran debilidades en sus competencia interna para vigilar e interpretar señales de cambio del mercado, así como para identificar las necesidades más urgentes para su previsible efecto en la competitividad. También se observa una débil cultura hacia la innovación, sin embargo, existe actitud favorable a los cambios, flexibilidad y creatividad, lo que supone que el clúster reúne ciertos elementos para el fomento de una cultura de innovación, pero requiere prácticas rutinarias de otros factores impulsoras.

La gestión de proyectos de innovación en las organizaciones innovadoras consiste en establecer los mecanismos necesarios para los proyectos. En esta línea, se puede constatar que no existen carteras de proyectos de innovación formalizados, aunque se observan práctica efímera de planificación de proyectos relacionados a los procesos. En cuanto al relacionamiento dentro del clúster, se observa que esto se limita solamente a ciertas actividades, lo que imposibilita la concreción de acciones cooperativas que mejore en nivel de competitividad colectivo. Al parecer, la dosis de confianza, requisito fundamental en este modelo de negocio, se ha estancado entre los integrantes del clúster.

## Conclusiones

El clúster Algodón-Textil- Confecciones tiene condiciones para un relacionamiento más estrecho y colaborativo, pero requiere ciertas acciones y compromisos tanto de las empresas, de las instituciones públicas y los gobiernos locales. Al respecto, un hecho que sobresale de los datos recopilados es el bajo grado de importancia que los entrevistados manifiestan en torno a las posibilidades de cooperación, lo cual muestra una falta de conciencia acerca de la importancia de esta variable inter empresarial dentro del modelo de cluster. También se observa cierto grado de desconocimiento y/o falta de confianza de las políticas públicas científicas y tecnológicas que fomentan la innovación, por parte de los empresarios. Además existen indicadores internos de las empresas e instituciones que afectan el proceso innovativo del cluster, entre los que resalta la escasa cualificación del personal, con alta incidencia negativa para la innovación.

Si bien, existen algunos integrantes del clúster que reflejan mejor integración y posición que otros, la mayoría están inmersos en una baja eficiencia y productividad, bajo nivel de especialización, escasa cultura de cooperación, deficientes condiciones estructurales (infraestructuras y excesiva informalidad), incapacidad de captar información estratégica del mercado, lo que conduce a una escasa capacidad de innovación, en cualquiera de las formas. Es posible concluir que el desafío para las empresas del clúster comienza con la realización de un profundo ejercicio de autodiagnóstico acompañado de una mayor orientación hacia el entorno.

Teniendo evidencias de la débil articulación comercial de las relaciones productivas entre las empresas del clúster, el escaso desarrollo tecnológico observado, así como la débil demanda y relaciones estancadas de las instituciones de soporte, podemos concluir que el clúster Algodón-Textil-Confecciones de Ñeembucú se encuentra aún en una etapa de desarrollo incipiente, con brechas importante para una mayor integración productiva y capacidad de impulsar innovaciones. La evolución hacia una etapa superior, con mayor especialización productiva y mejores articulaciones de la cadena

productiva, podría mejorarse con la implementación de una gestión de innovación integral en el clúster en estudio, orientado a un modelo de innovación abierta colaborativa, que impulse la evolución hacia una fase de autosuficiencia. El diseño y la incorporación de un modelo gestión integral en el clúster se encuentra en proceso actual de investigación, cuyos resultados serán publicados oportunamente.

### Agradecimientos

Esta investigación ha sido posible mediante la apertura y colaboración de los responsables de las empresas e instituciones que conforma el clúster en estudio. Agradecimiento especial a ellos.

### Bibliografía

- Baptista, R. & Swann, P. (1998). Do firms in clusters innovate more? *Research policy*, 27:525–540.
- Berumen, S.M. (2006). *Competitividad y Desarrollo local*. Madrid: Esic. 182 pp.
- Castellano, J.G. (2003). Pymes Innovadoras: Cambio de Estrategias e Instrumentos. *Revista de Escuela de Administración de Negocios*, 47:10–33.
- Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: the new imperative for creating and profiting from technology*. Boston: Harvard Business School Press. xvii + 225 pp.
- Dearlove, D. (2003). El efecto parque tecnológico de la competitividad empresarial. *Harvard Deusto Business Review*, 118: 72–79.
- De Souza Filho, F. (2000). Clusters e Distritos Industriais: estudos de casos em países selecionados e implicações de políticas. *Planejamento e Políticas Públicas*, 21: 3–49.
- Esser, K., Hillenbrand, W., Messer, D. & Meyer-Stamer, J. (1996). Competitividad Sistémica: Nuevo Desafío a las empresas y a la política. *Revista de la CEPAL*, 59: 39–52.
- Freel, M. (2005). Patterns of innovation and skills in small firms. *Technovation*, 25(2):123–134.
- Freeman, C. & Soete, L. (1997). *The Economics of Industrial Innovation*. 3rd ed. Cambridge: The MIT Press. 480 pp.
- Hage, J. (1999). Organizational innovation and organizational change. *Annual Review of Sociology*, 25(1): 597–622.
- Hernández, E. (2000). *La competitividad industrial en México*. México: Plaza y Valdez Editores. 402 pp.
- Hewitt-Dundas, N. (2006). Resource and Capability Constraints to Innovation in Small and Large Plants. *Small Business Economics*, 26: 257–277.
- Krause, M. (1995). La investigación cualitativa: un campo de posibilidades y desafíos. *Revista Temas de Educación*, 7: 19–39.
- Madrid-Guijarro, A., Garcia, D. & Van Auken, H. (2009). Barriers to Innovation among Spanish Manufacturing SMEs. *Journal of Small Business Management*, 47(4): 465–488.
- Altenburg, T. & Meyer-Stamer, J. (1999). How to Promote Clusters: Policy Experiences from Latin America. *World Development*, 27(9): 1693–1713.
- ONPEC (2008). Clústers apoyados por la Organización Nacional Promotora de la Estrategia de Competitividad. Consultado: 11 de mayo de 2020. <http://www.onpec.org.py>.
- Porter, M. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press. 600 pp.
- Porter, M. (1990). *Ser Competitivos. Nuevas aportaciones y conclusiones*. Barcelona: Ediciones Deusto S.A. 478 pp.
- Porter, M. (2000). *La ventaja competitiva de las naciones*. Buenos Aires: Vergara. 1020 pp.
- Terziowski, M. (2003). The relationship between networking practices and business excellence: a study of small to medium enterprises (SMEs). *Measuring Business Excellence*; 7(2): 78–92.
- Yin, R. (2013). *Case Study Research: Design and Methods*. 5ª ed. Thousand Oaks: Sage Publications. 312 pp.

## Bases para el diseño de políticas públicas de manejo de recursos naturales vinculados al desarrollo sostenible, en la ciudad de Itauguá

### Bases for design of public politics for natural resources management linked to sustainable development, in the city of Itauguá

Arami M. Zacarias Hermosilla<sup>1</sup>, Rodolfo Canto Saenz<sup>2</sup> & Fernando Méndez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Tecnología de la Producción. Email: in-gamb.aramizacarias@gmail.com

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de México.

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

**Resumen:** Los recursos naturales considerados para esta investigación forman parte de la dinámica socio-económica de la comunidad. El Objetivo General de la investigación es, Elaborar las bases para una política pública de manejo de recursos naturales vinculados al desarrollo sostenible de la ciudad de Itauguá; y los específicos: identificar ecosistemas claves de referencia en el municipio; describir el contexto socioeconómico y político del área de influencia de los sitios escogidos; analizar las estrategias de manejo de recursos naturales para los sitios escogidos; y establecer las bases entre las estrategias de manejo de recursos naturales y desarrollo sostenible. Toda estrategia de manejo proyectada debe de estar alineada a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, pero sobretodo, se deben de establecer alianzas estratégicas entre las instituciones gubernamentales presentes o no en el territorio, el municipio (como principal interesado), la academia (desde la investigación científica brindar las mejores alternativas), gremios de producción locales y miembros de la sociedad civil, de cuya participación y compromiso depende el éxito de todo proyecto.

**Palabras clave:** *Políticas Públicas, Manejo de recursos naturales, participación pública, Calidad de vida, Objetivos de Desarrollo Sostenible.*

**Summary:** Natural resources considered for this research are part of the socioeconomic dynamics of the community. The overall objective of the research was Develop the fund to a Public Politics of Natural Resources management linked to Sustainable Development from the Itauguá city, and the specifics: Identify reference keys ecosystems in the Town, Explain the socioeconomic and political context of the influence area from the chosen sites, Annalise the strategies of the Natural resources management for the chosen sites, Set UP the basement between the natural resources management and sustainable development. All management strategy projected must be aligned to the sustainable development objectives, but above all, should Be set UP strategic alliances between Government institutions present or not in the territory, the Town (as main interested), local productions unions and members of civil Society, whose participation and commitment depends the success of every project.

**Keywords:** *Public Politics, Natural Resources management, Public Participation, Quality of Life, Sustainable Development Objectives.*

### Introducción

Los ecosistemas terrestres son el soporte vital de las actividades humanas, y el estado de conservación esta intrínsecamente ligado a la calidad de vida de una comunidad (Carabias, 2009). La falta de Políticas públicas, o la poca aplicabilidad de las existentes, incide en el estado de conservación de los RRNN, para el manejo de los espacios naturales de aprovechamiento humano (López & Chan, 2016)

son necesarias políticas que vinculen efectivamente los recursos que posee un territorio. La pregunta de la investigación es, ¿Las políticas públicas de manejo de RRNN, inciden en el Desarrollo Sostenible de un territorio?, y a través de ella ¿cómo se vinculan estas políticas con el Desarrollo? (Aguilar Villanueva, 1992)

El Objetivo General fue Elaborar las bases para una política pública de manejo de recursos naturales vinculados al desarrollo sostenible (Sepúlveda,

Recibido: 11/09/2020    Aceptado: 21/09/2020



2008) de la ciudad de Itauguá; y los específicos; identificar ecosistemas claves de referencia en el municipio; describir el contexto socioeconómico y político del área de influencia de los sitios escogidos (Chávez González *et al.*, 2015); analizar las estrategias de manejo de recursos naturales para los sitios escogidos; establecer las bases entre las estrategias de manejo de Recursos naturales y desarrollo sostenible.

### Materiales y métodos

La investigación fue desarrollada en la ciudad de Itauguá, está ubicada a 30 Km de la ciudad de Asunción sobre la ruta II (Figura 1). Se tomó como población a los sitios claves de referencia en el territorio, los cuales para ser estudiados cumplieron con los siguientes criterios: espacios naturales que han sido modificados por actividades humanas, prestación de servicios ambientales, representatividad para el territorio y para los pobladores del área de influencia. Las variables estudiadas fueron: degradación del lugar, valoración ambiental por parte de los informantes, servicios ambientales prestados.

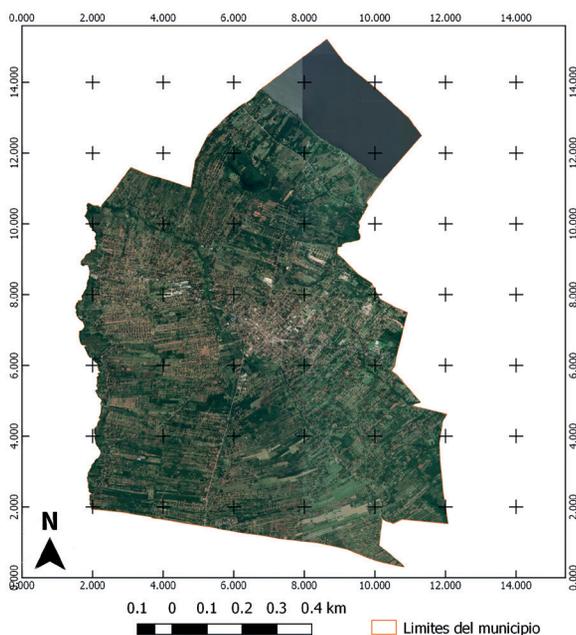


Figura 1. Municipio de Itauguá.

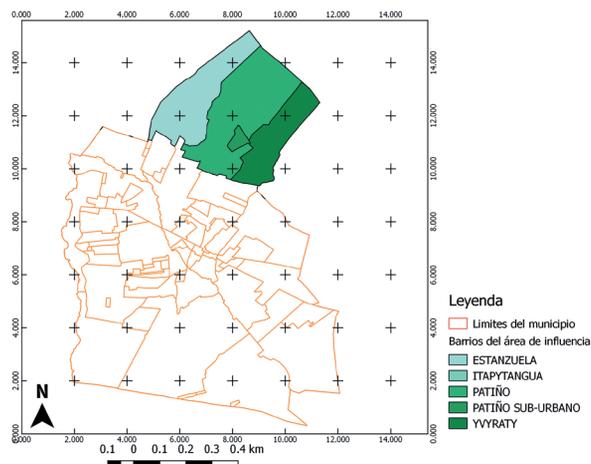
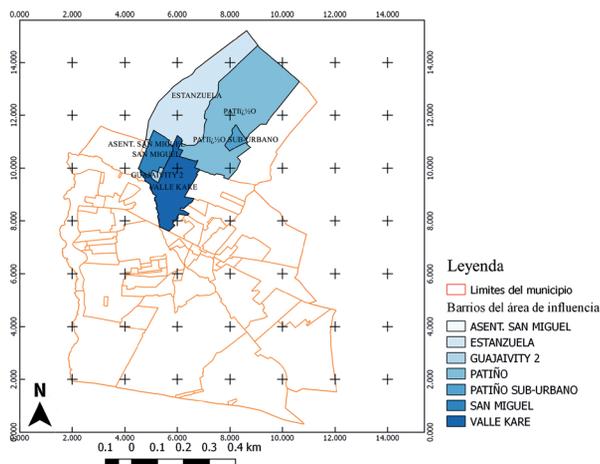
Los criterios de selección para los tres grupos de informantes fueron los siguientes:

- Pobladores del área: mayores de edad, con más de 5 años viviendo en el lugar y/o que posean relación de dependencia socioeconómica con el sitio.
- Referentes claves locales: funcionarios municipales, autoridades locales, líderes de la sociedad civil con intereses con respecto al desarrollo sostenible y la promoción de políticas que promuevan el manejo sustentable de los RRNN.
- Promotores: profesionales del área de ciencias naturales y/o ciencias políticas, experiencia en trabajos de promoción en pos del manejo sustentable de los RRNN y educación ambiental.
- Los materiales utilizados están desglosados en los siguientes apartados:
  - Materiales de campo: Gps, Cámara, hojas de encuestas, lápices, agua potable, cámara fotográfica, teléfono celular.
  - Materiales de gabinete: lápices, bolígrafos, borradores, hojas blancas, carpetas archivadoras, Notebook, internet, programa QGis 2.18.24, SAS Planet, Google Earth, Excel 2010.
- La metodología utilizada para este estudio se constituyó en dos partes: entrevistas a grupos de informantes y observación directa de los sitios a ser estudiados y catalogados como vulnerables y de referencia. Cada sitio fue georreferenciado y observado según lista de cotejo. Los puntos georreferenciados fueron procesados por medio de programas de SIG para ser presentados como mapas.

### Resultados y discusión

#### Identificación de ecosistemas claves de referencia en el municipio

#### Cerro Patiño y su área de influencia: Zona rural



**Figuras 2-3.** Municipio de Itaiguá. 2) [izquierda] Ubicación del área de influencia del cerro Patiño. 3) [derecha] Ubicación del área de influencia del lago Ypacarai.

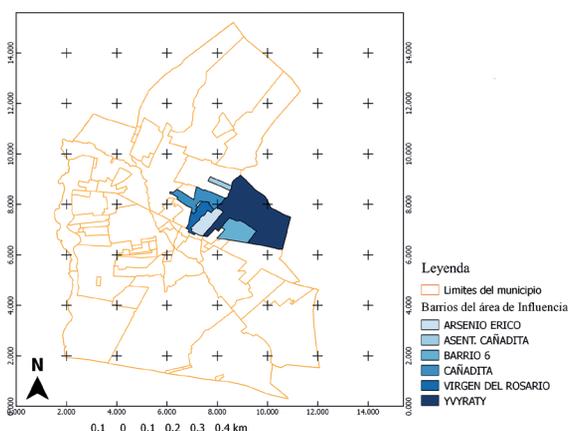
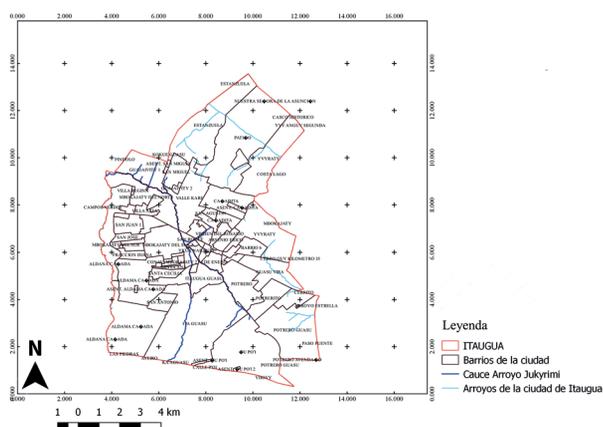
de producción agropecuaria de baja escala, posee zonas de amortiguamiento natural, nacientes de agua, abundancia de RRNN. Forma parte de la cuenca del Lago Ypacarai (Figura 2).

**Lago Ypacarai:** Al municipio de Itaiguá le corresponde 4km de costa (Figura 3), actualmente posee dos playas, explotadas como zonas de esparcimiento familiar, impulsado municipalmente con fines turísticos sostenibles.

**Arroyos urbanos:** Se identificó el arroyo Jukyrimi (Figura 4), con nacimiento en zona residencial, cruza el mercado municipal, y otros tres barrios del municipio para luego desembocar en

el Lago Ypacarai. Zona urbana, con prestación de servicios, problemas de contaminación del cauce hídrico y de gestión de residuos por parte de los vecinos del lugar (el arroyo es destino final de sus residuos sólidos domiciliarios), cauce con zonas de entubamiento y canalización.

**Cantera Ybyraty:** Mayor yacimiento de Caolín en el territorio (Salinas, 2017), Proyecto en ejecución para geositio, (Iniciativas Geoparque por parte de la UNESCO) área sin asentamientos urbanos cercanos, en litigio para expropiación (Figura 5).



**Figuras 2-3.** Municipio de Itaiguá. 4) [izquierda] Zona de estudio arroyo Jukyrimi. 5) [derecha] Ubicación del área de influencia de la cantera de caolín.

## Descripción del contexto socioeconómico y político del área de influencia de los sitios escogidos

### Cerro Patiño y su área de influencia

**Contexto Socioeconómico:** Zona rururbana, se han observado nuevas urbanizaciones por medio de apertura de loteamientos. Incentivo a la agricultura familiar por parte de la Municipalidad con cooperación internacional con la JICA. Actividades de agricultura familiar y producción pecuaria de baja escala distribuida de las siguientes maneras:

**Contexto político:** Según las entrevistas realizadas, existe presión por parte de los pobladores para la conservación de sus espacios naturales. Se ha observado degradación de los bosques naturales por parte de la apertura de los loteamientos en algunas zonas, lo que a su vez conlleva a la pérdida de tierra cultivable, a su vez, las familias que han hecho agricultura familiar desde años atrás, como tradición, la van perdiendo por la falta de interés de sus hijos en seguir con este tipo de producción.

### Lago Ypacarai

**Contexto Socioeconómico:** Zona de esparcimiento familiar, con puestos de venta de productos frutihortícola de la zona. Foco en turismo sostenible

**Contexto Político:** Al ser un área con categoría protección público – privada, existen conflictos en la forma de explotación final de las áreas comparadas con emprendimientos privados.

### Arroyos Jukyrimi

**Contexto Socioeconómico:** Zona urbana, actividades productivas de consumo y servicios.

**Contexto Político:** Iniciativas de recuperación del cauce, por medio de campañas de limpieza impulsadas por grupos de jóvenes.

### Cantera Ybyraty

**Contexto Socioeconómico:** Zona rururbana. No hay urbanizaciones cercanas.

**Contexto Político:** Interés por parte del municipio para expropiar y convertirlo en un geositio,

como parte de las iniciativas de Geoparque de la UNESCO.

### Análisis de las estrategias de manejo de RRNN para los sitios escogidos

Las estrategias de manejo de RRNN llevadas a cabo por parte del municipio son aquellas descritas en el Plan de manejo del Lago Ypacarai y humedales adyacentes del río salado (Consultora TRM, 2014), el cual se aplica a los sitios comprendidos por el Lago Ypacarai y Cerro Patiño específicamente. Así también en casos como los arroyos urbanos del municipio (Municipalidad de Itauguá, 2016), se aplica esta herramienta porque están comprendidos dentro de la cuenca del Lago Ypacarai.

Se ha observado y constatado por medio de entrevistas a los grupos de informantes, que las estrategias llevadas a cabo por parte del municipio, en conjunto con miembros de la sociedad civil y de Organizaciones Gubernamentales, como son el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES), Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC), Secretaría Nacional de Cultura (SNC), entre otros, requieren de inversión económica, como factor preponderante en la viabilidad de los mismos.

El único proyecto/estrategia de conservación con fondo externo al manejado por el municipio, se da con la iniciativa Geoparque.

La presión demográfica hacia las zonas rurales y naturales de los ecosistemas Cerro Patiño y Lago Ypacarai, genera incertidumbre hacia el buen manejo de los RRNN por parte de los pobladores de estas zonas, el municipio como administrador de su territorio, toma medidas dentro de sus limitaciones, las cuales son establecidas por el MADES, quien es el principal administrador establecido por Ley 5256/2006 (Congreso de la Nación Paraguaya, 2006).

Las estrategias del municipio, para el manejo de sus RRNN está vinculada a la conservación de los mismos por medio del turismo sostenible, pero todo proyecto y/o acción a ser ejecutada por el mismo, posee de limitante el factor económico, coincidiendo con lo establecido por Espínola-Torres *et al.*

(2020), en cuanto a los factores que condicionan la elaboración de planes de manejo.

Las estrategias de manejo de RRNN tomadas por parte del municipio para los ecosistemas estudiados se describen como Eco desarrollismo; pero se reconoce que el éxito de cualquier acción a ser llevada a cabo, está condicionada a la participación de la sociedad civil, así como el estímulo de hacerlos partícipes hasta el final, es fundamental.

Así también la factibilidad política de todo proyecto y/o estrategia de RRNN está ligado al interés de los líderes naturales de las zonas de influencia, ya que los mismos se encargan de movilizar a los demás miembros de la sociedad según sus intereses. Por las entrevistas realizadas en la zona de estudio del arroyo urbano, además de concienciación ambiental, es necesaria la aplicación de multas y sanciones según lo establecido en las resoluciones ambientales del MADES y ordenanzas municipales.

Como lo mencionaba Meltsner (1992), hay que delimitar en primer lugar, el espacio de la política y, posterior a ello, el área de acción de la política. El espacio físico de la política es, en este caso, el municipio y/o territorio de Itauguá, pero en cuanto al área de acción de una política de manejo de RRNN, la misma no se limita al territorio nada más, ya que éstos recursos, como bien público (de todos y de nadie), a su vez están bajo la administración de instituciones gubernamentales con jerarquía mayor a la del municipio.

### **Bases entre las estrategias de manejo de RRNN y desarrollo sostenible**

Según los objetivos de desarrollo sostenible, en su objetivo 11b, para el año 2020, se debería de aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover, la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación al cambio climático y la adaptación a él; las bases para lograr estrategias de manejo de RRNN y desarrollo sostenible, las cuales puedan desarrollar una política pública de manejo local de RRNN son: la educación ambiental; la participación pública; valoración ambiental; protección, conservación y

restauración de RRNN, y la aplicación de multas y sanciones.

Toda estrategia de manejo proyectada debe de estar alineada a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ver apartado 2.3), pero sobretodo, se deben de establecer alianzas estratégicas entre las instituciones gubernamentales presentes o no en el territorio, el municipio (como principal interesado), la academia (desde la investigación científica brindar las mejores alternativas), gremios de producción locales y miembros de la sociedad civil, cuya participación y compromiso depende el éxito de todo proyecto.

### **Conclusiones y recomendaciones**

Existe bastante confusión entre los términos política pública y legislación, se ha observado potencial para el desarrollo óptimo de una política como tal, y no solo cumplimiento de las legislaciones vigentes en el municipio. El primer desafío es lograr la comprensión de éstos términos y campos de acción para establecer las bases para un diseño de política pública exitosa y replicable.

La descentralización de las instituciones gubernamentales y el fortalecimiento local municipal son los ejes principales a trabajar, junto con la educación y concienciación constante. Es importante resaltar que el despertar ciudadano con respecto a la situación ambiental en la que está inmerso, juega un papel importante, ya que el éxito depende del grado de compromiso y sentido de pertenencia de la comunidad local.

Se responde afirmativamente a la pregunta de investigación ¿Las políticas públicas de manejo de RRNN, inciden en el Desarrollo Sostenible de un territorio?; ya que las mismas inciden en calidad de vida de las personas de un territorio (el buen manejo de RRNN esta intrínsecamente ligado a la calidad de vida), y a través de ella ¿cómo se vinculan estas políticas con el Desarrollo Sostenible?, las mismas están vinculadas a través de los planes de manejo y desarrollo municipal 2016 – 2020, que están alineadas con el Plan Nacional de Desarrollo 2030.

Se resalta que las bases necesarias para el diseño de una política pública en el municipio son:

la educación ambiental; la participación pública; valoración ambiental; protección, conservación y restauración de RRNN (Vargas, 2011), y la aplicación de multas y sanciones; las cuales podrían servir para estudios posteriores y mesas técnicas donde se pueden estipular a su vez las pautas de cada una de ellas.

Se recomienda futuras investigaciones y mesas técnicas para el diseño y desarrollo de una política, pero sobretodo, bajar a la comunidad los conceptos y diferencias de que es una política pública, de manera a diferenciarlos de las legislaciones y las aplicaciones de ley vigentes. En conjunto con las acciones de educación ambiental, implementar en los programas de educación de competencia local, conceptos básicos de políticas públicas según el grado de entendimiento por rangos de escolarización.

Así también, se recomienda la incorporación del contexto cultural y simbólico predominante en las ciudades analizadas, lo cual ampliará el marco de análisis para las políticas de desarrollo territorial.

### Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-CONACYT por la oportunidad otorgada al brindarme esta beca de estudio. A la FACEN, por la formación recibida, y a su plantel de docentes por el apoyo brindado para alcanzar la meta, así como a los funcionarios del Departamento de Tecnología de la Producción. A la municipalidad de Itauguá, en la figura de la Ing For. Nilda González, por su ayuda y acompañamiento desde el inicio de esta maestría. A mis Orientadores por su apoyo y entusiasmo desde el primer momento en que encaramos este camino

### Literatura citada

- Aguilar Villanueva, L. (1992). *La hechura de las políticas públicas*. 1ª ed. México: Editorial Miguel Ángel Porrúa. 432 pp.
- Carabias, J. (2009). *Manejo de recursos naturales y calidad de vida*. Pp. 29-37, in: Chediack, S.E. (Ed.), *Monitoreo de biodiversidad y recursos naturales: ¿para qué?* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Colección Corredor Biológico Mesoamericano México, Serie Diálogos, 3: 87 pp.
- Chávez González, H., González Guillén, M.J., & Hernández, P. (2015). Metodologías para identificar áreas prioritarias para conservación de ecosistemas naturales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(27), 8-23.
- Congreso de la Nación Paraguaya. (2006). *Ley n° 5256, que Declara como área silvestre protegida de dominio público y privado con la categoría de manejo reserva de recursos manejados al lago Ypacarai y el sistema de humedales adyacentes*. Asunción: Poder Legislativo. 2 pp.
- Espínola-Torres, M., Amarilla-Rodríguez, S. & Pinazzo, J. (2020). Planes de manejo de las áreas silvestres protegidas en Paraguay: Un análisis histórico. *Ciencias ambientales*: 54(1): 177–189.
- López, L. & Chan, J. (2016). Marco conceptual del manejo de recursos naturales. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 12(1): 27-35.
- Consultora TRM (2014). *Reserva de Recursos Manejados Lago Ypacarai y el sistema de humedales adyacentes: plan de manejo 2018-2028*. Asunción: Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. 431 pp.
- Municipalidad de Itauguá. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal Itauguá 2016-2020*. Itauguá: Municipalidad de Itauguá. 51 pp.
- Salinas, F. (2017). *Caracterización de las ocurrencias de caolín en afloramientos de la formación Vargas Peña al este y al oeste de la falla de Ypacarai*. Tesis de grado. San Lorenzo: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UNA. 50 pp.
- Sepúlveda, S. (2008). *Gestión del desarrollo sostenible en territorios rurales: métodos para la planificación*. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. xxi + 392 pp.
- Vargas, O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2): 221–246.

## Interfaz tecnológica-regulatoria: desarrollo de un medicamento de origen biológico para el tratamiento de úlceras crónicas con elevado volumen de exudado

### Technological-regulatory interface: development of a drug of biological origin for the treatment of chronic ulcers with a high volume of exudate

Cynthia Adriana Zacarias Chamorro<sup>1</sup>, Maria Eugenia Sesto Cabral<sup>2</sup> & Sonia Lorena Fretes de Aquino<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, San Lorenzo, Paraguay. Email: adri\_zacarias@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia, Tucumán, Argentina. Email: eugenia.sestocabral@gmail.com

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Químicas, San Lorenzo, Paraguay. Email: soniafretescom@yahoo.com.ar

**Resumen:** La infección de una herida y la presencia de exudado contribuyen al retraso en la cicatrización. La infección se produce por bacterias formadoras de biofilm, estrategia que les confiere resistencia a antibióticos, desinfectantes y a la respuesta inmune. La ausencia de tratamientos específicos y accesibles en el sistema público de salud lleva a la aplicación de tratamientos paliativos, que impiden al paciente permanecer ambulatorio disminuyendo su calidad de vida. Por tratarse de una enfermedad crónica recidivante, con alto requerimiento de recursos, representa una problemática en salud pública. Como tratamiento alternativo el uso de sobrenadante de *Lactobacillus plantarum* (LAPS) está avalado por reportes científicos publicados desde 2012; el mismo posee metabolitos con actividad antipatogénica y procicatrizante que actúan de manera sinérgica, lo que convierte a esta mezcla compleja en un único Ingrediente Farmacéutico Activo (IFA). El desafío consistió en desarrollar un medicamento de uso tópico que vehiculice LAPS, conservando su actividad y permitiendo el manejo de elevado volumen de exudado, para ofrecer un tratamiento personalizado al paciente, utilizando métodos de producción se realizados acorde a la normativa vigente, a escala laboratorio. Todos se diseñaron bajo principios de (P+L) y Química Verde, para contribuir en el aporte de productos amigables con el ambiente.

**Palabras Claves:** LAPS, IFA, medicamentos de uso tópico, P+L, química verde.

**Abstract:** The infection of a wound and the presence of new exudate to the delay in the healing. The infection is produced by biofilm-forming bacteria, a strategy that confers resistance to antibiotics, disinfectants and the immune response. The absence of specific and accessible treatments in the public health system leads to the application of palliative treatments, which prevent the patient from remaining ambulatory, reducing their quality of life. Because it is a chronic relapsing disease, with a high requirement of resources, it represents a problem in public health. As an alternative treatment with the use of *Lactobacillus plantarum* supernatant (LAPS) is available by scientific reports published since 2012; it has metabolites with antipathogenic and procicatrizing activity that act synergistically, which turns this complex mixture into a single Active Pharmaceutical Ingredient (API). The challenge consisted in developing a drug for topical use that conveys LAPS, preserving its activity and allowing the management of a high volume of exudate, to offer a personalized treatment to the patient, using production methods that were carried out according to current regulations, at laboratory scale. All were designed under the principles of (P + L) and Green Chemistry, to contribute to the contribution of environmentally friendly products.

**Key Words:** LAPS, IFA, topical drugs, P + L, green chemistry.

## INTRODUCCIÓN

Las lesiones en la piel siguen siendo un gran problema de salud pública en términos de morbilidad y discapacidad a largo plazo en todo el mundo. La agresión a la piel, afecta su función de barrera normal, permitiendo de este modo la colonización microbiana, lo que constituye una fuente de infección que afecta al sistema inmunológico (Troche

et al., 2017).

La prescripción y consumo de antibióticos son un factor importante en la curación y control de las infecciones. La incidencia de infecciones en la piel es mayor en relación a otras lesiones traumáticas, debido a la pérdida de la barrera cutánea que constituye la primera defensa del organismo. La incorrecta utilización de los antibióticos puede

Recibido: 24/08/2020 Aceptado: 21/09/2020



ocasionar la resistencia microbiana y disminución de la eficacia terapéutica. (Mediavilla *et al.*, 2014).

Los trabajos publicados previamente demostraron que el sobrenadante de cultivo de *Lactobacillus plantarum* (LAPS) inhibe in vitro la adhesión, crecimiento, señales de quorum sensing, biofilm y factores de virulencia de *P. aeruginosa* (Ramos *et al.*, 2010). También se comprobó que LAPS inhibe, crecimiento, formación de biofilm y disrumpe biofilm preformado de: *S. aureus*, *S. epidermidis*, *S. pyogenes*, *E. faecalis* y *S. marcesens*. Estas cepas están presentes en el 80% de los aislamientos clínicos de úlceras crónicas en la provincia de Tucumán, Argentina (Lindon *et al.*, 2016). Del mismo modo en Paraguay, las infecciones bacterianas más frecuentes que fueron aisladas, son de bacterias Gram (-) como *Pseudomonas aeruginosa* multirresistentes y dentro de los gram positivos, *S. aureus* (Balmelli *et al.*, 2018).

A partir de un profundo análisis de las propiedades biológicas y químicas de LAPS, se determinó su composición completa de metabolitos y enzimas. Basados en las propiedades ya demostradas para estos componentes, se hipotetizó un mecanismo de acción en heridas crónicas. Los metabolitos responsables de las propiedades antipatogénicas y pro-cicatrizantes de LAPS, actúan de manera sinérgica, lo que posiciona a esta mezcla compleja, como un único IFA de origen biológico (Ramos *et al.*, 2015).

Dadas las propiedades pro-cicatrizantes directas e indirectas y la seguridad en el uso demostrada previamente, se diseñaron formas farmacéuticas para facilitar la administración en humanos (Cabrera *et al.*, 2016). Todo ello avala el uso de LAPS como IFA en el diseño de medicamentos tópicos dirigidos al tratamiento de úlceras crónicas de elevado volumen de exudado. En este caso específicamente, el interés radica en vehiculizar un principio activo de origen biológico en un sistema de administración transdérmica de fármacos (STT) de liberación controlada y de esta forma obtener un producto final, es decir un medicamento que reúna las características fundamentales de seguridad, calidad y eficacia. Y de este modo mejorar la calidad de

vida de los pacientes que padecen de úlceras, ya que la presencia de elevados volúmenes de exudado contribuye al retraso en la cicatrización, los estadios inflamatorios, así como también un sitio favorable para adquirir infecciones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Producción del ingrediente activo farmacéutico (IFA) e implementación de metodologías de producción más limpia (P+L)

#### Medios de cultivo

A fin de exacerbar la actividad inductora del Biofilm fueron preparados cuatro medios de cultivo diferentes (MRS, SCM1, MRST y MRSTC) para la producción de LAPS.

**Medio MRS (Man, Rogosa y Sharpe) comercial:** medio de cultivo como base para el diseño y posterior modificación de composición de SCM1, MRST y MRSTC y como patrón de control. Este medio se utilizó para obtener LAPS0, cuya composición se detalla en la Tabla 1.

**Medio SCM1:** medio de cultivo en el cual fue reemplazado totalmente el extracto de levadura por CBR (células bacterianas residuales) secas y lisadas. En el marco de la filosofía de P+L, se reemplazaron las fuentes de proteínas. Este medio se utilizó para obtener LAPSa, cuya composición

**Tabla 1.** Composición cuali-cuantitativa del Medio MRS.

Componentes	Cantidad
Proteosa peptona N° 3	5 g
Extracto de Carne	5 g
Extracto de Levadura	2,5 g
Glucosa	10 g
Sorbitán monooleato	0,5 mL
Fosfato dipotásico	1 g
Acetato sódico	2,5 g
Citrato de amonio	1 g
Sulfato de magnesio	0,1 g
Sulfato de manganeso	0,025 g
Agua destilada	500 mL

**Tabla 2.** Composición cuali-cuantitativa del Medio SCM1.

Componente	Cantidad
Peptona de Carne	5 g
Extracto de Carne	5 g
CBR	1,25 g
Glucosa anhidra	10g
Tween 80	0,5 mL
Fosfato di potásico	1 g
Acetato sódico anhidro	2,5 g
Citrato de sodio	1 g
Sulfato de magnesio	0,1 g
Sulfato de manganeso	0,025 g
Agua destilada	500 mL

se detalla en la Tabla 2.

**Medio MRST:** Al medio MRS comercial fue adicionado Tween 80, debido a que el mismo posee elevado poder disruptor de biofilm. Este medio se utilizó para obtener LAPSb, cuya composición se detalla en la Tabla 3.

**Medio MRSTC:** Se adicionó cationes calcio, magnesio y Tween 80, al medio MRS. Con la

**Tabla 3.** Composición cuali-cuantitativa del Medio MRST.

Componente	Cantidad
Proteosa peptona N° 3	5 g
Extracto de Carne	5 g
Extracto de Levadura	2,5 g
Glucosa	10 g
Sorbitán monoleato	0,5 mL
Fosfato dipotásico	1 g
Acetato sódico	2,5 g
Citrato de amonio	1 g
Sulfato de magnesio	0,1 g
Sulfato de manganeso	0,025 g
Tween 80	1,5 mL
Agua destilada	500 mL

**Tabla 4.** Composición cuali-cuantitativa del Medio MRSTC.

Componente	Cantidad
Proteosa peptona N° 3	5 g
Extracto de Carne	5 g
Extracto de Levadura	2,5 g
Glucosa	10 g
Sorbitán monoleato	0,5 mL
Fosfato dipotásico	1 g
Acetato sódico	2,5 g
Citrato de amonio	1 g
Sulfato de magnesio	0,1 g
Sulfato de manganeso	0,025 g
Cloruro de Magnesio	1 g
Cloruro de Calcio	1 g
Tween 80	1,5 mL
Agua destilada	500 mL

adición de los mismos se potenció la capacidad disruptora de biofilm, debido a que los cationes bivalentes rompen el biofilm. Este medio se utilizó para obtener LAPSc, cuya composición se detalla en la Tabla 4.

### Preparación de medios de cultivo estándar

**Para *L. plantarum*:** Las cepas de *L. plantarum* ATCC 10241 utilizadas, fueron conservadas en el Laboratorio de Estudios Farmacéuticos y Biotecnología Farmacéutica de la Universidad Nacional de Tucumán desde el 07/12/2018, en medio LEL compuesto por leche, extracto de levadura y glucosa con glicerol al 30%, en viales almacenados en freezer a -22 °C. Para obtener el cultivo estándar del mismo se preparó medio MRS. Según Ficha Técnica del medio BHI.

**Para *P. aeruginosa*:** Para obtener el cultivo estándar del mismo se preparó medio Luria Bertani (LB).

**Para *S. aureus*:** Para obtener el cultivo estándar del mismo se preparó medio BHI. Según Ficha Técnica del medio BHI.

## Proceso de producción del IFA

En este trabajo se utilizó el protocolo de elaboración del IFA estandarizado.

## Parámetros de calidad del IFA

Fueron establecidos los parámetros de calidad para el IFA biológico, según Tabla 5.

## Determinación de la actividad antimicrobiana

**Inhibición del crecimiento:** las cepas patógenas de *P. aeruginosa* y *S. aureus* se cultivaron en caldo LB y BHI respectivamente, durante 12 horas a 37 °C. Se prepararon las suspensiones DO600  $\approx$  0,150 usando medio fresco de LB y BHI como diluyente y blanco.

En microplacas de poliestireno de 96 pocillos, fueron sembrados: 100  $\mu$ L de cada medio de crecimiento (LB para *P. aeruginosa* y BHI para *S. aureus*), 100  $\mu$ L de cada inhibidor: LAPSo, LAPSa, LAP Sb y LAPSc y 50  $\mu$ L de suspensión bacteriana. Fueron utilizados como control de actividad antimicrobiana original, 50  $\mu$ L de gentamicina (8  $\mu$ g/mL) como control antimicrobiano positivo y 50  $\mu$ L de los medios LB o BHI como controles de crecimiento, 50  $\mu$ L de la solución fisiológica como control antimicrobiano negativo. Las microplacas se incubaron durante 12 horas a 37 °C. Las curvas de crecimiento se obtuvieron a partir de la medición de la DO600 cada una hora, en lectora de microplacas (Multiskan Go - Thermo Scientific). Cada curva se realizó por quintuplicado y cada punto se expresó como la media  $\pm$  desviación estándar.

**Inhibición de formación de biofilm:** para

poder estudiarlo se descartó el contenido de los pocillos de la microplaca del ensayo anterior, de inhibición de crecimiento. Los pocillos fueron lavados 3 veces con suero fisiológico al 0,9%. La biomasa remanente adherida se tiñó durante 15 min con 250  $\mu$ L de cristal violeta al 0,1% (m/V). Se descartó el contenido y se lavó suavemente suero fisiológico al 0,9%. Las células muertas y adheridas se solubilizaron con 250  $\mu$ L de etanol y se midió la DO540 en lectora de microplacas (Multiskan Go - Thermo Scientific). La medida de la DO es directamente proporcional a la biomasa formada. Los resultados se expresaron como la media  $\pm$  desviación estándar por quintuplicado.

**Capacidad de disrupción de biofilm:** se preparó la suspensión de cada cepa patógena siguiendo el mismo protocolo que en el ensayo para inhibición del crecimiento. En microplacas de poliestireno de 96 pocillos, se sembró: 100  $\mu$ L de cada medio de crecimiento y 50  $\mu$ L de las suspensiones bacterianas. Se incubó a 37 °C durante 6 horas. Luego, se agregaron 100  $\mu$ L de LAPSo, LAPSa, LAP Sb y LAPSc como control de actividad original, gentamicina (8  $\mu$ g/mL) como control antimicrobiano positivo, medio LB o BHI como control de crecimiento, solución fisiológica como control antimicrobiano negativo. Se incubó nuevamente a 37 °C durante 6 horas. Se descartó el contenido de los pocillos y se lavó tres veces con solución fisiológica al 0,9%. El proceso de tinción se realizó según se indicó en la

inhibición de formación de biofilm. Los resultados se expresaron como la media  $\pm$  desviación estándar.

**Tabla 5.** Parámetros de calidad verificados en el IFA producido.

Controles de calidad	Parámetros	Especificaciones
Organolépticos	Aspecto	Líquido homogéneo, sin turbidez.
	Color	Marrón translúcido.
	Olor	Característico.
Fisicoquímico	pH	5,22 $\pm$ 0,43
Microbiológico	Esterilidad	Ausencia de crecimiento en medio de cultivo MRS comercial.

## Desarrollo de un medicamento biológico de uso tópico para elevado volumen de exudado.

### Estudios de pre formulación. Evaluación de las propiedades tecnológicas de los STT diseñados

Se evaluaron las siguientes características. Según lo descrito en Tabla 6.

#### Capacidad de hinchamiento.

Según (Alagusundaram *et al.*, 2011; Noguez *et al.*, 2014), se tomaron muestras de 1,5 cm x 1,5 cm de cada STT diseñado y se pesaron en balanza analítica (Radwag AS220R2). Se utilizó PBS de pH 7,2 reportado en literatura como el pH del tejido cutáneo en heridas. Según estudios previos, permitieron identificar que este valor de pH de 7,2 se repite en el mayor número de pacientes con úlceras crónicas, tomándose como el máximo valor de pH alcanzado por una úlcera crónica. Se colocó en una caja de Petri una solución de PBS en volumen de 10 mL y se mantuvo durante 24 h con agitación orbital. Las lecturas de peso, se realizaron luego de agotar el volumen remanente de agua. El aumento de peso por absorción de PBS se registrará a las 0, 4, 6 y 24 h. Con los valores registrados se calculará el índice de hinchamiento como:

$$S = \frac{(Pf - Pi)}{Pi} \quad (1)$$

En donde, Pi es el peso registrado antes del hinchamiento y Pf el peso registrado al final del ensayo.

Con los valores obtenidos del índice de hinchamiento se calculará la capacidad de absorción de agua por cm<sup>2</sup> de área del STT, el porcentaje de retención de agua del STT diseñado en comparación con un STT sin NCB que se utiliza como control. También se evaluó la estabilidad de las formulaciones en medio acuoso.

#### Porcentaje de absorción de humedad.

Según (Kusum *et al.*, 2003; Noguez *et al.*, 2014). Se cortaron muestras de STT de 1,5 x 1,5 cm. Se pesaron en balanza analítica (Radwag AS220R2). Se ubicaron las muestras en un recipiente hermético con 100 mL de solución saturada de KCl (mantiene la humedad relativa en 84%) a 25 °C. Luego de 3

**Tabla 6.** Características físicas evaluadas de los STT diseñados.

Características	Especificaciones
Apariencia	Discriminando entre mate y brillante.
Flexibilidad	Sí/ No.
Burbujas	Presencia y Ausencia.
Color	Coloreado o Traslucido.
Integridad de Superficie	Si/No.
Resistencia al quiebre	Si /No.

días los STT fueron retirados y se pesaron. El porcentaje de absorción de humedad se calculó con la siguiente fórmula:

$$H = \frac{(Pf - Pi)}{Pi} \times 100 \quad (2)$$

En donde, Pi es el peso registrado antes de la absorción y Pf el peso registrado al final del ensayo.

#### Uniformidad de peso

Según (Noguez *et al.*, 2014). Se pesó el STT completo en balanza analítica (Radwag AS220R2). Se secó a 60 °C. Se registró el peso hasta las 4 h, 8 h o hasta peso constante. Se trabajó por triplicado. El promedio de los pesos y desviación estándar se calculó a partir de los pesos individuales.

#### pH superficial

Según (Alagusundaram *et al.*, 2011). Se cortaron muestras de STT de 1,5 cm x 1,5 cm. Se dejaron hinchar en 2 mL de agua durante 15 min. El pH de la superficie se midió usando una tira universal de pH (Biopack) en contacto con el STT hinchado.

#### Liberación del ingrediente farmacéutico activo desde la matriz portadora.

Para evaluar la liberación del IFA, se modificó el ensayo de liberación in vitro reportado en Sesto *et al.*, 2015. La modificación se debe a que el portador es un sólido en forma de parche y el equipo y método, se adaptaron para la medición de difusión desde una matriz semisólida.

**Tabla 7.** Composición cuali-cuantitativa de STT 1 – Blanco<sub>1</sub>.

Componente	Cantidad
Neocel	1,800 g
Agua A	15 mL
Carbopol	0,230 g
Agua B	15 mL
E-NM30D	5 mL
Trietanolamina	0,125 mL

Este ensayo se llevó a cabo utilizando celdas verticales de difusión tipo Franz. (Sesto *et al.*, 2014). Cada celda cuenta con un compartimento receptor de 10 mL de capacidad y un compartimento donador, donde se coloca la muestra. Ambas celdas están separadas por la membrana del STT estudiado de 1,8 cm<sup>2</sup>, productos cuyo objetivo es aplicar tópicamente. Las celdas receptoras se cargan con solución fisiológica. En total, el sistema consiste en 16 celdas que se agitan a 100 rpm (FBR Shaker) y mantienen a 32 ± 0,5 °C (temperatura de la piel sana). La determinación del compuesto de interés se realiza en el fluido receptor. (Sesto *et al.*, 2015). Se cortó 1 cm<sup>2</sup> de STT para cada recipiente, se pesaron en balanza analítica (Radwag AS220R2) y los mg registrados se utilizaron para los cálculos de concentración de LAPS liberado al medio.

-Se registraron los valores de absorbancia a tiempo 0, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300, 360 minutos.

- Con los datos obtenidos se graficó una curva de concentración por cm<sup>2</sup> de área del STT liberado en el tiempo.
- Con la solución remanente se hizo un seguimiento de pH en cada lectura de absorbancia.
- La concentración del analito liberado se identificó por barrido UV-visible en espectrofotómetro. Se identificó un pico de máxima absorbancia a 230 nm, coincidente con lo discutido en Sesto *et al.*, 2015.

### Formulación de STT de liberación prolongada para elevado volumen de exudado

Fue seleccionado el sistema EC5 como se indica en

la Tabla 7 como Blanco 1 por tener las características apropiadas para las formulaciones en desarrollo.

A continuación, para elaborar un STT de 112,5 cm<sup>2</sup> se detallan las fórmulas cuali-cuantitativa de cada uno, de las Tablas 7 a 13.

**Tablas 8-10.** Composición cuali-cuantitativa de STT. **Tabla 8 [arriba]**) Composición cuali-cuantitativa de STT 2 – Blanco<sub>2</sub>. **Tabla 9 [centro]**) Composición cuali-cuantitativa de STT 3 – LAPS<sub>0</sub>. **Tabla 10 [abajo]**). Composición cuali-cuantitativa de STT 4 – LAPS<sub>a</sub>.

Componente	Cantidad
Neocel	1,800 g
Agua A	15 mL
Carbopol	0,180 g
Nanocelulosa	0,050 g
Agua B	15 mL
E-NM30D	5 mL
Trietanolamina	0,100 mL

Componente	Cantidad
Neocel	1,800 g
LAPS <sub>0</sub>	15 mL
Carbopol	0,180 g
Nanocelulosa	0,050 g
LAPS <sub>0</sub>	15 mL
E-NM30D	5 mL
Trietanolamina	0,100 mL

Componente	Cantidad
Neocel	1,800 g
LAPS <sub>A</sub>	15 mL
Carbopol	0,180 g
Nanocelulosa	0,050 g
LAPS <sub>A</sub>	15 mL
E-NM30D	5 mL
Trietanolamina	0,100 mL

**Tablas 11-13.** Composición cuali-cuantitativa de STT. **Tabla 11 [arriba]** Composición cuali-cuantitativa de STT 5 – LAPS<sub>B</sub>. **Tabla 12 [centro]**. Composición cuali-cuantitativa de STT 6 – LAPS<sub>C</sub>. **Tabla 13 [abajo]**. Composición cuali-cuantitativa de STT 7 - Gentamicina.

Componente	Cantidad
Neocel	1,800 g
LAPS <sub>B</sub>	15 mL
Carbopol	0,180 g
Nanocelulosa	0,050 g
LAPS <sub>B</sub>	15 mL
E-NM30D	5 mL
Trietanolamina	0,100 mL

Componente	Cantidad
Neocel	1,800 g
LAPS <sub>C</sub>	15 mL
Carbopol	0,180 g
Nanocelulosa	0,050 g
LAPS <sub>C</sub>	15 mL
E-NM30D	5 mL
Trietanolamina	0,100 mL

Componente	Cantidad
Neocel	0,6 g
Gentamicina A	5 mL
Carbopol	0,06 g
Nanocelulosa	0,02 g
Gentamicina B	5 mL
E-NM30D	2 mL
Trietanolamina	esp.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producción del ingrediente activo farmacéutico (IFA) e implementación de metodologías de producción más limpia (P+L)

#### Medios de cultivo.

El medio comercial seleccionado fue el de Man

Rogosa Sharpe (MRS). A partir de la misma, se diseñaron tres medios de cultivo alternativos al medio comercial de crecimiento para *Lactobacillus plantarum* ATCC 10241. Los medios obtenidos fueron: SCM1, MRST y MRSTC.

#### Medio de cultivo estéril.

El cultivo de *L. plantarum* ATCC 10241 en medio MRS, fue crecido durante 12 horas a 37 °C. Como resultado del metabolismo normal del *L. plantarum* en el medio MRS, se obtuvo por mecanismos físicos de separación, un Ingrediente Farmacéutico Activo (IFA) de origen biológico denominado LAPS original. Este IFA original se utilizó posteriormente para la producción de formas farmacéuticas de uso tópico en forma de sistema de administración transdérmica (STT) para el tratamiento de úlceras crónicas, por su probada actividad pro-cicatrizante y anti patogénica.

#### Proceso de producción del IFA.

La Figura 1 muestra el proceso de obtención de LAPS original, por medio de la cual se determinó el número de etapas del proceso de producción, la recuperación y reutilización de las células bacterianas residuales (CBR). Además, se identificaron las etapas críticas del proceso de producción que son: la incubación de *Lactobacillus plantarum* ATCC 10241 y la filtración en vacío; que sirvieron para establecer los controles de calidad durante el proceso de producción a fin de verificar el cumplimiento de las condiciones requeridas para dar continuidad al proceso y mecanismos de disposición final de residuos.

#### Parámetros de calidad del IFA

Los resultados de los controles de calidad realizados a todos los LAPS durante el proceso de producción se verifican en la Tabla 14, se indican con cada parámetro de calidad que las especificaciones han sido aceptables.

#### Determinación de la actividad antimicrobiana Inhibición del crecimiento

La Figura 2 muestra la inhibición de crecimiento

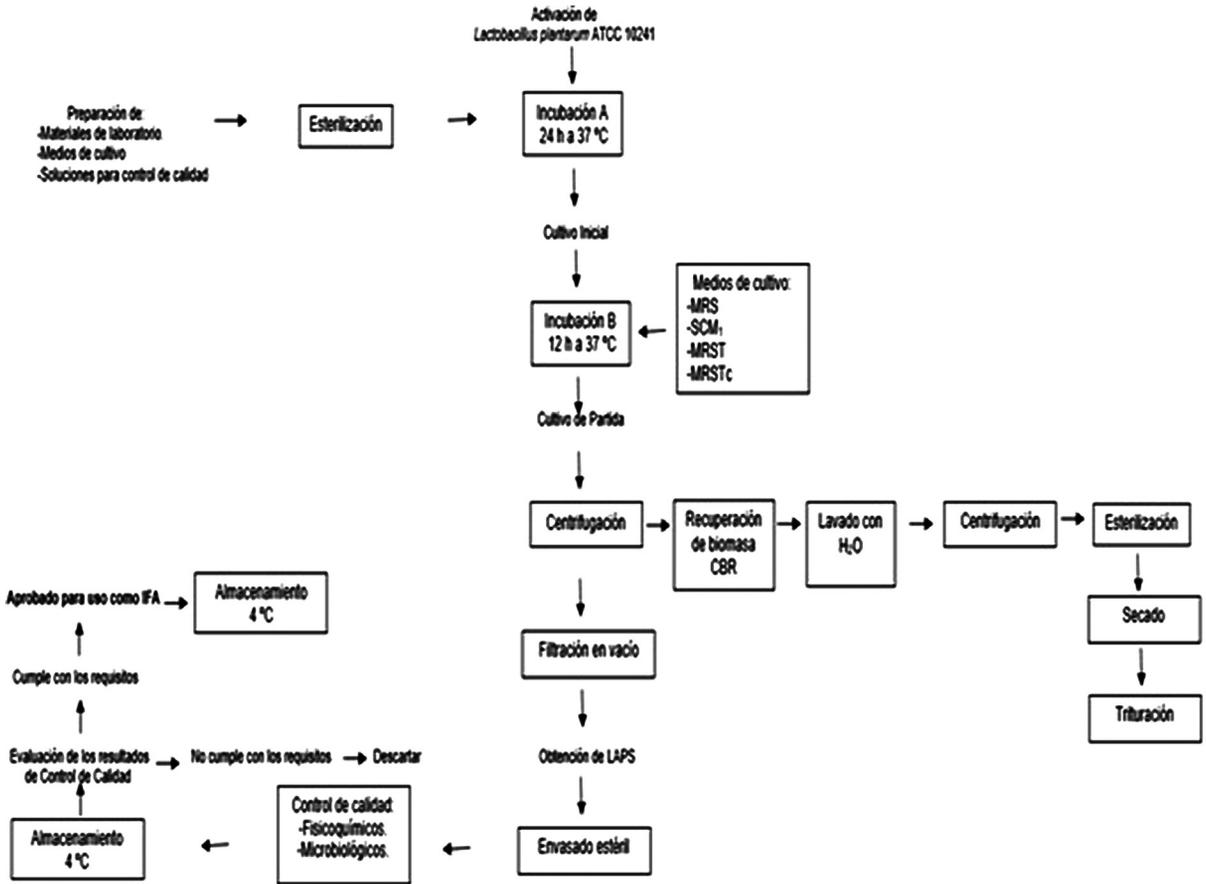


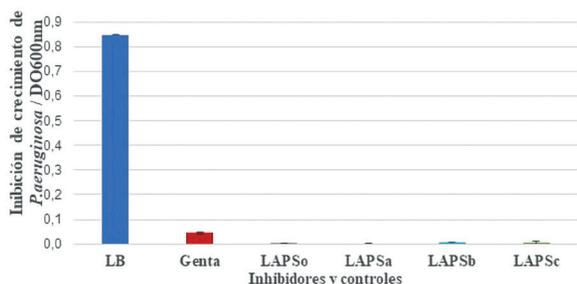
Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de obtención de los sobrenadantes (LAPS), el procedimiento de recuperación y reutilización de residuos de biomasa involucrado hasta la producción de la forma farmacéutica final.

de *P. aeruginosa* ATCC 27853. Para el ensayo se utilizó la bacteria patógena con crecimiento en medio de cultivo LB durante 12 horas a 37 °C.

Se utilizó como control positivo de crecimiento al medio de cultivo Luria Bertani y como control negativo de crecimiento al antibiótico Gentamicina

Tabla 14. Resultados de los controles de calidad realizados a todos los LAPS durante el proceso de producción. Se indica con cada parámetro de calidad las especificaciones aceptables.

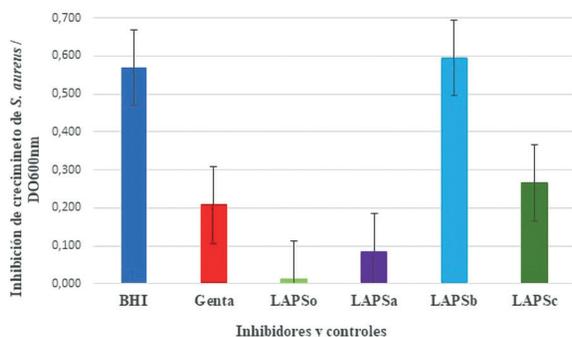
Controles de Calidad			LAPS			
Controles	Parámetros de calidad	Especificaciones	LAPSo	LAPSa	LAPSc	LAPSc
Organolépticos	Aspecto	Líquido homogéneo, sin turbidez.	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
	Color	Marrón translúcido	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
	Olor	Característico	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Físicoquímicos	pH	5,22 ± 0,43	5,32	4,86	5,34	4,81
Microbiológicos	Esterilidad	Ausencia de crecimiento en MRS Agar (A/C)	A/C	A/C	A/C	A/C



**Figura 2.** Inhibición de crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 frente a los ingredientes farmacéuticos activos.

de concentración ( $8\mu\text{g/mL}$ ). En todos los casos LAPS, LAPS<sub>a</sub>, LAPS<sub>b</sub> y LAPS<sub>c</sub> mostraron inhibición total del crecimiento de *P. aeruginosa* cuando se compararon las DO<sub>600</sub> con respecto al control positivo de crecimiento. Cuando los valores de las DO<sub>600</sub> obtenidas se contrastaron con los valores obtenidos con Gentamicina (Genta= $0,031\pm 0,005$ ), en concentración inhibitoria mínima (CIM), todos los IFAs fueron significativamente diferentes para: (LAPS= $0,001\pm 0,002$ ), (LAPS<sub>a</sub>= $0,000\pm 0,002$ ), (LAPS<sub>b</sub>= $0,002\pm 0,03$ ), (LAPS<sub>c</sub>= $0,001\pm 0,001$ ).

La Figura 3 muestra la inhibición de crecimiento de *S. aureus* ATCC 25933. Para el ensayo se utilizó la bacteria patógena con crecimiento en medio de cultivo BHI durante 12 horas a  $37^\circ\text{C}$ . Se utilizó como control positivo de crecimiento al medio Brain Heart Infusion y como control negativo de crecimiento al antibiótico Gentamicina en concentración ( $8\mu\text{g/mL}$ ). En todos los casos LAPS, LAPS<sub>a</sub>, LAPS<sub>b</sub> y LAPS<sub>c</sub> mostraron inhibición del crecimiento de

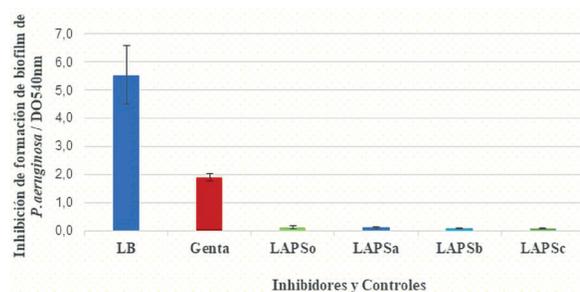


**Figura 3.** Inhibición de crecimiento de *Staphylococcus aureus* ATCC 25933 frente a los ingredientes farmacéuticos activos.

*S. aureus* cuando se compararon las DO<sub>600</sub> con respecto al control positivo de crecimiento. Cuando los valores de DO<sub>600</sub> obtenidas se contrastaron con los valores obtenidos con Gentamicina (Genta= $0,015\pm 0,005$ ), en concentración inhibitoria mínima (CIM), todos los IFAs fueron significativamente diferentes y mostraron inhibición del crecimiento de *S. aureus*: (LAPS= $0,010\pm 0,008$ ), (LAPS<sub>a</sub>= $0,010\pm 0,009$ ), (LAPS<sub>b</sub>= $0,249\pm 0,015$ ) y (LAPS<sub>c</sub>= $0,068\pm 0,014$ ).

### Inhibición de formación de biofilm

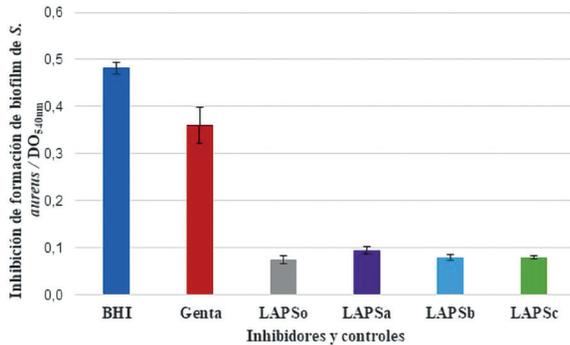
Se testeó la inhibición de formación de biofilm de bacterias patógenas aisladas en mayor porcentaje en heridas crónicas infectadas. Para cuantificar el biofilm formado en presencia del medio de creci-



**Figura 4.** Inhibición de formación de biofilm de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 frente a los ingredientes farmacéuticos activos.

miento normal y en presencia de los inhibidores de formación, se descartaron los cultivos contenidos en las placas de 96 pocillos y se colocaron  $250\mu\text{L}$  de cristal violeta. Luego de descartar el cristal violeta se retomó la tinción adherida al biofilm remanente con alcohol de  $96^\circ$ . Los valores de concentración de cristal violeta leídos a una DO<sub>540</sub>, son una medida indirecta de la concentración de biofilm presente en cada uno de los pocillos.

La Figura 4 muestra la inhibición de formación de biofilm cuando se colocó el inhibidor (IFA) en contacto directo con el crecimiento de *P. aeruginosa* ATCC 27853 en medio de cultivo Luria Bertani a  $37^\circ\text{C}$  durante 12 horas. En todos los casos LAPS, LAPS<sub>a</sub>, LAPS<sub>b</sub> y LAPS<sub>c</sub> mostraron una inhibición significativa respecto a los controles negativos de



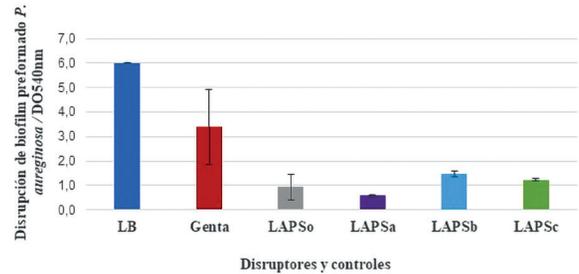
**Figura 5.** Inhibición de formación de biofilm de *Staphylococcus aureus* ATCC 25933 frente a los ingredientes farmacéuticos activos.

inhibición de formación de biofilm (LB) y de inhibición de crecimiento (Gentamicina). Cuando los valores de las DO<sub>540</sub> obtenidas se contrastaron con los valores obtenidos con Gentamicina (Genta=1,912 ± 0,1270), en concentración inhibitoria mínima (CIM), todos los IFAs fueron significativamente diferentes para: (LAPS= 0,128 ± 0,0497), (LAPSa= 0,106 ± 0,0214), (LAP Sb= 0,090 ± 0,0149), (LAPSc= 0,085 ± 0,0125).

La Figura 5 muestra la inhibición de formación de biofilm cuando se colocó el inhibidor (IFA) en contacto directo con el crecimiento de *S. aureus* ATCC 25933 en medio de cultivo Brain Heart Infusion a 37 °C durante 12 horas. En todos los casos LAPS, LAPSa, LAP Sb y LAPSc mostraron una inhibición significativa respecto a los controles tanto negativo de inhibición de formación de biofilm (BHI) y de inhibición de crecimiento (Gentamicina). Cuando los valores de las DO<sub>540</sub> obtenidas se contrastaron con los valores obtenidos con Gentamicina (Genta=0,360±0,039), en concentración inhibitoria mínima (CIM), todos los IFAs fueron significativamente diferentes para: (LAPS= 0,075 ± 0,008), (LAPSa= 0,094 ± 0,008), (LAP Sb= 0,080 ± 0,007), (LAPSc= 0,080 ± 0,004).

### Capacidad de disrupción de biofilm

Se testeó la capacidad de disrupción de biofilm preformado de bacterias patógenas aisladas en mayor porcentaje en heridas crónicas infectadas. Para cuantificar el biofilm pre formado, en ausencia de

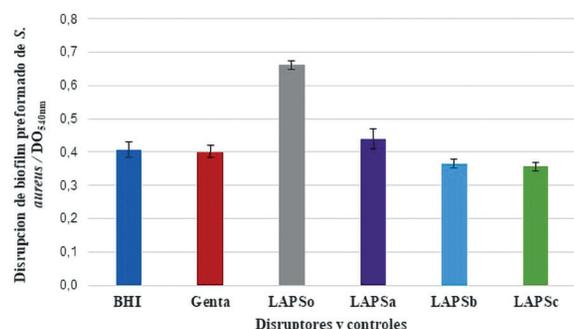


**Figura 6.** Disrupción de biofilm de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 frente a los ingredientes farmacéuticos activos.

los disruptores se dejó crecer a las cepas patógenas en sus medios de crecimiento normales y luego de 6 horas se agregaron los disruptores LAPS, LAPSa, LAP Sb y LAPSc.

La Figura 6 muestra que en todos los casos los IFAS mostraron disrupción del biofilm de *P. aeruginosa* cuando se compararon las DO<sub>540</sub> con respecto al control positivo. Cuando los valores de las DO<sub>540</sub> obtenidas se contrastaron con los valores obtenidos con Gentamicina (Genta=3,409±1,511), todos los IFAs fueron significativamente diferentes para: (LAPS= 0,929± 0,510), (LAPSa= 0,608 ± 0,030), (LAP Sb= 1,475±0,099), (LAPSc=1,228±0,061).

La Figura 7 muestra la disrupción del biofilm de *S. aureus* cuando se compararon las DO<sub>540</sub> con respecto al control positivo. Cuando los valores de las DO<sub>540</sub> obtenidas se contrastaron con los valores obtenidos con Gentamicina (Genta=0,401±0,019), todos los IFAs fueron significativamente diferentes para: (LAPS= 0,662± 0,013), (LAPSa= 0,439 ± 0,030), (LAP Sb= 0,365±0,012), (LAPSc=0,356±0,012).



**Figura 7.** Disrupción de biofilm de *Staphylococcus aureus* ATCC 25933 frente a los ingredientes farmacéuticos activos.

**Tabla 15.** Resultados de las características organolépticas de los STT diseñados.

Formulación de STT	Apariencia M/B	Flexibilidad Si/No	Burbujas P/A	Color O/T	Integridad de superficie Si/No	Resistencia al quiebre
STT1-Bco1	M	Si	A	O	Si	Si
STT2-Bco2	M	Si	A	O	Si	Si
STT3-LAPS <sub>0</sub>	M	Si	A	T	Si	Si
STT4-LAPS <sub>a</sub>	M	Si	A	T	Si	Si
STT5-LAPS <sub>b</sub>	M	Si	A	T	Si	Si
STT6-LAPS <sub>c</sub>	M	Si	A	T	Si	Si
STT7-G	M	Si	A	O	Si	Si

### Desarrollo de un medicamento biológico de uso tópico para elevado volumen de exudado

#### Estudios de pre formulación. Evaluación de las propiedades tecnológicas de los STT diseñados

La Tabla 15 muestra las características organolépticas registradas por observación directa de los STT obtenidos. Todas las formulaciones diseñadas y sus controles, fueron testeados organolépticamente en el tiempo  $t = 0$  y  $t = 30$  días, en todos los casos, los STT mostraron las características tecnológicas esperadas para este tipo de forma farmacéutica.

#### Capacidad de Hinchamiento

Cuando los STT se colocaron en el medio de hinchamiento, se verificó que los mismos permanecieran íntegros y no se desintegrarán durante la manipulación experimental. Con el valor del índice de hinchamiento promedio dentro de las 24 horas de ensayo, se calculó el volumen de agua absorbido por un  $\text{cm}^2$  de STT en 24 horas.

La diferencia de absorción entre ambas formulaciones se calculó como el valor de S promedio en 24 horas de medición calculado por centímetro cuadrado de área del STT. Obteniéndose valores de  $0,8773 \text{ S/cm}^2$  para el STT con la formulación original y un valor promedio de  $1,4219 \text{ S/cm}^2$ . Además, se comprobó que la formulación diseñada con el añadido de NCB, es capaz de retener la humedad, al menos por 24 horas luego del estudio, mientras que el STT con la formulación original se deshidrata completamente en el mismo periodo de tiempo. Esta

es una característica tecnológicamente deseable ya que, al momento de retirar el STT del área injuriada, la humedad del STT facilita el desprendimiento sin dolor. Cuando se calculó el % de retención de PBS del STT diseñado con NCB, su capacidad de retención fue superior en un 62% a la capacidad de absorción del STT original. Se encuentra reportado en literatura que la celulosa a escala nano, producida por bacterias, es capaz de retener hasta 200 veces su peso en agua (Karki *et al.*, 2016).

#### Porcentaje de absorción de humedad

Cuando se testeó el porcentaje de absorción de humedad según Tabla 16, se registró aumento en peso de los sistemas de  $2,25 \text{ cm}^2$  como sigue y con estos datos se calculó también la humedad por centímetro cuadrado de área del STT.

No se observaron diferencias significativas en los valores de porcentajes de absorción de humedad. El incremento en peso dentro de las 72h del ensayo experimentado fue superior a los controles en todos los casos. Los valores de porcentaje de humedad obtenidos por  $\text{cm}^2$  de superficie del STT de  $\text{H/cm}^2$  mostraron que el sistema control con nanocelulosa adicionada, mejora la absorción de humedad por unidad de superficie. Los valores ligeramente superiores podrían deberse al cambio en los valores de pH entre un IFA y otro en particular, se destaca el STT7-G conteniendo Gentamicina, el mismo se diseñó con el propósito de realizar ensayos de actividad de la matriz farmacéutica diseñada.

**Tabla 16.** Absorción de humedad por centímetro cuadrado de área del parche (H/cm<sup>2</sup>) para STT: en 72h de ensayo.

Formulación	Pi (g) t 0 h	Pf (g) t 72 h	H%	H/cm <sup>2</sup>
STT1-Bco1	0,1720±1.10 <sup>-3</sup>	0,1792±3.10 <sup>-3</sup>	4,18%	1,86
STT2-Bco2	0,1698±1.10 <sup>-3</sup>	0,1779±2.10 <sup>-3</sup>	4,77%	2,12
STT3-LAPS <sub>0</sub>	0,1752±2.10 <sup>-3</sup>	0,1854±2.10 <sup>-3</sup>	5,82%	2,58
STT4-LAPS <sub>a</sub>	0,169±1,2.10 <sup>-3</sup>	0,1785±3.10 <sup>-3</sup>	5,62%	2,49
STT5-LAPS <sub>b</sub>	0,1762±0,2.10 <sup>-3</sup>	0,1872±1,3.10 <sup>-3</sup>	6,24%	2,77
STT6-LAPS <sub>c</sub>	0,1701±1,2.10 <sup>-3</sup>	0,1791±0,8.10 <sup>-3</sup>	5,29%	2,35
STT7-G	0,1725±0,2.10 <sup>-3</sup>	0,1801±1,2.10 <sup>-3</sup>	4,41%	1,96

Los valores obtenidos en todos los casos, son aceptables y se encuentran dentro de los rangos óptimos. Sin embargo, un porcentaje de humedad inferior asegura la conservación en estante del STT. Se recomienda, tener en cuenta los valores obtenidos a la hora del diseño del empaque primario.

La Tabla 17 muestra los valores de porcentajes de absorción de cuando se testearon los STT almacenados en estante por 30 días. Los valores obtenidos a los 30 días de ensayo, son consistentes con los obtenidos previamente. Al someter a los STT diseñados a un ambiente de temperatura y humedad controladas se demostró la estabilidad del STT y su adecuado empaquetamiento durante el periodo de estante. Los estudios de estabilidad, son importantes a la hora de establecer la fecha de vencimiento del medicamento, una vez formulado. Un bajo índice de humedad durante el proceso de pre formulación y diseño, asegura que el contenido IFA se mantenga inalterado (Karki *et al*, 2016).

### Uniformidad de peso

Se testeó la uniformidad en peso de todos los prototipos diseñados Tabla 18 (STT1-Bco1, STT2-Bco2, STT3-LAPS<sub>0</sub>, STT4-LAPS<sub>a</sub>, STT5-LAPS<sub>b</sub>, STT6-LAPS<sub>c</sub>, STT7-G). El peso constante promedio de al menos 5 STT de 2,5cm<sup>2</sup> de área, se alcanzó a las 24 h de secado. Los valores de peso se registraron hasta peso constante a tiempo 0, 4, 6, 8, 24 y 25h.

El valor de volátiles desprendidos en 24 h de secado, se calculó como la diferencia entre el peso final del STT y el peso inicial del STT a tiempo 0. La masa de los films secos de STT3-LAPS<sub>0</sub> fue de: (1498 ± 4).10<sup>-4</sup> g y la pérdida de elementos volátiles fue de (14,4 ± 1,5).10<sup>-3</sup> g. En el caso de STT4-LAPS<sub>a</sub>, se registraron valores de (1480 ± 2).10<sup>-4</sup> g para el film seco y una pérdida de elementos volátiles de (7,9 ± 5,0).10<sup>-3</sup> g. Cuando se calcularon los valores para STT5-LAPS<sub>b</sub>, se registraron valores de (1502 ± 3).10<sup>-4</sup> g para el film seco y una pérdida

**Tabla 17.** Absorción de humedad por centímetro cuadrado de área del parche (H/cm<sup>2</sup>) para STT: en 30 días de ensayo.

Formulación	Pi (g) t 0 h	Pf (g) t 72 h	H%	H/cm <sup>2</sup>
STT1-Bco1	0,1751±2.10 <sup>-3</sup>	0,1815±1.10 <sup>-3</sup>	3,66%	1,63
STT2-Bco2	0,1655±1.10 <sup>-3</sup>	0,1740±2.10 <sup>-3</sup>	5,14%	2,28
STT3-LAPS <sub>0</sub>	0,1744±1.10 <sup>-3</sup>	0,1832±1.10 <sup>-3</sup>	5,06%	2,24
STT4-LAPS <sub>a</sub>	0,1679±1,2.10 <sup>-3</sup>	0,1781±1.10 <sup>-3</sup>	6,07%	2,7
STT5-LAPS <sub>b</sub>	0,1741±0,2.10 <sup>-3</sup>	0,1844±3.10 <sup>-3</sup>	5,92%	2,63
STT6-LAPS <sub>c</sub>	0,1731±1.10 <sup>-3</sup>	0,1817±2.10 <sup>-3</sup>	4,96%	2,21
STT7-G	0,1744±2.10 <sup>-3</sup>	0,1839±1.10 <sup>-3</sup>	5,44%	2,42

**Tabla 18.** Uniformidad en peso de todos los prototipos diseñados.

Formulación	Masa de STT secos (g)	Pérdida de elementos volátiles (g)
STT1-Bco1	$(1469 \pm 4) \cdot 10^{-4}$	$(9,8 \pm 3,0) \cdot 10^{-3}$
STT2-Bco2	$(1502 \pm 3) \cdot 10^{-4}$	$(9,2 \pm 5,0) \cdot 10^{-3}$
STT3-LAPS <sub>0</sub>	$(1498 \pm 4) \cdot 10^{-4}$	$(14,4 \pm 1,5) \cdot 10^{-3}$
STT4-LAPS <sub>a</sub>	$(1480 \pm 2) \cdot 10^{-4}$	$(7,9 \pm 5,0) \cdot 10^{-3}$
STT5-LAPS <sub>b</sub>	$(1502 \pm 3) \cdot 10^{-4}$	$(11 \pm 3,0) \cdot 10^{-3}$
STT6-LAPS <sub>c</sub>	$(1487 \pm 1) \cdot 10^{-4}$	$(9,1 \pm 5,0) \cdot 10^{-3}$

de elementos volátiles de  $(11 \pm 3,0) \cdot 10^{-3}$  g.

Los valores medidos para STT6-LAPS<sub>c</sub>, fueron de  $(1487 \pm 1) \cdot 10^{-4}$  g para el film seco y una pérdida de elementos volátiles de  $(9,1 \pm 5,0) \cdot 10^{-3}$  g. Para los controles el peso seco se registró en:  $(1469 \pm 4) \cdot 10^{-4}$  g y la pérdida de los volátiles fue de  $(9,8 \pm 3,0) \cdot 10^{-3}$  g para STT1-Bco1 y  $(1502 \pm 3) \cdot 10^{-4}$  y la pérdida de volátiles se registró en  $(9,2 \pm 5,0) \cdot 10^{-3}$  g.

### pH superficial

Se cortaron muestras de film de 1,5 cm x 1,5 cm. Se dejaron hinchar en 2 mL de agua durante 15 min. El pH de la superficie se midió con una tira universal de pH (Biopack) que se coloca sobre el film hinchado.

Los valores de pH obtenidos fueron consistentes con el valor de pH del agua destilada utilizada para los ensayos. Las mediciones se realizaron en tres semanas consecutivas y con tres ciclos de destilación consecutivos. Cuando el valor de pH del agua fue de 6.4, el valor de pH superficial de STT3-LAPS<sub>0</sub>, STT4-LAPS<sub>a</sub>, STT5-LAPS<sub>b</sub>, STT6-LAPS<sub>c</sub>, STT7-G y sus respectivos controles fue de

**Tabla 19.** pH superficial de STT promedio en tres semanas consecutivas y con tres ciclos de destilación de agua consecutivas.

pH del agua	pH superficial promedio de STT
6,4	6
5,9	6
6,5	6

6. Cuando el valor de pH del agua fue de 5.9, el valor de pH superficial medido fue de 6. Cuando el valor de pH del agua 6.5 el valor de pH superficial se mantuvo en 6. Tabla 19

Estos valores son consistentes con los valores de pH reportados para STT-control, este comportamiento nos permite inferir que el pH del STT aplicado sobre una ulcera no modificaría el valor de pH de la herida. Así mismo, resuelve un problema tecnológico surgido durante el diseño de formas farmacéuticas semisólidas, como cremas y geles, donde los valores de pH fueron de 5,2 a 5,4. Esto podría indicar que la combinación de los Ingredientes farmacéuticos no activos seleccionados para el diseño de STT es más adecuada para el tipo de IFA que se desea vectorizar. Los valores reportados se mantuvieron en el rango de los pH medidos a los 30 días de ensayo, este comportamiento es coincidente con el comportamiento de las otras formas farmacéuticas mencionadas. (Sesto *et al.*, 2015).

### Liberación del ingrediente farmacéutico activo desde la matriz portadora

La concentración acumulada en  $\text{mg}/\text{cm}^2$  (CA) en el seno de la solución aceptora, se registró en función del área de STT para el ensayo  $1,80 \text{ cm}^2$ , cada STT se cortó con un sacabocado para mantener la superficie constante.

La CA calculada para todos los sistemas diseñados se muestra en la Figura 8. No se encontraron diferencias significativas en la liberación del IFA LAPS<sub>0</sub>, LAPS<sub>a</sub>, LAPS<sub>b</sub>, LAPS<sub>c</sub> en los sistemas: STT3, STT4, STT5, STT6. Pero cuando se contrastaron con los valores de CA en  $\text{mg}/\text{cm}^2$  obtenidos y publicados en Sesto *et al.*, 2015, encontramos un aumento significativo en la CA al alcanzar su estado estacionario. Son necesarios más estudios, pero, los datos obtenidos indican que la forma farmacéutica sólida STT, mejora significativamente la disponibilidad de LAPS en la superficie de la herida.

El estado estacionario del sistema, se alcanzó a las 8 h desde el inicio del experimento. El estado estacionario indica el tiempo máximo de liberación del sistema, por lo que se recomienda, cambiar al STT cada 8 h (Figura 8).

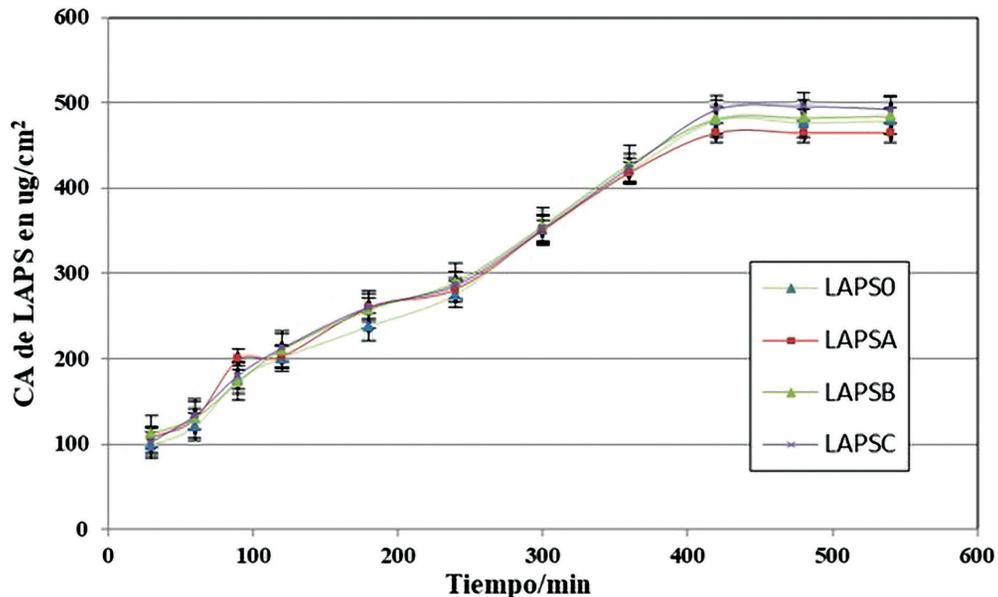


Figura 8. Concentración acumulada (CA) del IFA liberado ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) desde la matriz portadora en función al tiempo (min).

## CONCLUSION

Se obtuvo un Ingrediente Farmacéutico Activo con características homogéneas, la escala alcanzada en condiciones de esterilidad, fue apropiada para obtener la cantidad suficiente de medicamento para realizar los estudios de pre formulación *in vitro*.

La metodología de P+L implementada facilitó el proceso de producción, al identificar los puntos críticos de control del proceso. Se demostró *in vitro* que los LAPS obtenidos a partir de los medios modificados podrían utilizarse en el tratamiento de heridas crónicas, ya que conservan las propiedades antimicrobianas, antipatogénicas y físicas previamente reportadas para LAPS original.

Los estudios de preformulación y control de calidad, brindaron la información suficiente para el diseño exitoso de un STT con nanocelulosa bacteriana para su utilización en pacientes con úlceras crónicas con elevado volumen de exudado.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONACYT por realizar la financiación de la Maestría en Biotecnología Industrial y por permitirme acceder al Programa de Vinculación de Científicos

y Tecnólogos PVCT19-167 – PROCENCIA, al cual fui adjudicada y por medio de la misma pude realizar el desarrollo de este trabajo. A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción FACEN – UNA por desarrollar la Maestría en Biotecnología Industrial. A la Dra. Eugenia Sesto, Dra. Sonia Fretes y Lic. Julieta Moreno, por toda la colaboración y el apoyo brindado. Al equipo profesional del Laboratorio de Estudios Farmacéuticos y Biotecnología Farmacéutica del Instituto de Biotecnología Farmacéutica y Alimentaria LEF y BiFa – INBIOFAL de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de la Universidad Nacional de Tucumán – Argentina.

## LITERATURA CITADA

- Alagusundaram, M., Chetty, C.M. & Dhachinamoorthi, D. (2011). Development and evaluation of novel-trans-buccoadhesive films of famotidine. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 2(1): 17–23.
- Cabrera, C.A., Ramos, A.N., Loandos, M.H., Valdez, J.C. & Sesto, M.E. (2016). Novel topical formulation for ischemic chronic wounds. Technological design, quality control and

- safety evaluation. *Pharmaceutical development and technology*, 21(4): 399–404.
- Lindon, S., Cruz, M.E., Sesto, M.E., González, S.N., Valdez, J.C. & Ramos, A.N. (2016). Biotechnological design to optimize the production of bioactive *Lactobacillus plantarum* by-products: novel chronic wound treatment. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 7(7): 2762–2774.
- Karki, S., Kim, H., Na, S. J., Shin, D., Jo, K., & Lee, J. (2016). Thin films as an emerging platform for drug delivery. *Asian journal of Pharmaceutical Sciences*, 11(5): 559–574.
- Kusum Devi, V., Saisivam, S., Maria, G.R., & Deepti, P.U. (2003). Design and evaluation of matrix diffusion controlled transdermal patches of verapamil hydrochloride. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 29(5): 495–503.
- Mediavilla A, Flórez J, García-Lobo JM. (2014). Farmacología de las enfermedades infecciosas: principios generales, selección y asociaciones de antibióticos. Pp. 945–966, in: Flórez, J. (Ed.). *Farmacología humana*. 3<sup>a</sup> ed. Barcelona: Masson Multimedia. 1216 pp.
- Noguez, N., Gacuta, M., Quirino, C., Macín, S. & Rubio, A. (2014). Desarrollo y evaluación de un parche con metronidazol para aplicación en mucosa oral a partir de productos naturales. Pp. 117–128, in Aguilar Moreno, A.A., Rodríguez Vargas, M.J. & Cano Contreras, M. (Eds.). *Ciencias de la Ingeniería y Tecnología: Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos*. Guanajuato: ECOR-FAN. Handbook T-V (5): 292 pp.
- Ramos, A.N., Gobbato, N., Rachid, M., González, L., Yantorno, O. & Valdez, J.C. (2010). Effect of *Lactobacillus plantarum* and *Pseudomonas aeruginosa* culture supernatants on polymorphonuclear damage and inflammatory response. *International Immunopharmacology*, 10(2): 247–251.
- Ramos, A.N., Sesto, M.E., Arena, M.E., Arrighi, C.F., Arroyo Aguilar, A.A. & Valdez, J.C. (2015). Compounds from *Lactobacillus plantarum* culture supernatants with potential pro-healing and anti-pathogenic properties in skin chronic wounds. *Pharmaceutical Biology*, 53(3): 350–358.
- Sesto, M.E., Ramos, A.N., Macedo, A.J., Trentin, D.S., Treter, J., Manzo, R.H. & Valdez, J.C. (2014). Formulation and quality control of semi-solid containing harmless bacteria by-products: chronic wounds pro-healing activity. *Pharmaceutical Development and Technology*, 20(8): 911–918.
- Troche, M., Maidana de Larrosa, G., Lugo, G., Vera, Z. & Samaniego, L. (2017) Utilización de antibióticos en el Centro Nacional del Quemado, Paraguay. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*, 15(2): 97–103.

## Determinación de di(2-etilhexil) adipato en aguas del lago Ypacarai por microextracción líquido-líquido dispersiva

### Determination of di(2-ethylhexyl) adipate in waters of lake Ypacarai by dispersive liquid-liquid microextraction

Sergio Rodríguez Bonet<sup>1,2,3</sup>, Tomás López Arias<sup>2</sup> & Julio Benítez Villalba<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Química. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Asunción. Paraguay. Email: sergiorb@gmail.com

<sup>2</sup>Dpto. de Biotecnología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Asunción. Paraguay.

<sup>3</sup>Dpto. de Investigación y Desarrollo. Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología. Paraguay.

**Resumen:** El lago Ypacarai es un valioso recurso hídrico del Paraguay, es el lago más grande del país y es conocido internacionalmente a través de la música y el turismo. El gran crecimiento demográfico y las actividades antropogénicas desarrolladas en su cuenca han causado su contaminación y degradación ambiental en los últimos años. El objetivo de este trabajo fue cuantificar di(2-etilhexil) adipato (DEHA) en aguas del lago Ypacarai, aplicando un método analítico desarrollado y validado. Dentro de la metodología analítica se aplicó la técnica de microextracción líquido-líquido dispersiva (DLLME) optimizada mediante un diseño experimental multivariante. La validación del método analítico se realizó evaluando cada una de las características de desempeño siguiendo los lineamientos de la guía Eurachem 2014. La metodología desarrollada optimizada y validada se aplicó correctamente a la determinación de DEHA en las aguas del lago Ypacarai. Los límites de detección LOD y cuantificación LOQ fueron 0,004 mg.L<sup>-1</sup> y 0,014 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente. La precisión del método evaluada mediante la repetibilidad y precisión intermedia fue de 2,37 % y 3,78 % y una recuperación 87,14 % al LOQ y 97,62 % a 0,3 mg.L<sup>-1</sup>. Los resultados comprueban la presencia de este contaminante en concentraciones entre 0,028 mg.L<sup>-1</sup> y 0,603 mg.L<sup>-1</sup>. El método analítico fue desarrollado, optimizado y validado con éxito y permitió la correcta cuantificación del compuesto DEHA en aguas superficiales del lago Ypacarai.

**Palabras clave:** *aguas superficiales, di(2-etilhexil) adipato, diseño experimental multivariante, microextracción líquido-líquido dispersiva.*

**Abstract:** The Ypacarai Lake is a valuable water resource of Paraguay, it is the largest lake in the country and is known internationally through the music and tourism. The great demographic growth and anthropogenic activities developed in its basin have caused its contamination and environmental degradation in recent years. The objective of this work was to develop and validate a method for the determination of di(2-ethylhexyl) adipate (DEHA) in its surface waters. The liquid-liquid dispersive microextraction technique (DLLME) optimized by means of a multivariate experimental design was used within the analytical methodology. The validation of the analytical method was carried out an evaluation of each of the characteristics of a performance following the guidelines of the Eurachem 2014 guide. The developed, optimized and validated methodology also applies to the determination of DEHA in the waters of Ypacarai Lake. The limit of detection LOD and limit of quantification LOQ were 0.004 mg.L<sup>-1</sup> and 0.014 mg.L<sup>-1</sup> respectively. The precision of the method evaluated by repeatability and intermediate precision was 2.37 % and 3.78 % and 87.14 % of recovery at LOQ level and 97.62 % at 0.3 mg.L<sup>-1</sup>. The results include the presence of this contaminant in them between 0.028 mg.L<sup>-1</sup> and 0.603 mg.L<sup>-1</sup>. The analytical method was successfully developed, optimized and validated and it enabled the correct quantification of the DEHA compound in the surface waters of Ypacarai Lake.

**Key words:** *surface waters, di(2-ethylhexyl) adipate, multivariate experimental design, dispersive liquid-liquid microextraction.*

### Introducción

El lago Ypacarai se encuentra situado al Este de Asunción, entre los departamentos Central y Cordillera, cuenta con una superficie de 60 km<sup>2</sup> apro-

ximadamente y su profundidad media es de 1,72 m. Es un lugar importante desde el punto de vista cultural porque ofrece bellos paisajes y es conocido a través de la música. Posee un alto valor ecológico, una rica biodiversidad, sobre todo de peces (López

Recibido: 24/06/2020    Aceptado: 21/09/2020



Moreira. et al., 2018).

Sus principales tributarios son los arroyos Yukyry y Pirayú, que provienen de zonas densamente pobladas por lo que se encuentran expuestos a la contaminación por vertidos de aguas residuales domésticas, efluentes industriales y lixiviados agrícolas entre otros.

La liberación de compuestos orgánicos y sus productos de degradación en las aguas residuales pueden tener efectos tóxicos, cancerígenos, mutagénicos y/o disruptores endócrinos (Barnabé et al., 2008). Las mismas generalmente van a parar a los cauces hídricos esparciendo así los contaminantes a lugares donde no deberían estar (Fatecha et al., 2016).

Son considerados contaminantes emergentes aquellos compuestos de origen y naturaleza química distinta que no han sido incluidos en las regulaciones de calidad del agua existentes, no se han estudiado anteriormente y se consideran amenazas potenciales para los ecosistemas ambientales, la salud y la seguridad humanas (Gil et al., 2012). Se pueden clasificar en diferentes grupos de compuestos químicos como: pesticidas, surfactantes, plastificantes y aditivos industriales, aditivos para combustibles, drogas farmacéuticas, productos de cuidado personal, hormonas y esteroides entre otros, incluyendo sus productos de degradación (Farré, & Barceló, 2008).

Los ésteres del ácido ftálico, junto con DEHA son compuestos químicos que se utilizan ampliamente en la industria de los plásticos, ya que mejoran la suavidad y la flexibilidad de estos (Farajzadeh & Khoshmaram, 2015). DEHA al igual que otros plastificantes son utilizados en muchos productos de plástico como los ésteres de celulosa y los copolímeros de cloruro de vinilo (PVC) para hacerlos más flexibles y poder utilizarlos por ejemplo como embalaje de alimentos entre otros (Zhou et al., 2013). Razón por la que DEHA es comúnmente detectado en alimentos con alto contenido de lípidos y con envolturas de plástico aditivadas con el mismo.

En estudios rutinarios para el análisis de pesticidas por cromatografía gaseosa acoplada espectrometría de masas, se detectó la presencia del

compuesto DEHA en las aguas superficiales y en base a la escasa bibliografía científica disponible al respecto, surge la necesidad de abordar el tema de manera científica.

En el presente trabajo se plantea la aplicación de la técnica de microextracción líquido-líquido dispersiva (dispersive liquid-liquid microextraction, DLLME) la que fue optimizada mediante un diseño experimental multivariante tipo Doehlert de 3 variables.

El método analítico se validó mediante la evaluación de sus características de desempeño siguiendo los lineamientos de la guía Eurachem 2014 (Magnusson & Örnemark 2014), con el objetivo de obtener información certera y confiable sobre los niveles presentes del compuesto en sus aguas.

### **Materiales y métodos**

Los reactivos, solventes y estándares utilizados fueron de grado analítico de pureza entre el 99,0 % y 99,9 %. Los materiales de laboratorio y los equipos e instrumentales fueron provistos por el Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología y la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción. Se realizaron análisis preliminares para la identificación de los posibles contaminantes orgánicos hidrofóbicos del lago Ypacaraí; para lo cual se realizó una extracción y posterior identificación del analito se realizó mediante extracción líquido-líquido (liquid-liquid extraction, LLE) utilizando diclorometano como disolvente extractante, según la norma EPA 606.

El extracto fue concentrado utilizando un evaporador rotatorio y retomado a un volumen de 2 mL con acetona. El extracto concentrado fue inyectado en un equipo de cromatografía gaseosa acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS) de la marca Shimadzu modelo QP2010 plus, con inyector automático.

La identificación de la molécula fue realizada mediante la comparación del espectro de masa obtenido con la base de datos de la biblioteca de espectros de masa NIST 08. Posteriormente se procedió a realizar una comparación de los tiempos de

retención con un estándar de di(2-etilhexil) adipato en un equipo de cromatografía gaseosa con detector de ionización a la llama (FID).

Para la cuantificación del compuesto DEHA, se aplicó la técnica de microextracción líquido-líquido dispersiva DLMEE. La cual consiste en un sistema ternario de fases líquidas en la que la muestra constituye la fase acuosa, mientras que los otros disolventes actúan como agente dispersante (sustancia polaridad suficiente para disolverse en agua) y un agente extractante (sustancia apolar de densidad mayor al de agua) (Rezaee et al., 2006) que extrae el analito de interés, el cual deberá ser suficientemente soluble en dicho disolvente.

El agente dispersante produce una disminución de la tensión superficial del extractante y de esa manera permite que la mezcla forme una emulsión al ser inyectada dentro de la muestra, esto favorece la formación de una superficie de contacto grande entre el agente extractante y la matriz de análisis, permitiendo la transferencia de los analitos a la fase orgánica (Farajzadeh, Bahram, & Jönsson, 2007), la cual es recuperada mediante la centrifugación de la muestra.

La combinación de disolventes extractante y dispersante pudo ser evaluada mediante la aplicación de un diseño experimental univariante, cuyos resultados fueron sometidos a un tratamiento estadístico de análisis de la varianza y la prueba de significancia de Tukey. Los disolventes evaluados fueron: tetracloruro de carbono, cloroformo y diclorometano como agentes extractantes, mientras que los agentes dispersantes fueron etanol, acetona y acetonitrilo.

La optimización de la DLLME se realizó mediante un diseño experimental del tipo Doehlert de 3 variables. Se evaluó el efecto de la fuerza iónica, mediante la adición de cloruro de sodio a la muestra en cantidades que van desde 0 % 20 % en. Otra variable estudiada fue el volumen de mezcla extractante añadido a la muestra, el cual fue aplicado en el intervalo de 1,00 a 1,50 mL y por último se evaluó el efecto de la proporción del disolvente extractante-dispersante en la mezcla en el intervalo de 10:90 a 25:75.

Con la técnica de DLMEE optimizada se procedió a validar el método analítico por cromatografía gaseosa con detector FID. Se evaluaron las características de desempeño del método analítico según el procedimiento descrito en guía Eurachem 2014.

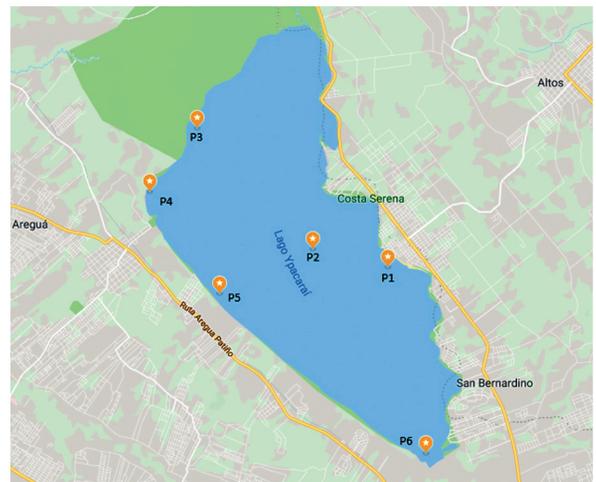
Con la técnica de extracción y método analítico validado, se procedió a cuantificar el compuesto en muestras tomadas del lago Ypacaraí en 3 campañas de muestreo (abril, agosto y noviembre del 2018).

### Metodología analítica aplicada

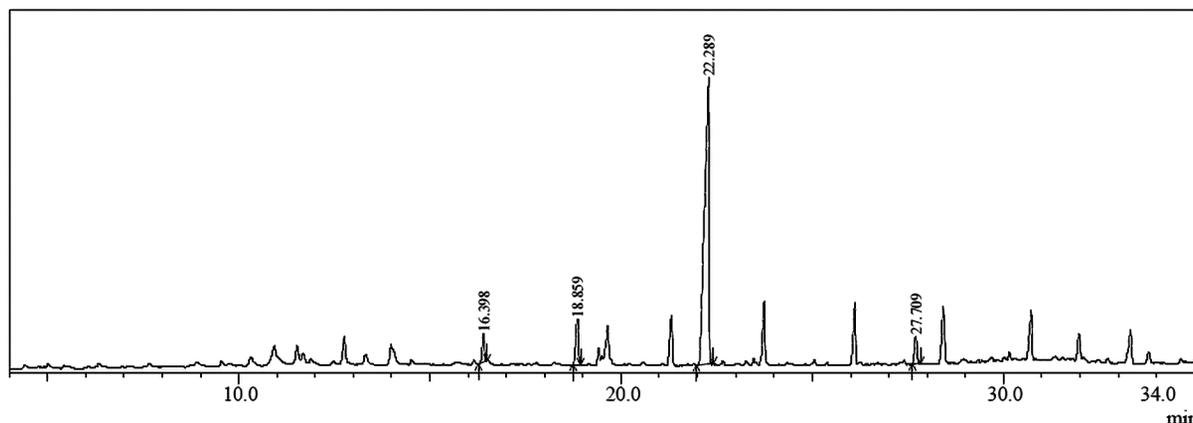
La técnica de extracción del analito consistió en colocar una alícuota de 50 mL de muestra en un tubo de centrifugación de fondo cónico, a la cual se le inyectó de manera rápida un volumen de la mezcla extractante-dispersante. El tubo se colocó en un agitador mecánico y se procedió a agitación mecánica por 10 min a 150 rpm. Luego de ese período, el tubo se llevó a centrifugación a 3500 rpm por 10 minutos. Posteriormente, el líquido extractante sedimentado en el cono del tubo se retomó utilizando una micro jeringa de vidrio de 100  $\mu$ L.

Se midió el volumen total sedimentado y luego una alícuota de 100  $\mu$ L se colocó en un inserto de vidrio de 250  $\mu$ L de capacidad dentro de un vial de 1,5 mL de capacidad para su análisis en el cromatógrafo Agilent (GC-FID).

Condiciones de análisis: columna HP-INNO-



**Figura 1.** Distribución geográfica de los puntos de muestreo del lago Ypacaraí. Fuente Google maps.



**Figura 2.** Cromatograma de la muestra analizada para estudiar la presencia de compuestos orgánicos hidrofóbicos en las aguas del Lago Ypacarai. Fuente GC-MS Solution Workstation versión 2.5 de gestión y tratamiento de los datos obtenidos del GC-MS Shimadzu.

Wax de polietilenglicol como fase estacionaria, de 30 m de longitud por 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 micras de filme. Gas carrier nitrógeno de 99,9 % de pureza. La temperatura del puerto inyector a 250 °C, detector a 300 °C, la temperatura inicial del horno a 200 °C y una rampa de 5 °C/min hasta 260 °C, en donde se mantuvo por 2 minutos. 14 minutos de tiempo total de corrida y 2 µL de volumen de inyección en modo “Splitless”.

Los puntos de toma de muestra se observan en

la Figura 1.

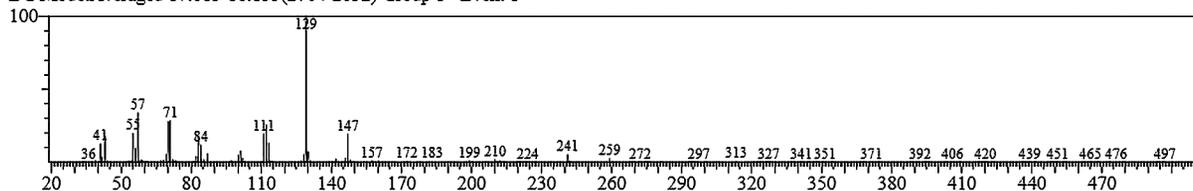
### Resultados Y Discusión

El cromatograma de la Figura 2, obtenido de los análisis realizados para el estudio de contaminantes orgánicos hidrofóbicos del lago, muestra varios picos que en su mayoría corresponde a hidrocarburos de cadena larga (entre 18 a 36 átomos de carbono). Sin embargo se observa un pico de mayor altura y área cuyo espectro de masas de la Figura 3, muestra una similitud del 97% con el espectro de masa del

#### Library Search

<< Target >>

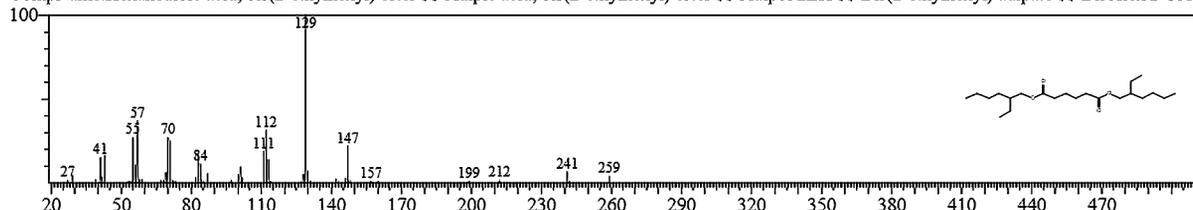
Line#:1 R.Time:22.290(Scan#:3659) MassPeaks:392  
RawMode:Averaged 21.950-22.380(3591-3677) BasePeak:129.10(10000)  
BG Mode:Averaged 17.815-18.155(2764-2832) Group 1 - Event 1



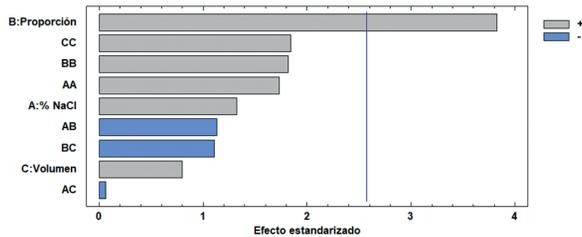
Hit#:1 Entry:155684 Library:NIST08.LIB

SI:97 Formula:C22H42O4 CAS:103-23-1 MolWeight:370 RetIndex:2414

CompName:Hexanedioic acid, bis(2-ethylhexyl) ester \$\$ Adipic acid, bis(2-ethylhexyl) ester \$\$ Adipol 2EH \$\$ Bis(2-ethylhexyl) adipate \$\$ Bisoflex DOA



**Figura 3.** Espectro de masa de DEHA y espectro de masa de la muestra. Fuente Base de datos de la biblioteca de espectros de masa NIST 08.



**Figura 4.** Superficie de respuesta de la recuperación del analito como función de diferentes factores. **A)** Superficie de respuesta de la recuperación del analito como función del % NaCl y la Proporción de extractante – dispersante. **B)** Superficie de respuesta de la recuperación del analito como función del volumen y la Proporción de extractante – dispersante. (Fuente: Statgraphic Centurion XVI).

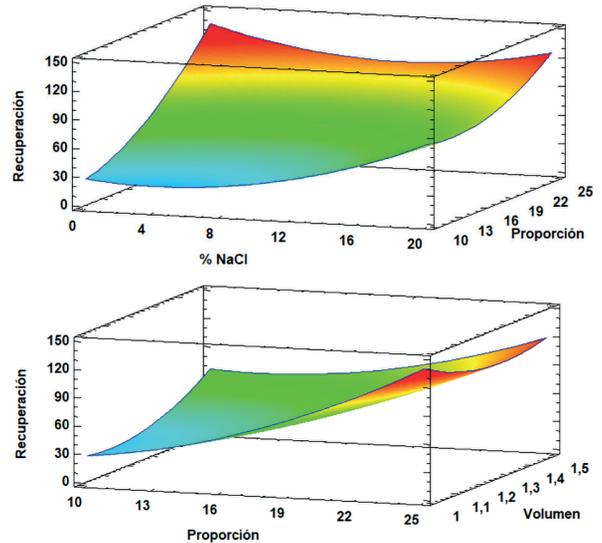
di(2-etilhexil) adipato obtenido de la base de datos de la biblioteca de espectros de masa NIST 08.

La presencia del ion “target” o cuantificador  $m/z = 129$  y los iones cualificadores  $m/z = 112$  y  $m/z = 147$  coinciden con el espectro obtenido por Lo Turco et al. (2015) y Aragón et al. (2012). Por otro lado, el tiempo de retención (RT) del pico del analito objetivo coincide totalmente con el RT del pico del estándar de di(2-etilhexil) adipato utilizado como material de referencia.

La técnica DLLME aplicada en la extracción del compuesto DEHA, fue optimizada mediante la aplicación de un diseño experimental multivariante tipo Doehlert en el que se evaluaron las variables fuerza iónica, volumen y proporción de mezcla extractante dispersante. El tetracloruro de carbono y la acetona fueron seleccionados como disolventes extractante y dispersante respectivamente mediante un estudio previo tipo univariante en el cual se evaluó la recuperación obtenida del analito como factor respuesta y cuyos resultados muestran que la combinación del disolvente tetracloruro de carbono (extractante) y acetona (dispersante), difieren significativamente ( $p=0,05$ ) de las demás combinaciones y con las que se obtuvieron recuperaciones entre el 87 % y 93 %.

El gráfico de Pareto obtenido (Figura 4) muestra que la variable proporción de disolventes extractante-dispersante tiene un efecto significativo y positivo en la recuperación del analito.

Con los resultados de la recuperación obtenida



**Figura 5.** Diagrama de Pareto de los efectos de la ampliación del diseño Doehlert de 3 variables. (Fuente: Statgraphic Centurion XVI).

en los 15 experimentos, se obtuvo un gráfico de superficie de respuesta (Figura 5) en donde se aprecia cuáles son las condiciones óptimas para la extracción del analito considerando las variables estudiadas.

Los resultados obtenidos de la optimización de método DLLME son interesantes porque en comparación con otros métodos de extracción, utiliza pequeñas cantidades de solventes, es una técnica rápida, sencilla, amigable con el medioambiente, eficaz y sobre todo de bajo costo. La misma técnica puede ser aplicada en la determinación de otros compuestos en matrices acuosas como los compuestos organoclorados u organofosforados.

La Tabla 1 muestra los valores obtenidos en la evaluación de las características de desempeño durante la validación del método analítico.

El método analítico validado se aplicó correctamente a las muestras del lago y permitió la cuantificación de DEHA de manera válida y certera. Los resultados obtenidos se observan en la Figura 6.

El valor máximo tolerable para agua potable según la Norma de agua potable y consejo de salud de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2018) es de  $0,4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , como se

**Tabla 1.** Resultados obtenidos para los parámetros de validación de los métodos de análisis de DEHA en agua superficial.

Parámetros de validación	Valores obtenidos	Comentarios
<b>Selectividad</b>	Selectivo	La selectividad se comprobó mediante la comparación del método propuesto con un método de referencia basado en la norma EPA 606 “Método para determinación de ésteres de ftalatos y de adipatos en agua potable”
<b>LOD</b>	0,004 mg.L <sup>-1</sup>	Estimado a partir del cálculo de 3 veces y 10 veces respectivamente de la desviación estándar (n=6) obtenida del análisis de una muestra de concentración 0,020 mg.L <sup>-1</sup> (mínima concentración con la que se obtuvo señal instrumental)
<b>LOQ</b>	0,014 mg.L <sup>-1</sup>	
<b>Intervalo de trabajo</b>	0,020 – 0,5 mg.L <sup>-1</sup>	Se utilizaron 5 niveles de concentración del analito preparados en la matriz de análisis
<b>Linealidad</b>	R = 0,998	Obtenido mediante regresión lineal de la curva en matriz (n=3)
<b>Sensibilidad</b>	0,180773	Pendiente de la curva de calibración
<b>Veracidad</b>	16,86 %	Estimada mediante el error relativo de la recuperación obtenida a la concentración del LOQ
<b>Precisión</b>	2,37 %	Repetibilidad de los resultados estimada mediante ANOVA
	3,78 %	Precisión intermedia obtenida mediante ANOVA

puede observar en la Figura 6, el punto 5 del primer muestreo supera este límite, los demás puntos de esta y las siguientes campañas se encuentran dentro de lo tolerable según esta norma, lo que hace suponer que el lago pudo haber purgado o diluido el contaminante en el transcurso del tiempo.

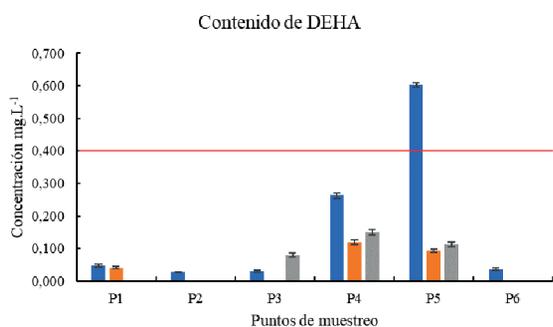
No se han encontrado estudios similares sobre la presencia de DEHA en aguas superficiales en países de la región, sin embargo Barnabé et al. (2008) han

detectado 0,147 mg.L<sup>-1</sup> de DEHA en aguas efluentes de una planta de tratamiento en Montreal, Canadá y 0,014 mg.L<sup>-1</sup> de DEHA en las aguas del río Saint Lawrence.

Paralelamente dentro del mismo estudio, han determinado además 0,0023 mg.L<sup>-1</sup>; 0,0240 mg.L<sup>-1</sup> y 0,0148 mg.L<sup>-1</sup> de 2-etilhexanol, 2-etilhexanal y ácido 2-etilhexanoico respectivamente en el efluente, mientras que en las aguas del río Saint Lawrence, han determinado 0,0085 mg.L<sup>-1</sup> de 2-etilhexanol y 0,0032 mg.L<sup>-1</sup> de ácido 2-etilhexanoico, que son los productos de degradación de DEHA.

Por su parte Aragón et al. (2012) estudiaron la presencia de DEHA en el material particulado del aire del puerto de Tarragona y determinaron valores de 0,36 ng.m<sup>-3</sup> y 1,08 de ng.m<sup>-3</sup> de DEHA.

Cabe resaltar que Han & Liu (2018) han determinado 0,63 mg.g<sup>-1</sup> de DEHA en krill antártico liofilizado y 2,16 mg.g<sup>-1</sup> de DEHA en aceite de krill antártico. Concluyen que DEHA puede presentar una amenaza para la supervivencia y reproducción del krill antártico, que a su vez es un importante eslabón en la cadena alimentaria en el océano.



**Figura 6.** Contenido de DEHA en aguas superficiales del Lago Ypacarai correspondiente a los 6 puntos de las 3 campañas de muestreo. La línea roja marca el límite máximo tolerable según EPA. **Azul)** primera campaña de muestreo. **Naranja)** segunda campaña. **Gris)** muestras de la tercera campaña.

### Conclusiones

A partir de los resultados de la optimización de método DLLME, se desarrolló el método analítico aplicable a la determinación del compuesto di(2-ethylhexil) adipato en aguas superficiales mediante cromatografía gaseosa con detector de ionización a la llama (GC-FID).

El método analítico propuesto fue validado mediante el análisis estadístico de los resultados de los ensayos realizados en muestras controladas que han posibilitado el estudio de cada una de las características de desempeño del método, como: la selectividad, la linealidad, la sensibilidad, los límites de detección y cuantificación, la precisión y la veracidad.

El método desarrollado y validado posibilitó la correcta cuantificación del compuesto di(2-ethylhexil) adipato en aguas superficiales del lago Ypacaraí.

Hasta ahora, DEHA no ha sido estudiado en aguas superficiales de Paraguay, este hecho hace que este trabajo sea de interés sobre todo por su aplicación a un caso hídrico muy importante para el país. Se considera al compuesto DEHA como contaminante del lago por ser un aditivo en la industria del plástico y no es un componente natural de los cauces hídricos.

Con la información obtenida de los resultados de los análisis aplicados a las muestras de aguas superficiales del Lago Ypacaraí se concluye que existe una contaminación actual de sus aguas con el compuesto di(2-ethylhexil) adipato, dicha información podrá ser utilizada para futuras investigaciones.

### Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción FACEN –UNA y al Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología –INTN por la disposición de los recursos para llevar a cabo este trabajo.

### Literatura Citada

Aragón, M., Marcé, R.M., & Borrull, F. (2012). Determination of phthalates and organophosphate esters in particulated material from harbour air samples by pressurised liquid

extraction and gas chromatography–mass spectrometry. *Talanta*, 101: 473–478.

Barnabé, S., Beauchesne, I., Cooper, D.G., & Nicell, J.A. (2008). Plasticizers and their degradation products in the process streams of a large urban physicochemical sewage treatment plant. *Water Research*, 42(1), 153–162.

Farajzadeh, M.A., Bahram, M., & Jönsson, J.Å. (2007). Dispersive liquid–liquid microextraction followed by high-performance liquid chromatography–diode array detection as an efficient and sensitive technique for determination of antioxidants. *Analytica Chimica Acta*, 591(1): 69–79.

Farajzadeh, M. A., & Khoshmaram, L. (2015). Development of dispersive liquid–liquid microextraction technique using ternary solvents mixture followed by heating for the rapid and sensitive analysis of phthalate esters and di(2-ethylhexyl) adipate. *Journal of Chromatography A*, 1379: 24–33.

Farré, & Barceló, D. (2008). Fate and toxicity of emerging pollutants, their metabolites and transformation products in the aquatic environment. *Trends in Analytical Chemistry*, 27(11): 991–1007.

Fatecha, D.A., Rasche, J.W., Cabral, N., Ojeda, J.G., Coppo, J.C., Alves Neto, A.J., Lorezetti, E., Watanabe, C.K.H., Rissato, B.B. & Belmonte, C. (2016). Phosphorus fractionation in sediments of the Ypacaraí lake basin. *African Journal of Agricultural Research*, 11(35): 3360–3365.

Gil, M.J., Soto, A.M., Usma, J.I., & Gutiérrez, O.D. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*, 7(2): 52–73.

Han, X., & Liu, D. (2018). Di(2-ethylhexyl) adipate (DEHA) detection in Antarctic krill (*Euphasia superba* Dana). *Polar Research*, 37(1)1457395: 1–8.

Lo Turco, V., Di Bella, G., Potortì, A. G., Fede, M. R., & Dugo, G. (2015). Determination of plasticizer residues in tea by solid phase

- extraction-gas chromatography-mass spectrometry. *European Food Research and Technology*, 240(2): 451–458.
- López Moreira., G.A., Hinegk, L., Salvadore, A., Zolezzi, G., Hölker, F., Monte Domecq, R.A., Bocci, M., Carrer, S., De Nat, L., Escribá, C., Benítez, G.A., Ávalos, C.R., Peralta, I., Insaurralde, M., Mereles, F., Sekatcheff, J.M., Wehrle, A., Facetti-Masulli, J.F., Facetti, J.F. & Toffolon, M. (2018). Eutrophication, research and management history of the shallow Ypacaraí lake (Paraguay). *Sustainability*, 10(7)2426: 1-32.
- Magnusson, B. & Örnemark, U. [eds.]. (2014). *Eurachem guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods: A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics*. 2<sup>nd</sup> ed. Middlesex: Eurachem Method Validation Working Group. 62 pp.
- Rezaee, M., Assadi, Y., Milani Hosseini, M.R., Aghaee, E., Ahmadi, F., & Berijani, S. (2006). Determination of organic compounds in water using dispersive liquid–liquid microextraction. *Journal of Chromatography A*, 1116(1): 1–9.
- EPA. (1995). EPA 606 Methods for the Determination of Organic Compounds in Drinking Water - Supplement III (EPA/600/R-95-131). Washington: United States Environmental Protection Agency. 584 pp.
- EPA. (2018) Drinking Water Standards and Health Advisorie tables. 2018 ed. Washington: United States Environmental Protection Agency. viii + 12 pp
- United Nations Environment Programme [UNEP]. (2000). Bis(2-ethylhexyl)adipate - SIDS Initial Assessment Report For SIAM 10. Nairobi: UNEP Publications. 78 pp.
- Zhou, S.N., Moody, R.P., Aikawa, B., Yip, A., Wang, B., & Zhu, J. (2013). In Vitro Dermal Absorption of Di(2-ethylhexyl) adipate (DEHA) in a roll-on deodorant using human skin. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 76(3): 157–166.



## GUÍA PARA LOS AUTORES

**Reportes Científicos de la FACEN**, es una revista de acceso libre y gratuito y es la publicación científica oficial de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción. Es emitida semestralmente y publica **Artículos originales, Artículos de revisión, Tópicos actuales, Reportes de casos, Comunicaciones cortas y Correspondencia**, en las áreas de Biología, Química, Física, Matemática Pura, Matemática Estadística, Geología, Biotecnología y Tecnología de Producción. Los principales criterios para la selección de los artículos son la solidez científica y la originalidad del tema. Los trabajos y opiniones publicados en la revista son de exclusiva responsabilidad de los autores. El idioma oficial de la revista es el español, pero se aceptan trabajos en inglés y en portugués. No existe costo de publicación para los autores.

El trabajo será enviado en formato electrónico a la dirección email de la revista (reportescientificos@gmail.com), consistiendo en archivos de texto, archivos de planilla electrónica y archivos de imagen. **El archivo principal de texto debe contener únicamente texto, sin ilustraciones ni tablas embebidas**, sino únicamente las respectivas citas a las mismas en el texto (numeradas secuencialmente). **Las tablas e ilustraciones deberán ser remitidos en formato digital en archivos independientes**. Los respectivos archivos deberán indicar en su nombre a qué número de tabla o ilustración corresponden.

El archivo de texto debe ser producido con Microsoft Word® u otro editor de texto perfectamente compatible. El texto deberá estar en letra Times New Roman, tamaño 11. Todo trabajo llevará en su primera página los siguientes elementos: **a) el Título** en español e inglés, **b) la lista de Autores** con nombre y apellido, **c) la Afiliación** laboral de cada autor, **d) un Resumen** de un máximo de 250 palabras en español, **e) un máximo de 7 Palabras clave** en español, **f) un Abstract** en inglés, correspondiente a la versión en español y **g) un máximo de 7 Key words** en inglés, correspondientes a la versión en español. **En caso de trabajos en Portugués** se añaden Título, Resumen y Palavras chave en dicho idioma. El resumen sólo podrá obviarse en el caso de Editoriales, Comunicaciones cortas y Correspondencias presentadas como tales. El cuerpo principal del texto podrá contener, según el contexto del trabajo, las secciones de **1) Introducción, 2) Materiales y métodos (o sólo uno de ellos de acuerdo al caso), 3) Resultados, 4) Discusión, 5) Conclusión, 6) Agradecimientos y 7) Literatura citada**. Tales secciones podrán sufrir fusión o no existir, de acuerdo a la metodología de trabajo o enfoque dados por el autor, así como al tipo de escrito (Artículo original, Comunicación corta, etc.) como haya sido presentado por autor o como lo decida el comité editorial. **Los pies de figuras y tablas** deberán ir al final del texto, a continuación de la sección de literatura citada.

Las citas bibliográficas deberán seguir las normas APA. Según estas normas, el año va entre paréntesis y se destacan el autor y año en las citas en texto: “Según González (1999)” o “El método es reciente (González, 1999)”. Para la lista en la sección de Literatura citada la secuencia lógica y formato es de “Autor. (Año). Título. Publicador, Volumen(Número): Páginas.”, poniéndose siempre primero el apellido de cada autor, seguido de sus correspondientes iniciales y separados por comas, con el último autor separado por un signo de ampersand. Se aplicará cursivas respectivamente en el título si se trata de un libro o tesis, o en el publicador si se trata de un artículo. Se ilustra en los siguientes ejemplos:

González, A.P. (1999). *Métodos de análisis crítico*. Asunción: Editorial Nueva. 120 pp.

González, A.P., Martínez, G.T. & Robledo, H.A. (1999). Análisis de la producción científica del país. *Revista de Filosofía Científica*, 45(2): 56-61.

**Las tablas y cuadros deberán presentarse en archivos de Microsoft Excell®** u otro programa perfectamente compatible, aunque en muchos casos se aceptan también tablas embebidas en archivo de Microsoft Word®, siempre que sea en archivo separado del de texto. **Las ilustraciones (graficos, imágenes, fotos, dibujos, mapas, esquemas o láminas completas) deberán presentarse cada una en un archivo aparte**, en formato JPG o TIF, generados en Adobe Photoshop u otro programa de procesamiento de imágenes. Deberá cuidarse que posean buen enfoque, claridad y contraste, que tengan una resolución mínima de 300 dpi y máxima de 1000 dpi y teniendo en cuenta que su anchura máxima en la revista será de 16 cm.

El proceso de evaluación incluye una primera revisión por el Comité Editorial para determinar si el artículo corresponde a la línea editorial y si cumple con los criterios generales de publicación. Una vez que el artículo se considere pertinente, se someterá a por lo menos dos revisores especialistas en el tema, de cuya opinión depende la aceptación definitiva del artículo. Si existiera una contradicción en la opinión de ambos especialistas, se someterá al Comité editorial o en caso contrario se solicitará una tercera opinión de un tercer especialista. El dictamen podrá ser aceptado, rechazado o condicionado, que será comunicado por escrito al autor principal en un plazo no mayor de tres meses de la recepción del material original. Si el dictamen es condicionado, el autor deberá remitir la nueva versión impresa y en formato digital en el plazo que se le indique que no podrá exceder de los 30 días posteriores a la recepción de la comunicación.

# REPORTES CIENTÍFICOS D E L A F A C E N

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Rep. cient. FACEN	San Lorenzo (Paraguay)	Vol. 11, Nº 2	julio-diciembre de 2020	ISSN 2078-399X (versión impresa) ISSN 2222-145X (versión online)
-------------------	------------------------	------------------	----------------------------	---

### ARTÍCULOS ORIGINALES

- 3-13 **Hajime G. Kurita, Gustavo Godoy, Mónica Benítez, César Vian, Martha S. Ávila, Rocío Vega, Juan Guillén, Hernán Caballero, Leónida Medina & Deidamia Franco.** Reporte del estado de la Bahía de Asunción en los meses de diciembre 2016 y marzo 2017 respecto de la situación fisicoquímica del sedimento y elutriado.
- 14-19 **Masayuki Miyazaki, Victorio Enrique Oxilia Dávalos & Mario Gustavo Leiva Enrique.** La educación ambiental relacionada al desarrollo sostenible en las instituciones educativas del municipio de Villa Hayes.
- 20-26 **Edgar Antonio Sánchez Báez.** Análisis del activo para la innovación en el clúster textil de Paraguay.
- 27-32 **Arami M. Zacarias Hermosilla, Rodolfo Canto Saenz & Fernando Méndez.** Bases para el diseño de políticas públicas de manejo de recursos naturales vinculados al desarrollo sostenible, en la ciudad de Itauguá.
- 33-47 **Cynthia Adriana Zacarias Chamorro, Maria Eugenia Sesto Cabral & Sonia Lorena Fretes de Aquino.** Interfaz tecnológica-regulatoria: desarrollo de un medicamento de origen biológico para el tratamiento de úlceras crónicas con elevado volumen de exudado.
- 48-55 **Sergio Rodríguez Bonet, Tomás López Arias & Julio Benítez Villalba.** Determinación de di(2-etilhexil) adipato en aguas del lago Ypacarai por microextracción líquido-líquido dispersiva.

