

TÓPICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL:

***ENLAZANDO CIENCIA, SOCIEDAD
Y EDUCACIÓN***



Cita este libro:

Freire Tigreros ME. (Ed. científica). (2021). *Tópicos de Gestión Ambiental: Enlazando ciencia, sociedad y educación*. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali

Palabras Clave / Keywords:

Manejo de residuos sólidos, contaminación ambiental, humedales, Universidad Santiago de Cali, transformaciones socioecológicas, gestión ambiental, educación ambiental.

Solid waste management, environmental pollution, wetlands, Universidad Santiago de Cali, socioecological transformations, environmental management, environmental education.

Contenido relacionado:
<https://investigaciones.usc.edu.co/>

TÓPICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL:

ENLAZANDO CIENCIA, SOCIEDAD Y EDUCACIÓN

María Eufemia Freire Tigreros

Editora científica

Diego Gerardo Cuadros Gutiérrez, Carlos Eduardo Guevara-Fletcher, Gina Marcela Jiménez Enríquez, Jonathan Steven Pelegrín Ramírez, Fredy Prado Cartagena, Silvia Andrea Quijano Pérez, Mauricio Quintero Ángel, Carlos Andrés Rodríguez-Perafán, Alejandra Salazar Lozada & Jairo Roberto Suárez Galíndez.

Autores



Tópicos de Gestión Ambiental: Enlazando ciencia, sociedad y educación / María Eufemia Freire Tigreros [Editora científica]. -- Santiago de Cali: Universidad Santiago de Cali, 2021. 196 páginas; 24 cm.
Incluye referencias bibliográficas.

ISBN: 978-628-7501-38-6 ISBN (Digital): 978-628-7501-39-3

1. Manejo de residuos sólidos 2. Contaminación Ambiental 3. Humedales 4. Transformaciones socioecológicas I. María Eufemia Freire Tigreros. Universidad Santiago de Cali. Facultad de Educación.
SCDD 333.707 ed. 23

CO-CaUSC
JRGB/2021



Tópicos de gestión ambiental: Enlazando ciencia, sociedad y educación

© **Universidad Santiago de Cali**

© **Editora científica:** María Eufemia Freire Tigreros

© **Autores:** Diego Gerardo Cuadros Gutiérrez, Carlos Eduardo Guevara-Fletcher, Gina Marcela Jiménez Enríquez, Jonathan Steven Pelegrín Ramírez, Fredy Prado Cartagena, Silvia Andrea Quijano Pérez, Mauricio Quintero Ángel, Carlos Andrés Rodríguez-Perafán, Alejandra Salazar Lozada

Jairo Roberto Suárez Galíndez

Edición 100 ejemplares

Cali, Colombia -

2021

Comité Editorial

Editorial Board

Claudia Liliana Zúñiga Cañón

Edward Javier Ordóñez

José Fabián Ríos

Herman Alberto Revelo

Mónica Carrillo Salazar

Santiago Vega Guerrero

Milton Orlando Sarria Paja

Sandro Javier Buitrago Parias

Mónica Alexandra Monsalve Álvarez

Proceso de arbitraje doble ciego:

“Double blind” peer-review.

Recepción/Submission:

Julio (July) de 2021.

Evaluación de contenidos/

Peer-review outcome:

Agosto (August) de 2021.

Aprobación/Acceptance:

Septiembre (Septiembre) de 2021.



La editorial de la Universidad Santiago de Cali se adhiere a la filosofía de acceso abierto. Este libro está licenciado bajo los términos de la Atribución 4.0 de Creative Commons (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso, el intercambio, adaptación, distribución y reproducción en cualquier medio o formato, siempre y cuando se dé crédito al autor o autores originales y a la fuente <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

TABLA DE CONTENIDO

PRÓLOGO	9
PREFACIO.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11

CAPÍTULO I.

Cambios biofísicos y socioeconómicos en la Ciénaga el Conchal, Buga, Colombia (1989 - 2000 - 2016): retos de gestión ambiental	13
---	-----------

*Fredy Prado Cartagena / Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
Diego Gerardo Cuadros Gutiérrez / Universidad Santiago de Cali
Mauricio Quintero Ángel / Universidad del Valle
Carlos Andrés Rodríguez-Perafán/ Universidad Santiago de Cali*

CAPÍTULO II.

Impactos ambientales de la industria química: análisis de un estudio de caso y propuesta de manejo frente a derrames ácidos y/o básicos.....	41
---	-----------

*Jonathan S. Pelegrín Ramírez/ Universidad Santiago de Cali
Jairo Roberto Suárez Galíndez/ Universidad Santiago de Cali*

CAPÍTULO III.

La educación como factor de entendimiento del ambiente y su relación con la salud humana. Estudio de caso: diagnóstico del programa de formación en buenas prácticas de manufactura de los concesionarios expendedores de alimentos adscritos a la Universidad Santiago de Cali. Sede Pampalinda. Cali, Colombia	91
---	-----------

*Carlos Guevara-Fletcher/ Universidad Santiago de Cali
Alejandra Salazar Lozada/ Universidad Santiago de Cali*

CAPÍTULO IV.

**Intervención ambiental en una institución educativa
de la ciudad de Cali para generar una cultura de reciclaje.131**

*Silvia Andrea Quijano Pérez/ Universidad Santiago de Cali
Gina Jiménez Enríquez/ Universidad Santiago de Cali*

ACERCA DE LOS AUTORES187

PARES EVALUADORES.....193

TABLA DE CONTENIDO

FOREWORD.....9

PREFACE.....10

INTRODUCTION.....11

CHAPTER I.

Biophysical and socioeconomic changes in the Ciénaga el Conchal, Buga, Colombia (1989 - 2000 - 2016): environmental management challenges.13

*Fredy Prado Cartagena / Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
Diego Gerardo Cuadros Gutiérrez / Universidad Santiago de Cali
Mauricio Quintero Ángel / Universidad del Valle
Carlos Andrés Rodríguez-Perafán/ Universidad Santiago de Cali*

CHAPTER II.

Environmental impacts of the chemical industry: analysis of a case study and management proposal for acid and/or basic spills41

*Jonathan S. Pelegrín Ramírez/ Universidad Santiago de Cali
Jairo Roberto Suárez Galíndez/ Universidad Santiago de Cali*

CHAPTER III.

Education as a factor in understanding the environment and its relationship with human health. Case study: diagnosis of the training program in good manufacturing practices of food concessionaires attached to the Universidad Santiago de Cali. Pampalinda headquarters. Cali, Colombia. .91

*Carlos Guevara-Fletcher/ Universidad Santiago de Cali
Alejandra Salazar Lozada/ Universidad Santiago de Cali*

CHAPTER IV.

**Environmental intervention in an educational institution in the city
of Cali to generate a culture of recycling131**

*Silvia Andrea Quijano Pérez/ Universidad Santiago de Cali
Gina Jiménez Enriquez/ Universidad Santiago de Cali*

ABOUT THE AUTHORS187

PEER EVALUATORS.....193

PRÓLOGO

FOREWORD

El presente libro es una compilación de trabajos de investigación realizados por estudiantes y docentes que hacen parte del programa de Maestría en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible, de la Universidad Santiago de Cali. En el marco del desarrollo sostenible es fundamental una articulación permanente entre la ciencia, la sociedad y la educación. Por lo anterior en este libro se abordan temáticas relacionadas con la gestión ambiental desde diversos enfoques como lo es la importancia de hacer gestión ambiental a nivel universitario realizando un diagnóstico relacionado con el programa en buenas prácticas de manufactura de los concesionarios expendedores de alimentos adscritos a la Universidad Santiago de Cali, Sede Pampalinda, Cali. También es fundamental realizar gestión ambiental a nivel de las instituciones educativas de primaria y secundaria, donde se trata de articular el Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) vinculando a la comunidad educativa en el manejo de residuos sólidos. La gestión ambiental también debe realizarse en el sector industrial donde se genera la necesidad de proponer soluciones químicamente amigables que contribuyan así a procesos industriales más sostenibles. Finalmente, la gestión ambiental debe hacerse con un enfoque del conocimiento de las transformaciones socioecológicas del paisaje con el objetivo de conocer los cambios generados por la intervención antrópica, como herramienta fundamental de los tomadores de decisiones a nivel territorial.

PALABRAS CLAVES:

Manejo de residuos sólidos, contaminación ambiental, humedales, Universidad Santiago de Cali, transformaciones socioecológicas, gestión ambiental, educación ambiental.

PREFACIO

PREFACE

This book is a compilation of research works carried out by students and teachers who are part of the Master's Program in Environmental Education and Sustainable Development, of the Santiago de Cali University. Within the framework of sustainable development, a permanent articulation between science, society and education is essential. Therefore, this book addresses issues related to Environmental Management from various approaches, such as the importance of environmental management at the university level, carrying out a diagnosis related to the program in good manufacturing practices of food vending concessionaires attached to the Santiago de Cali University, Pampalinda Headquarters. Cali. It is also essential to carry out environmental management at the level of primary and secondary educational institutions, where it is a matter of articulating the School Environmental Project (PRAE) linking the educational community in the management of solid waste. Environmental management must also be carried out in the industrial sector where the need to propose chemically friendly solutions is generated and thus contribute to more sustainable industrial processes. Finally, environmental management must be done with a focus on knowledge of the sociological transformations of the landscape with the aim of knowing the changes generated by anthropic intervention, as a fundamental tool for decision-makers at the territorial level.

KEYWORDS:

Solid waste management, environmental pollution, wetlands, Santiago de Cali University, sociological transformations, environmental management, environmental education.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCTION

Cada vez hay más gente preocupada por los problemas ambientales, y esto es importante porque todas las personas interactúan con el medio ambiente, y muchos de los problemas ambientales tienen su origen en el desconocimiento de ellos o la poca información adecuada que sobre estos temas tienen la gran diversidad de actores sociales que dependen y entablan estrechas relaciones con el medio ambiente. El medio ambiente es todo aquello que nos rodea, e incluye factores físicos, químicos y biológicos que pueden afectar y verse afectados por los seres vivos y las actividades humanas.

La gestión ambiental se ocupa de proporcionar los lineamientos, políticas, directrices e instrumentos que hacen posible organizar las actividades humanas que afectan el medio ambiente. Para este fin, la gestión del medio ambiente también se apoya en la ciencia y la educación ambiental que puede ser impartida dentro o fuera de las instituciones educativas tradicionales (colegios y universidades) y no tradicionales (e.g., zoológicos, museos, bibliotecas y ONG), mediante la educación formal sujeta a un currículo oficial o la educación informal que busca brindar oportunidades para complementar, actualizar, perfeccionar, renovar o profundizar conocimientos, habilidades, técnicas y prácticas que pueden ayudar a la gente a entender mejor el medio ambiente y resolver sus problemas asociados.

Las actitudes y comportamientos ambientales negativos de la gente pueden ser modificables a través de la reflexión y la educación dirigida a todos los grupos de la población que requieren educación ambiental, como lo son, por ejemplo, los tomadores de decisiones

que se encargan de los procesos de planificación y desarrollo del territorio, y los encargados de los sistemas de gestión ambiental tanto en la industria química como en los expendios de alimentos en las instituciones educativas, donde sus miembros pueden comprender la riqueza conceptual de los temas ambientales aplicados a la resolución de sus problemas específicos. Todo este universo de actores y una buena parte de sus preocupaciones ambientales son contextualizados en este libro, del cual se espera sirva para generar mayor conciencia ambiental, para motivar al Estado, la industria y al público en general a participar en la protección del medio ambiente.

CAPÍTULO I.

**CAMBIOS BIOFÍSICOS Y
SOCIOECONÓMICOS EN LA
CIÉNAGA EL CONCHAL, BUGA,
COLOMBIA
(1989 - 2000 - 2016):
RETOS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

*Biophysical and socioeconomic changes in the Ciénaga el Conchal, Buga, Colombia
(1989 - 2000 - 2016): environmental management challenges*

Fredy Prado Cartagena

✉ freddy.prado@cvc.gov.co
✉ freddy.prado59@gmail.com
⑩ <https://orcid.org/0000-0002-2477-0582>
Corporación Autónoma Regional del Valle
del Cauca (CVC)

Diego Gerardo Cuadros Gutiérrez

✉ dicuagu@hotmail.com
⑩ <https://orcid.org/0000-0002-6391-7268>
Universidad Santiago de Cali

Mauricio Quintero Ángel

✉ mauricio.quintero@correounivalle.edu.co
⑩ <http://orcid.org/0000-0003-3680-7458>
Universidad del Valle

Carlos Andrés Rodríguez-Perafán

✉ carlos.rodriguez17@usc.edu.co
⑩ <https://orcid.org/0000-0002-7647-1939>
Universidad Santiago de Cali

Cita este capítulo:

Prado Cartagena, F., Cuadros Gutiérrez, D. G., Quintero Ángel, M. & Rodríguez-Perafán, C. A. (2021). Cambios biofísicos y socioeconómicos en la ciénaga El Conchal, Buga, Colombia (1989 - 2000 - 2016): retos de gestión ambiental. En: Freire Tigreros ME. (Ed. científica). *Tópicos de Gestión Ambiental: Enlazando ciencia, sociedad y educación* (pp.13-39). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

CAMBIOS BIOFÍSICOS Y SOCIOECONÓMICOS EN LA CIÉNAGA EL CONCHAL, BUGA, COLOMBIA (1989 - 2000 - 2016): RETOS DE GESTIÓN AMBIENTAL

*Fredy Prado Cartagena
Diego Gerardo Cuadros Gutiérrez
Mauricio Quintero Ángel
Carlos Andrés Rodríguez-Perafán*

RESUMEN. Las transformaciones en cobertura vegetal y el espejo de agua en la ciénaga El Conchal, Buga (Colombia), se analizaron utilizando imágenes satelitales Landsat (1989-2000-2016) y sistemas de información geográfica; así mismo en el 2017 se realizaron entrevistas a informantes clave de la zona para conocer los cambios causados al ecosistema por la presión antrópica. Los resultados mostraron que las actividades humanas han causado una reducción de 230.3 ha en el área correspondiente al humedal, desde el inicio hasta el final del período de estudio, durante las épocas de menor precipitación. El área cultivada, especialmente de caña de azúcar, evidenció un aumento significativo, lo que pone de manifiesto que en la región hay un interés particular por ampliar principalmente la frontera agrícola, a diferencia de la frontera pecuaria que se ha extendido en una proporción menor; ambos procesos han sido los factores más importantes para la pérdida y la degradación del humedal. Los principales resultados son discutidos en términos de manejo del ecosistema, para resaltar la importancia de establecer un adecuado balance entre los objetivos de conservación y de uso del humedal.

Palabras clave: humedal, imagen satelital Landsat, cambios espacio-temporales, uso del suelo.

ABSTRACT. The transformations in vegetation cover and the water mirror in the Conchal Buga-Colombia swamp were analyzed using Landsat satellite imagery (1989-2000-2016) and geographic information systems; likewise, in 2017 interviews were carried out with key informants from the area to know the changes caused to the ecosystem by anthropic pressure. The results showed a reduction of 230.3 ha in the area corresponding to the wetland from the beginning to the end of the study period during the periods of least precipitation. The area cultivated especially of sugarcane, showed a significant increase, which shows that there is a particular interest to extend mainly the agricultural frontier, while the livestock would have extended a smaller proportion, both processes subtracting important areas to the land of the wetland. We discuss the main findings focused on the management of ecosystem to find the balanced between economic development and wetland protection.

KEYWORDS: wetland, landsat satellite image, spatio-temporal changes, land use.

INTRODUCCIÓN

En general, en muchas partes del mundo son comunes las pérdidas progresivas y la degradación de los humedales por eventos naturales y actividades humanas, estas últimas promovidas por políticas de desarrollo que buscan mejorar los estándares de vida (Yu et al., 2018). Para el año de 1995 en el Valle del Cauca (Colombia) existían 15 286 hectáreas de humedales lénticos naturales. En un informe

más reciente sobre el estado de los humedales en el Valle del Cauca, Restrepo y Morales (2009) han reportado que existen 52 humedales en 2650 ha. Los principales problemas o amenazas que enfrentan los humedales son: falta de conocimiento y valoración de los atributos, productos y funciones que cumplen estos ecosistemas; la desecación, drenaje, contaminación, disposición de residuos sólidos y escombros; colmatación; el desarrollo de las actividades agropecuarias, principalmente la expansión del monocultivo de caña de azúcar; los conflictos de tenencia de predios; la falta de empoderamiento del ecosistema por las comunidades locales y el cambio climático (CVC y Fundación Natura, 2007). En la Ley 357 de 1971 se ha manifestado que los humedales en Colombia son ecosistemas vulnerables a diferentes causas como lo son el cambio climático, el fenómeno El Niño, el fenómeno de La Niña y diversas causas de origen antrópico.

Los humedales son pantanos o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancados o corrientes, dulces, salobres o salados, cuya profundidad no excede los seis metros (Ponce de León y Ponce de León Chaux, 2004). De acuerdo con Keddy (2004), los humedales son ecosistemas que surgen cuando la saturación del terreno por agua produce sustratos hídricos (dominados por procesos anaeróbicos) y permite el establecimiento de biota, principalmente plantas enraizadas, con adaptaciones para tolerar la anegación. Así mismo, según Mitsch y Gosselink (2000), los humedales son reconocidos en el mundo como sumideros de carbono y estabilizadores climáticos en una escala global. Aún más, como ha puesto en relieve el Ministerio del Medio Ambiente de Colombia (2002), dentro del ciclo hidrológico, los humedales contribuyen en el mantenimiento de la calidad ambiental y la regulación de las cuencas hidrográficas, los estuarios y las aguas costeras. Además,

realizan otras funciones de mitigación de impactos por inundaciones y absorción de contaminantes, proveyendo hábitats para una gran variedad de animales y plantas. Los humedales y los servicios ecosistémicos que ellos proporcionan son muy valiosos para las personas en el mundo, porque ellos no sólo proporcionan soporte a los medios de vida, sino también a la biodiversidad y sus valores de existencia (de Groot et al., 2018).

Dada la importancia de los humedales y la existencia de acuerdos internacionales para su conservación, como la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Unesco, 1971), es preciso que se sumen esfuerzos para proteger los humedales, como los que se encuentran en el valle geográfico del río Cauca, que tiene una extensión de 3200 km² y una altitud promedio de 1000 m. La dinámica del río involucra gran cantidad de humedales entre ciénagas, lagunas y madre viejas (CVC, 2009).

La ciénaga El Conchal es un humedal natural léntico palustre que forma parte del complejo de humedales asociado a la laguna de Sonso, y fue incluido en la lista de humedales de importancia internacional RAMSAR, en cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 357 de 1997, Decreto 251 de febrero de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. El humedal se encuentra localizado en los municipios de Buga y San Pedro, corregimiento Chambimbal, haciendas Maracaibo 5 y Maracaibo 1, el Desierto, la Samaria y Quitambre entre otros (figura 1) (CVC, 2009, p. 7).

La ciénaga de Tiacuante o El Conchal se encuentra al norte del municipio de Buga (Valle del Cauca), en el corregimiento de Chambimbal margen derecho del río Cauca, en la zona comprendida entre el

puente del “atravesadero” y la quebrada El Yeso, a lo largo del denominado Zanjón Burrigá. Las coordenadas son: L. 3° 58` 35.5 N. Long. 76° 17` 54.8 O. A una altura de 955.7 metros sobre el nivel del mar, la ciénaga El Conchal se encuentra en una zona propensa a inundaciones, dividida en dos zonas con marcadas diferencias en el estado sucesional denominadas como Zona Sur y Zona Norte. La Zona Sur está constituida por una área pantanosa que aunque no cuenta con un espejo lagunar permanente, conserva una profundidad que permite el desarrollo de vegetación flotante, que en su mayoría está constituida por buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) y lechuguilla (*Pistia stratiotes*). La Zona Norte está comprendida entre el puente de Verdún y la quebrada de El Yeso; corresponde a la zona con un estado sucesional más avanzado, con áreas de humedad permanente más reducidas y menor presencia de vegetación flotante; la mayor parte de esta área está cubierta por zarza (*Mimosa pigra*), sin embargo también se observa un bosque inundable en el punto de desembocadura de la quebrada Presidente (Llano y Llano, 2004) (figura 1).

**TÓPICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL:
ENLAZANDO CIENCIA, SOCIEDAD Y EDUCACIÓN**

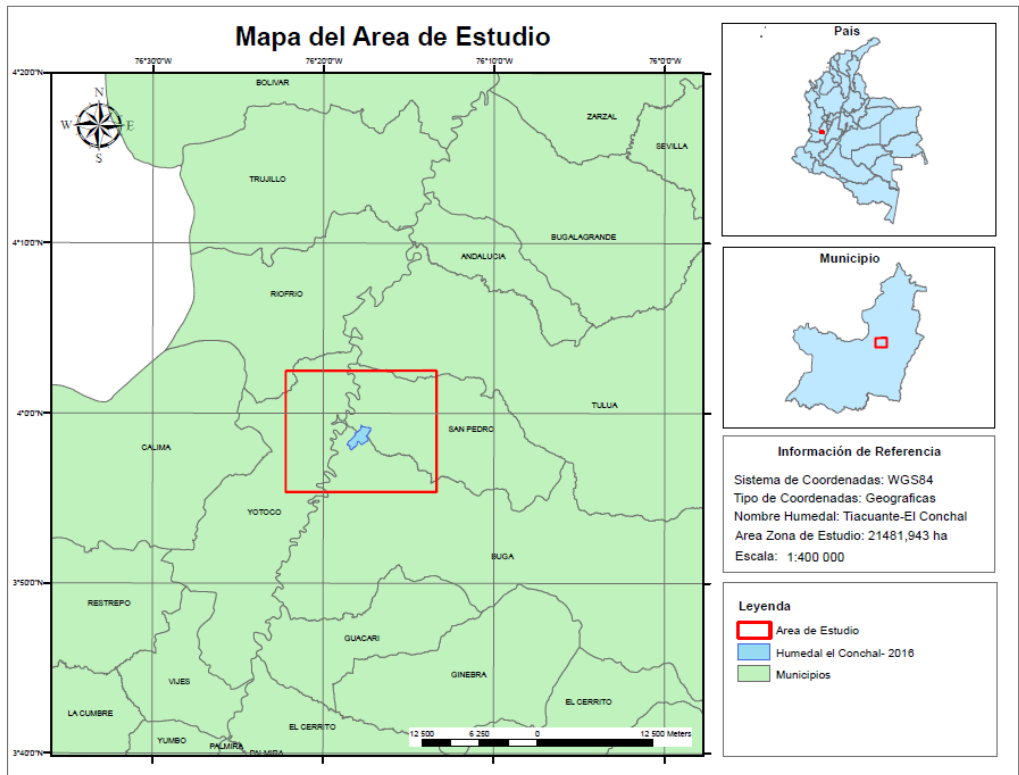


Figura 1. Localización del humedal ciénaga El Conchal Tiacuante o Samaria.

Fuente: Tomado de Inventario de Humedales Lénticos en el corredor del Río Cauca.

La ciénaga El Conchal está permanentemente amenazada por la intervención humana, que la dreña, rellena, deseca, destruye su vegetación y contamina sus aguas. Durante los años comprendidos entre 1989 y 2016, la ciénaga El Conchal ha sufrido diferentes transformaciones causadas por factores naturales y antrópicos que han modificado las condiciones socioecológicas de las comunidades humanas, ecológicas y su entorno. Las principales alteraciones observadas han sido principalmente, pérdida de hábitat, cambios

en la cobertura vegetal, reducción del espejo de agua y afectación del área de amortiguación para contener los grandes volúmenes de agua lluvia y el aumento de los niveles del Río Cauca, que causan inundaciones a las comunidades humanas en las zonas aledañas. En este contexto, este capítulo tiene por objetivo identificar los principales cambios biofísicos y socioeconómicos en la Ciénaga El Conchal entre 1989 y 2016.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio comprende un área de 21 481,9 ha, y se encuentra localizada en las siguientes coordenadas geográficas: Superior; 4° 2' 3,479'' N; Izquierda; 76° 22' 12,304''; Derecha; 76° 13' 21,832'' O. Coordenadas planas: Superior; 446850,195221m; Izquierda; 347892,841356m; Derecha; 364270,031576m. Abajo; 433720,221045m.¹ Como enfoque metodológico se planteó una investigación combinando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (imágenes satelitales LANDSAT), durante el período comprendido de 1989 al 2016, con un diagnóstico a partir de la observación en el lugar y entrevistas semiestructuradas a habitantes del área de estudio, durante el año 2017, en período de intensa lluvia (20 de mayo) y de intensa sequía (septiembre 9).¹

1 Estas coordenadas se consideraron en las tres imágenes Landsat seleccionadas, que comprenden humedal, zona forestal protectora, zona amortiguadora, río y cultivos ubicados dentro de las áreas anteriores y otros por fuera de ellas.

Transformaciones en la cobertura vegetal y espejo de agua en la ciénaga El Conchal

Para establecer las transformaciones biofísicas ocurridas en la ciénaga El Conchal, desde el año 1989 hasta el año 2016, se emplearon imágenes satelitales del sensor remoto Landsat versión 7 y 8, que se caracterizan por presentar 7 u 8 bandas espectrales respectivamente (bandas en espectro visible, infrarrojo cercano, infrarrojo medio e infrarrojo térmico). La búsqueda y descarga de las imágenes satelitales se realizó desde la página <https://earthexplorer.usgs.gov> en formato GeoTIFF (Formato de imagen industrial para SIG y aplicaciones de teledetección por satélite), seleccionando las de menor cantidad de cobertura de nubes en el PATH:9 (franja vertical de la imagen) y ROW:57 (fila horizontal) en la zona de estudio. De las imágenes disponibles se seleccionaron tres, usando como criterio de elección el nivel de calidad y resolución de la más antigua para el año 1989, otra intermedia en el 2000 y finalmente, la más recientemente disponible para su descarga del año 2016. Así mismo, las imágenes corresponden a la temporada de menor precipitación, para estandarizar la comparación con base en las mismas condiciones meteorológicas. Se seleccionaron imágenes Landsat versión 7 para 1989 (agosto 7) y 2000 (28 de julio) y versión 8 para 2016 (agosto 25) a escala de 1:25.000 para los tres años, con resolución multiespectral de 30 metros (una imagen multiespectral es la que captura datos de imágenes dentro de rangos de longitud de onda específicos a través del espectro electromagnético), para ambas versiones. A partir de las imágenes digitales en formato Raster (división del área de estudio en matriz de celdillas, generalmente cuadradas), se identificaron objetos geométricos vectoriales como: río, humedal y nubes, entre otros, mediante su firma espectral particular.

Con el manejo de las imágenes satelitales software Envi 5.3 de análisis de imágenes, compatible con los sensores más usados, se logró segmentar y clasificar la imagen satelital, además de la elaboración de los índices agua y vegetación; para el procesamiento de información vectorial se empleó el software ArcMap™ [10.5] de Esri. ArcGIS® [10.5] el cual permite refinar y ajustar la clasificación una vez está transformada a un formato vectorial. Cada imagen obtenida se sometió a tres fases: pre-procesamiento, procesamiento y post-procesamiento.

En el pre-procesamiento, las imágenes escogidas han sido procesadas y liberadas por USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos) de la Nasa del tipo (L1TP) (<https://landsat.usgs.gov/landsat-collections>), con antelación, para facilitar la obtención de información de las imágenes sin necesidad de realizar correcciones, tanto atmosféricas como geométricas y topográficas.

La tabla 1 contiene la estructura de niveles del procesamiento para los datos de pre-col y Colección 1, corresponde a datos del USGS que reorganizó el archivo Landsat en una colección por niveles. Esta estructura garantiza que los productos Landsat Level-1 proporcionen un archivo consistente de calidad de datos conocida para admitir análisis de series temporales y “apilamiento” de datos, al tiempo que se controla la mejora continua del archivo y el acceso a todos los datos a medida que se adquieren.

Tabla 1. Niveles de procesamiento Landsat Nivel-1

Pre-Colección	Colección 1	Descripción
L1T	L1TP	Radiométricamente calibrado y orto rectificado usando los puntos de control de tierra y los datos del modelo de elevación digital (DEM) para corregir el desplazamiento de alivio. Estos son los productos de nivel 1 de mayor calidad adecuados para el análisis de series de tiempo de nivel de pixel.
L1GT	L1GT	Calibrado radiométricamente y con correcciones geométricas sistemáticas aplicadas utilizando datos de efemérides de la nave espacial y datos de DEM para corregir el desplazamiento de alivio.
L1G	L1GS	Calibrado radiométricamente y con solo correcciones geométricas sistemáticas aplicadas utilizando los datos de efemérides de la nave espacial.

Fuente: Recuperado de Detalles de Procesamiento Landsat 2016

En la etapa del procesamiento se probaron los dos tipos de clasificación de imágenes satelitales llamadas Clasificación **Supervisada** y Clasificación **No Supervisada**. La diferencia principal entre estas clasificaciones es la no intervención humana para la clasificación No-Supervisada, lo que permitió una búsqueda de valores homogéneos automáticos dentro de la imagen. Adicional a esto, se utilizó este tipo de clasificación con el algoritmo ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*) que emplea la técnica de mínima distancia (agrupación o *clustering* espectral), entre un número grande de posibles clases (22 imágenes) para poder agrupar correctamente entidades que tienen muchas variaciones entre sí. La principal ventaja que ofrecen los métodos no supervisados es que la intervención humana se centra en la interpretación más que en la consecución de los resultados (Arango et al., 2005).

Como apoyo al procesamiento, se trabajó con imágenes de Google Maps, y datos pluviométricos suministrados por la Dirección Técnica Ambiental de la CVC de la estación del acueducto de Guadalajara de Buga, donde se presentan los datos de precipitación medidos en

mm de agua lluvia registrada durante los años 1989, 2000 y 2016, los mismos meses (julio y agosto).

El procesamiento de las imágenes incluyó la generación de los índices NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) y NDWI (*Normalized Difference Water Index*). Estos fueron de utilidad en la discriminación de cuerpos de agua, humedad y vegetación en las imágenes satelitales. Los índices sirven para mejorar la capacidad de interpretación de los datos, suelen ser utilizados para optimizar la discriminación entre dos cubiertas con comportamiento reflectivo muy distinto entre dos bandas (Chuvieco, 2002).

El Índice de Vegetación es el parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y es particularmente sensible a la cubierta vegetal (Gilbert et al., 1997), es decir, que los cambios del índice de vegetación permiten decir si un determinado mes o año es mejor o peor respecto al valor histórico. Para su cálculo se emplean las bandas del rojo e infrarrojo cercano. Áreas de alto vigor (densidad vegetal) poseen una mayor reflectividad (respuesta) en el infrarrojo cercano y una menor reflectividad en el rojo. El índice se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Infrarrojo Cercano} - \text{Rojo}}{\text{Infrarrojo Cercano} + \text{Rojo}}$$

Los valores entregados por esta relación varían entre -1 y 1. Si el valor se acerca a 1 está indicando una vegetación vigorosa y sana, los valores cercanos a cero se relacionan con suelo fraccionado a desnudo; valores negativos generalmente corresponden a nubes o cuerpos de agua. Mediante el empleo de este Índice se pueden identificar diferentes grados de cobertura vegetal (Polidorio 2005).

Numerosos estudios relacionados con determinación de cobertura vegetal han utilizado el procesamiento de las imágenes aplicando índices NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), que ha sido de utilidad en la discriminación de cuerpos de agua, humedad y vegetación, como es el caso del trabajo de Oyola (2009). Otro ejemplo de uso de índices NDVI es el trabajo de Salazar (2015), cuyo objetivo fue analizar los cambios en el uso y cobertura del suelo en paisajes rurales de alta montaña en los municipios de Guacamayas, San Mateo y la Uvita del norte de Boyacá, haciendo uso de una combinación de herramientas, tanto de Sistemas de Información Geográfica (SIG) como etnográficas. En este último caso, se ha utilizado el índice NDVI para determinación de cobertura vegetal.

El Índice de Diferencia de Agua Normalizado Modificado (MNDWI) permite separar territorios cubiertos del agua, reemplaza banda infrarrojo cercano (NIR) por la banda infrarrojo medio (SWIR). El cálculo del MNDWI establece un índice que discrimina cuerpos de agua. Para ello, se utilizan las bandas del verde e infrarrojo cercano (Polidorio, 2005). La utilización de este índice maximiza la reflectividad propia del agua realzando sus características. El índice se calcula utilizando la siguiente ecuación

$$\text{MNDWI} = \frac{\text{Verde} - \text{Infrarrojo Medio}}{\text{Verde} + \text{Infrarrojo Medio}}$$

Los valores del MNDWI varían entre -1 y 1, asociando valores positivos para las superficies con agua o húmedas y cero o negativo para el suelo y la vegetación terrestre. El Post Procesamiento o Post-clasificación permitió alcanzar los ajustes finales utilizando las funciones de suavizado y agregación que son valores por defecto. El post procesamiento incluye la exportación de la imagen en formato raster de Envi (.dat) y formato vectorial de Esri (.shape).

Transformaciones socioeconómicas en el humedal ciénaga el Conchal Tiacuante

Empleando la técnica de la observación y la entrevista, se visitó la zona de estudio el 20 de mayo y 09 de septiembre de 2017 (época de mayor y menor precipitación, respectivamente). En la visita se interactuó con habitantes de la zona que han vivido durante aproximadamente 20 años en el sitio. La entrevista contenía preguntas específicas sobre su modo de vida, lo que significa para ellos el humedal, el número de familias que llegaron por problemas de desplazamiento de diferentes regiones y cómo los miembros de la familia obtienen sus ingresos económicos. La entrevista también indagó por la relación de los habitantes con el ecosistema. Las respuestas proporcionadas por los entrevistados y lo observado, sirvieron para hacer un diagnóstico preliminar del estado del humedal, su entorno y la influencia positiva o negativa de factores climáticos y antrópicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el año 1989, el área del humedal según imagen Landsat fue de 490,3 ha, para el año 2000 fue de 339,4 ha, y para el 2016 de 300,7 ha. Al comparar las imágenes 1989 y 2000 (figura 2), se encuentra que hubo una pérdida del 30.8% (202 ha) en el espejo de agua, no obstante, en otras zonas el humedal ganó un área de 51.7 ha. Para el 2016 el área del humedal era de 300,7 ha, pero al comparar las imágenes obtenidas de 2000 y 2016 (figura 3), el área pérdida correspondió a 65,9 ha, y la ganada fue de 27,2 ha, siendo de 11,4% la diferencia o pérdida (tabla 2). El resultado comparativo de las imágenes Landsat entre los años 1989 y 2016 (27 años), arroja un área pérdida de 189.6 ha (tablas 2 y 3).

Tabla 2. Resultados comparativos de las imágenes Landsat entre los años 1989, 2000 y 2016.

ÁREA DE ESTUDIO: 21481.9 ha

Cobertura	Año 1989 (ha)	Año 2000 (ha)	Perdida (ha)	Ganancia (ha)	área sin Cambio (ha)
Humedal	490.3	339.4	202.6	51.7	287.6
Cultivo	11292.7	11244.3	48.4	-	-
Río	341.5	321.8	19.7	-	-
Área Inundada	2.5	44.8	-	-	-

Cobertura	Año 2000 (ha)	Año 2016 (ha)	Perdida (ha)	Ganancia (ha)	área sin Cambio (ha)
Humedal	339.4	300.7	65.9	27.2	273.4
Cultivo	11244.3	11703.4	-	459.1	-
Río	321.8	292.8	29	-	-
Área Inundada	44.8	0	-	-	-

Cobertura	Año 1989 (ha)	Año 2016 (ha)	Perdida (ha)	Ganancia (ha)	área sin Cambio (ha)
Humedal	490.3	300.7	230.3	40.6	260
Cultivo	11292.7	11703.4	-	410.7	-
Río	341.5	292.8	48.7	-	-
Área Inundada	2.5	0	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Cambios históricos de área en el humedal ciénaga El Conchal Tiacuante (1989, 2000 y 2016).

Año	Área (ha)
1989	490,3
2000	339,4
2016	300,7

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en el mismo período de análisis (1989-2016), hubo un área ganada de 40.6 ha., y el área que se mantiene sin cambios corresponde a 260 ha (figura 4). Los cultivos experimentaron una contracción de 48,4 ha, pasando de 11 292,7 ha a 11 244,3 ha entre 1989 y 2000. Al comparar las áreas de los años 2000 – 2016 se presentó un aumento de 459,1 ha. Entre el año 1989 y 2016 el incremento fue de 410,7 ha, no obstante, en otras zonas se observó una reducción en 48.4 ha. La disminución en el área cultivada podría explicarse por el abandono de cultivos tradicionales y de pancoger como maíz, plátano, yuca y maracuyá, entre otros, en los alrededores del humedal, según información obtenida en la entrevista. Igualmente, la reducción en el área cultivada se puede explicar por el aumento del área inundada, que ganó 42.3 ha en el año 2000 (tabla 2). Así mismo, el análisis de las imágenes satelitales para la cobertura río en el área de estudio, muestra una pérdida entre el período de 1989 a 2000 de 19,7 ha, mientras que entre el año 2000 y el 2016 se presenta una disminución de 29 ha (tabla 2). El área ganada por el humedal (40.6 ha) (figura 3), es debida probablemente al material suspendido que aporta el zanjón Burrigá, las quebradas Chambimbal y Presidente, que es el sedimento acumulado en el humedal, estimulando la aparición de vegetación acuática especialmente el buchón de agua (*Eichhornia crassipe*) y finalmente la colmatación por sucesión vegetal natural de arbustos e incluso árboles en las zonas más secas y periféricas. En períodos secos estas áreas son utilizadas para pastoreo de ganado, pero en época de intensa pluviosidad son inundables. La fuerte relación entre el buchón y el humedal es uno de los fenómenos responsables del descenso en el nivel del humedal. La predominancia del buchón de agua como especie acuática invasora es notable, ocupando la mayor superficie de área de espejo de agua con respecto a otras especies como enea y lechuguilla (Flórez et al., 2004).

**TÓPICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL:
ENLAZANDO CIENCIA, SOCIEDAD Y EDUCACIÓN**

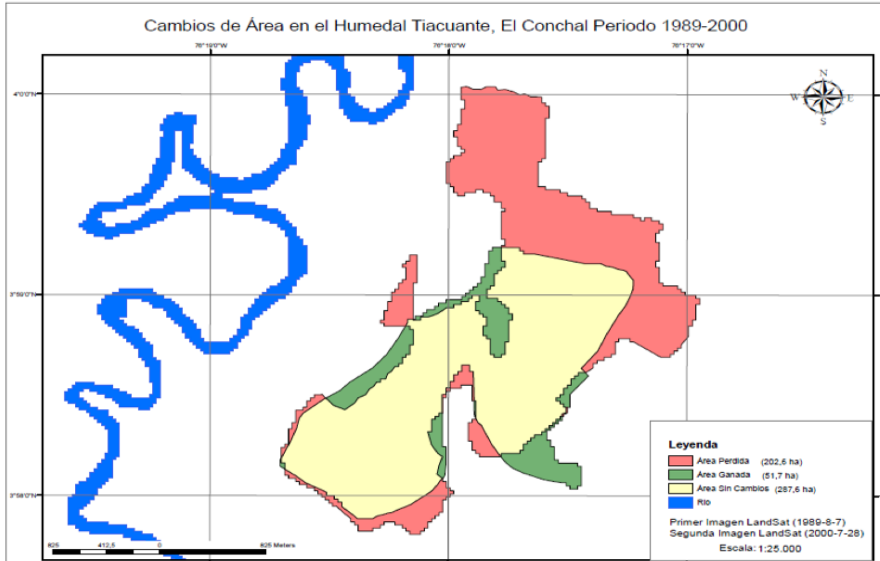


Figura 2. Cambio de área en el humedal Ciénaga El Conchal Tiacuante (1989-2000). Valle del Cauca: LandSant.

Fuente: Elaboración propia

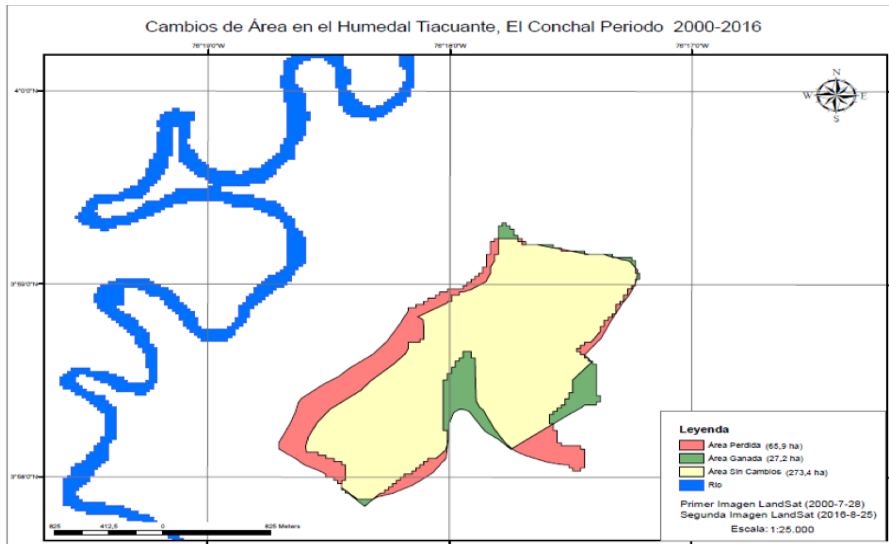


Figura 3. Cambio de área en el humedal Ciénaga El Conchal Tiacuante (2000-2016). Valle del Cauca: LandSant.

Fuente: Elaboración propia

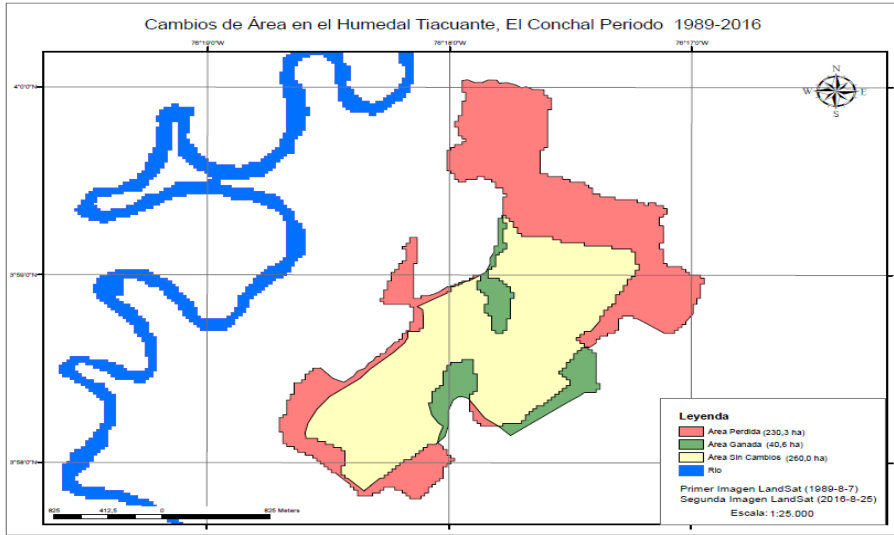


Figura 4. Cambio de área en el humedal Ciénaga El Conchal Tiacuante (1989-2016). Valle del Cauca: Landsat.

Fuente: Elaboración propia

La figura 2 (1989-2000) muestra un área sin cambios de 287,6 ha, la imagen de la figura 3 (2000-2016) corresponde a un área sin cambios de 273,4 ha y la de la figura 4 (1989-2016), muestra un área total sin cambios de 260 ha durante los 27 años que comprende este estudio. La pérdida en área del humedal y el aumento de la cobertura vegetal se puede explicar principalmente por la expansión de la zona agropecuaria por parte de personas que además de permanecer en la zona, pertenecen a la Empresa Comunitaria Unidad de Paz, Libertad y Trabajo (ECOUPALT).

Si bien la realidad en campo evidenció que la zona de influencia del humedal está completamente deshabitada, principalmente por la declaración de humedal Ramsar, lo que ha generado mayores controles y restricciones de la autoridad ambiental, y pese a la presencia de muy pocas personas en la zona de influencia del humedal y una limitada disposición de las personas a participar,

se logró entrevistar a dos informantes clave con más de 20 años de presencia en la zona.

Según los informantes clave, en la zona de estudio es común que se alquilen terrenos a los ingenios azucareros como el Ingenio La Cabaña, Ingenio Pichichí y Trapiche La Alsacia S.A., entre otros, siendo algunos de estos terrenos parte del área forestal protectora y su zona amortiguadora. De hecho la relación comercial entre el Trapiche La Alsacia S.A y ECOUPALT ha sido visibilizada desde 2007 por el Trapiche en su página web (La Alsacia, 2012).

El interés particular por ampliar la frontera agropecuaria incide de forma negativa en el humedal. Como se evidenció en las figuras 2, 3 y 4, la zona del humedal experimentó un aumento en las áreas cultivadas de 459,1 ha entre el año 2000 y 2016, siendo la caña de azúcar el cultivo dominante en la matriz del paisaje. Según los informantes clave, 195 familias de diferentes sitios del Valle del Cauca y otras regiones del país, desplazadas por la violencia, junto con desmovilizados del paramilitarismo y campesinos, llegaron a la hacienda Sandrana-Samaria, entre los municipios de Buga y San Pedro, Valle del Cauca. Esta hacienda les fue adjudicada por el Estado y en ella estas familias integraron la empresa ECOUPALT.

En la zona del humedal hay construidas cinco casas (tres de madera y dos de ladrillo) y en ellas no se evidencia la presencia de familias completas establecidas. También, en la zona se encuentran los predios de Sandrana, Samaria, Maracaibo, Quitambre y el Infierno, habitados por familias encargadas de custodiarlos. Por los alrededores del humedal, sólo en escasas ocasiones se ve transitando algunas personas que van a pastorear el ganado vacuno, equinos y escasas aves de corral.

Quienes frecuentan la zona pertenecen a la ECOUPALT. De acuerdo con los informantes clave, una condición para los integrantes de esta organización social, es que no deben construir casas, sólo tienen permiso para actividades agropecuarias. En la actualidad han dejado atrás los cultivos transitorios de maíz, plátano, yuca y maracuyá entre otros, para dedicarse a cultivar caña de azúcar, arrendando los terrenos a los ingenios azucareros y paneleros para que siembren caña, por lo cual reciben beneficios económicos que son más rentables que los cultivos transitorios o de pancoger. Durante la temporada de lluvia, los habitantes desalojan el área y trasladan el ganado vacuno y caballar a otros sitios, debido a la inundación de los suelos, lo cual representa pérdidas para ellos (figura 5); durante la temporada seca retornan a ocupar nuevamente estas áreas con sus semovientes. En la zona, la pesca no es una actividad económica importante.

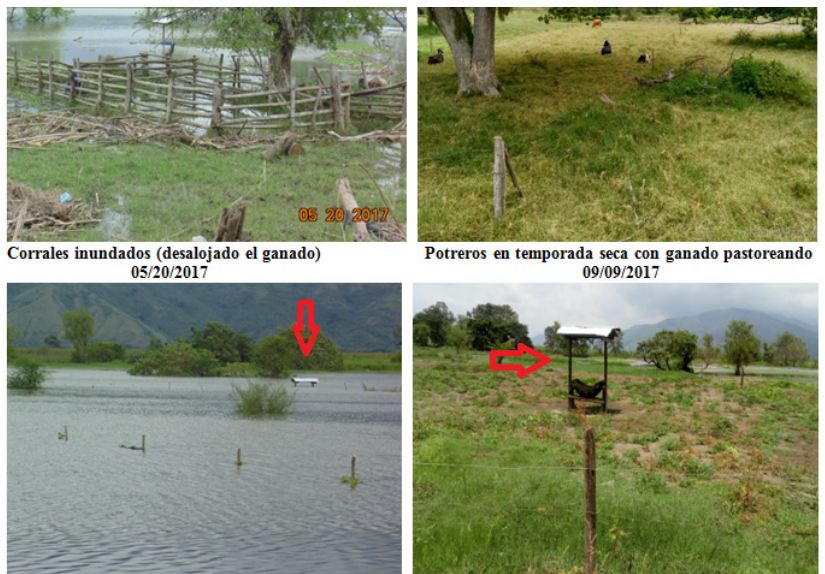


Figura 5. Fotografías del área de estudio en temporada de intensa lluvia y temporada seca.

Fuente: Elaboración propia

El área definida como ganada para el humedal en las imágenes satelitales (figuras 2, 3 y 4), se explica por las inundaciones, debido a que una vez pasa la inundación o se reduce el área inundada, el terreno queda cubierto con plantas acuáticas, principalmente buchón de agua (*Eichhornia crassipe*), permitiendo la ganancia de área para el humedal.

Basado en las entrevistas, también se pudo establecer que, para las personas en el área de estudio, desde 1992, cuando se construyó el Zanjón Burrigá hasta el humedal para prevenir la inundación y valorizar predios, se afectó la calidad de las aguas debido a la presencia de residuos domésticos e industriales provenientes de Buga y varios corregimientos que aportan gran cantidad de contaminantes. La principal amenaza que los informantes reportan para el humedal, es principalmente el Zanjón Burrigá.

Es importante resaltar, que los cambios en el humedal Ciénaga El Conchal Tiacuante son muy similares a lo que sucede en otros humedales del Valle y del mundo. Varios estudios (Restrepo y Morales, 2009; Uribe, 2014) han evidenciado que la problemática ambiental de los humedales en la región es alimentada por los interesados en ganar terreno para el monocultivo de caña de azúcar, principalmente. En el caso particular del humedal ciénaga El Conchal Tiacuante, se evidencian procesos sancionatorios de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC (2016), por la desecación del humedal, tala de especies silvestres y la ampliación de la frontera agrícola para el cultivo de caña de azúcar (Resolución 0740 No.- 000292 de 06 de mayo de 2016) .

Pese a la transformación biofísica del humedal Ciénaga El Conchal Tiacuante y la pérdida en su área en el periodo de estudio, se

puede resaltar que las presiones antrópicas se han reducido tras su declaración como sitio Ramsar, lo que debería comprometer a las autoridades ambientales a fortalecer el control y evitar que los humedales de la región sigan siendo afectados por particulares. En este contexto, el Decreto 1449 de 1977, Artículo 3º, se establece que la franja protectora de un cuerpo de agua es un área no inferior a 30 metros de ancho, paralela a las líneas a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no y alrededor de los lagos o depósitos de agua; pero esto no se hace cumplir en el área de estudio y se evidencia que el humedal en su área forestal protectora alrededor de su perímetro ha sido intervenida para desarrollar labores pecuarias principalmente, incluyendo pastoreo de ganado vacuno y caballar, además del cultivo de caña de azúcar. De acuerdo con Flórez y Aníbal (2004), otros humedales del Valle del Cauca ubicados en Andalucía corregimiento de Campoalegre y el Salto (Valle del Cauca), también carecen de una franja protectora mínima de 30 m alrededor de su perímetro –lo cual infringe lo establecido en el Decreto 1449 de 1977– y que la zona destinada al amortiguamiento forestal está siendo ocupada por el monocultivo de la caña de azúcar, lo cual es muy similar a lo que se pudo establecer en el humedal Ciénaga el Conchal Tiacuante (Restrepo y Morales, 2009). A nivel mundial, la situación de los humedales es muy similar a la presentada en el área de estudio, porque el manejo de los humedales usualmente involucra a múltiples actores (Cohen-Shacham et al., 2015), y lograr su participación es clave para evaluar el valor relativo de diferentes opciones de manejo (Seppelt et al., 2011). Una forma de lograr la participación en los procesos de toma de decisiones que involucran problemáticas ambientales es promoviendo la educación ambiental (Freire y Rodríguez-Perafán, 2018). La restauración ecológica de los humedales es también una forma de confrontar los problemas ambientales de estos ecosistemas, porque con esto se busca detener y revertir su pérdida y degradación (Vargas-Ríos et al., 2012).

Los cambios biofísicos y socioeconómicos encontrados en el humedal Ciénaga el Conchal Tiacuante, en el periodo de análisis (1986-2016), incluyen una reducción de 189.6 ha en su área, así como una ganancia en la cobertura vegetal (cultivo) de 410,7 ha. Lo anterior se asocia al desplazamiento de los límites o fronteras del humedal principalmente para la siembra de caña de azúcar o en menor medida para actividades agropecuarias. Así mismo, otras presiones antrópicas que ha sufrido el humedal en el periodo de análisis se asocian al aislamiento del humedal con el río Cauca, tras la construcción de un jarillón, el cual ocasionó alteraciones hidráulicas en la descarga natural e inadecuada circulación de las aguas, la proliferación de la vegetación acuática invasora, la sedimentación, entre otros. Adicionalmente, el humedal ha recibido un mayor aporte de material orgánico suspendido y concentración de nutrientes aportados principalmente por la descarga al humedal del Zanjón Burrigá que trae consigo aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad de Buga. Ante este contexto, de degradación ecológica del humedal, se requiere implementación de un adecuado programa de educación ambiental y desarrollar estrategias de recuperación, protección y conservación del humedal promoviendo la concientización de la comunidad sobre la importancia de la existencia de la ciénaga del Conchal para que la reconozcan como recurso hidrobiológico de vital importancia para la región.

Se hace necesario que se haga una revisión de los acuerdos a que se llegó inicialmente con los desplazados amparados en Ecoupal y que en la actualidad se dedican a actividades diferentes perjudicando el ecosistema. Por tanto, es necesario que se establezcan visitas frecuentes de monitoreo por parte de la autoridad ambiental y de policía, imponiendo acciones legales para quienes pretendan continuar con el acondicionamiento de terrenos del área del humedal con fines de explotación agropecuaria.

Referencias bibliográficas

- Arango, M., Branch, J. W., y Botero, V. (2005). Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: “LANDSAT – ETM+”. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 58(1), 2611-2634.
- Chuvieco, E. (2002). *Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*. Barcelona, España: Ariel Ciencia.
- Cohen-Shacham, E., Dayan, T., de Groot, R., Beltrame, C., Guillet, F., y Feitelson, E. (2015). Using the ecosystem services concept to analyse stakeholder involvement in wetland management. *Wetlands Ecology and Management*, 23(2), 241-256.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC. (2009). *Humedales del Valle Geográfico del Río Cauca: Génesis, biodiversidad y conservación*. Santiago de Cali, Colombia: CVC.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC. (2016). *Boletín de actos administrativos ambientales*. DAR Suroccidente. Obtenido de https://cvc.gov.co/sites/default/files/Normatividad/Boletin_Actos_Administrativos_Ambientales/Actos_Administrativos_2016/Junio-15-2016.pdf
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC., y Fundación Natura. (2007). *Formulación del plan de manejo ambiental integral de la ciénaga de Tiacuante o el Conchal, ubicada entre los municipios de Guadalajara de Buga y San Pedro*. Santiago de Cali, Colombia: CVC.
- De Groot, D., Brander, L., y Finlayson, C. (2018). Wetland Ecosystem Services. In: Finlayson C. et al. (eds) *The Wetland Book*. Dordrecht. Netherlands: Springer.
- Flórez, P, Moran, E. (2004). *Estudio ambiental de los humedales La Bolsa y Charco de Oro ubicados en el municipio de Andalucía – Valle*. Unidad Central del Valle del Cauca. Facultad de Ingenierías.

- Programa de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales. Tuluá.
- Freire, M., y Rodríguez-Perafán, C.A. (2018). Necesidad emergente de la educación ambiental y la investigación en los contextos universitarios. En M. Cantillo, y A. Buitrago (Eds.), *Nuevas Miradas y Enfoques de Diversas Investigaciones*. Tomo II. Santiago de Cali, Colombia: Universidad Santiago de Cali.
- Gilabert, M. A., González-Piqueras, J., y García-Haro, J. (1997). Acerca de los índices de vegetación. *Revista de teledetección*, 8(1), 1-10.
- Keddy, P. A. (2004). *Wetland Ecology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- La Alsacia (2012). *ECOUPALT. Empresa Comunitaria Unidad de Paz, Libertad y Trabajo*. Obtenido de <http://laalsacia.com/ecoupalt.php#>
- Llano, J.P., y Llano, C. (2004). *Estudio ambiental del estado actual de la ciénaga Tiacuante el Conchal o Samaria ubicada en el corregimiento de Chambimbal, municipio de Guadalajara de Buga, departamento del Valle del Cauca*. Unidad Central del Valle del Cauca.
- Ministerio del Medio Ambiente de Colombia (2002). *Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia*. Bogotá D.C., Colombia: Panamericana Formas e Impresos.
- Mitsch, W. J., y Gosselink J. G. (2007). *Wetlands*. New York, USA: John Wiley and Sons. Inc.
- Oyola Lepe, Natacha (2009). *Identificación de humedales del Norte Grande de Chile utilizando técnicas geomáticas en imágenes satelitales Landsat* Universidad de Chile. http://mascn.forestaluchile.cl/wp-content/uploads/2009/05/Proyecto_Natacha-Oyola.pdf.
- Polidorio, A. M., García, A.M., Nobuhiro, N., y Bueno, M. (2005). *Segmentação de corpos d'água em imagens multiespectrais*

- e temporais usando watershed com marcadores automáticamente definidos. En J. Neves (Presidencia). *Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Congreso llevado a cabo en Goiânia, Brasil.
- Ponce de León, E., y Ponce de León Chaux, E. (2004). *Humedales: Designación de sitios Ramsar en territorios de grupos étnicos en Colombia*. Santiago de Cali, Colombia: WWF.
- Restrepo, C. A., y Morales, E. E. (2009). Cambios en coberturas de áreas y usos del suelo en tres humedales en el Valle del Cauca. *Acta Agronómica*, 58(4), 308-315.
- Salazar, E. P. (2015). *Factores socio-económicos e institucionales implicados en la transformación de uso y cobertura del suelo en paisajes de alta montaña (1990-2014) estudio comparativo en las veredas Chiveche (municipio Guacamayas), Alfaro (municipio San Mateo) y el Hatico (municipio La Uvita), Boyacá - Colombia*. (tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C., Colombia).
- Seppelt, R., Dormann, C.F., Eppink F.V., Lautenbach, S., y Schmidt, S. (2011). A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *J Appl Ecol* 48(3), 630–636.
- Unesco, Oficina de Normas Internacionales y Asuntos Legales Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, (1971). *Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Ramsar Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas*, Irán. París: Unesco
- Uribe, H. (2014). De ecosistema a socioecosistema diseñado como territorio del capital agroindustrial y del Estado-nación moderno en el valle geográfico del río Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Sociología*, 37(2), 121-157.

- Vargas, O., Díaz, J. E., Reyes, S. P., y Gómez, P. A. (2012). *Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia*. Bogotá: Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Grupo de Restauración Ecológica-Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C., Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Yu, X., Ding, S., Zou, Y., Xue, Z., Lyu, X., y Wang, G. (2018). Review of rapid transformation of floodplain wetlands in northeast China: Roles of human development and global environmental change. *Chinese geographical science*, 28(4), 654-664.

CAPÍTULO II.

IMPACTOS AMBIENTALES DE LA INDUSTRIA QUÍMICA: ANÁLISIS DE UN ESTUDIO DE CASO Y PROPUESTA DE MANEJO FRENTE A DERRAMES ÁCIDOS Y/O BÁSICOS

Environmental impacts of the chemical industry: analysis of a case study and management proposal for acid and/or basic spills

Jonathan S. Pelegrín Ramírez

✉ jonathan.pelegrin00@usc.edu.co

🌐 <https://orcid.org/0000-0001-5954-5476>

Jairo Roberto Suárez Galíndez

✉ jaisual@yahoo.com

🌐 <http://orcid.org/0000-0002-9771-9403>

Universidad Santiago de Cali
Cali, Colombia

Cita este capítulo:

Pelegrín Ramírez, J. S. y Suárez Galíndez, J.R. (2021). Impactos ambientales de la industria química: análisis de un estudio de caso y propuesta de manejo frente a derrames ácidos y/o básicos. En: Freire Tigreros, M. E. (Ed. científica). *Tópicos de Gestión Ambiental: Enlazando ciencia, sociedad y educación* (pp. 41-90). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

IMPACTOS AMBIENTALES DE LA INDUSTRIA QUÍMICA: ANÁLISIS DE UN ESTUDIO DE CASO Y PROPUESTA DE MANEJO FRENTE A DERRAMES ÁCIDOS Y/O BÁSICOS

*Jonathan S. Pelegrín Ramírez
Jairo Roberto Suárez Galíndez*

RESUMEN. El impacto ambiental del sector industrial ocasionado por derrames accidentales de ácidos y de bases genera la necesidad de proponer soluciones químicamente amigables, que permitan mitigar este tipo de percances y contribuyan así a procesos industriales más sostenibles. En este contexto, se plantea una alternativa de solución empleando una mezcla anfótera de neutralización. El análisis de caso se realizó en la empresa Quimicol S.A., en la cual se caracterizó la ocurrencia de los derrames de sustancias líquidas peligrosas para conocer los contextos y percepciones de los trabajadores frente a los mismos, encontrando conocimiento significativo en el personal técnico. Sin embargo, se detectó exceso de confianza en el manejo de siniestros por parte de operarios de transporte, pero no un manejo correcto en muchos casos. Asimismo, se evaluó la eficacia de diversas combinaciones con potencial de neutralización frente a ácidos (HCl) y bases (NaOH). Se determinó que la concentración más eficaz fue la mezcla 5 constituida por un 40% de $MgSO_4$ y 60% de MgO . Igualmente, las pruebas con materiales mostraron también que los paños poliméricos resultan ser los materiales más eficaces en contención de derrames. Finalmente, este trabajo plantea una alternativa económica, viable y asequible para la mitigación y prevención de los derrames químicos. Desde el enfoque de este libro

recomendamos una fuerte articulación de ciencia y educación, lo cual redundará contundentemente en la reducción de accidentes y en una cultura de cuidado y conciencia ambiental.

PALABRAS CLAVE: neutralización ácido-base, desactivación, anfótero, contaminación química, plan de emergencia.

ABSTRACT. The environmental impact of the industrial sector caused by accidental spills of acids and bases generates the need to propose chemically friendly solutions, which allow mitigating these types of mishaps and thus contribute to more sustainable industrial processes. In this context, an alternative solution is proposed through the evaluation and study of an optimal absorbent material and the use of an amphoteric product. In this context, an alternative solution is proposed using an amphoteric neutralization mixture. The case study was carried out in the Quimicol S.A. company, which the occurrence of spills of dangerous liquid substances was characterized to know the contexts and perceptions of the workers regarding them, finding significant knowledge in the technical staff. However, we detected overconfidence in handling of claims by transport operators, but not correct handling in many cases. Also, we evaluate the efficacy of various combinations with neutralization potential against acids (HCl) and bases (NaOH). The most effective concentration was the solution number 5, consisting of 40% (MgSO₄) and 60% (MgO). Likewise, material tests also showed that polymeric wipes turn out to be the most effective materials in containing spills. Finally, this work proposes an economic, viable and affordable alternative for the mitigation and prevention of chemical spills, from the focus of this book we recommend a strong articulation between science and education, which will strongly

result in the reduction of accidents and improving culture of environmental care and awareness.

KEYWORDS: acid-base neutralization, deactivation, amphoteric, chemical contamination, emergency plan.

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la crisis ambiental global, la contaminación química originada por la industria compromete la biodiversidad y la conservación de las especies en los ecosistemas terrestres y acuáticos, origina muertes, daños reproductivos, descensos poblacionales, alteraciones hormonales, enfermedades hepáticas, daños en la tiroides y poca incubación, malformaciones y feminización (Camargo y Alonso, 2007; Walker et al., 2012). Diversos organismos tienen la capacidad potencial de almacenar ciertos contaminantes del ambiente (bioacumulación) en sus tejidos, lo cual hará que los organismos que se alimenten de ellos consuman los contaminantes y en la medida que los estos avanzan en las cadenas tróficas, dosis cada vez más altas se verán reflejadas en especies pertenecientes a los eslabones más altos (biomagnificación) (Ali y Khan, 2019). Ambos procesos impactan en los ecosistemas, reduciendo la diversidad y abundancia de especies (Driscoll et al., 2003; Walker et al., 2012). La exposición a las sustancias químicas peligrosas puede ocasionar en los ecosistemas, eutrofización, pérdida de nutrientes, disminución del tamaño de los organismos, de las cadenas alimentarias y de los servicios ecosistémicos, así como cambios en la actividad enzimática, mutaciones de ADN, fijación del nitrógeno, tumores, entre otras afectaciones (Cockerham y Shane, 2019, Walker et al., 2012).

Actualmente, muchos productos químicos empleados en diversos sectores industriales pueden afectar al ser humano, ocasionando problemas tópicos, así como en vías respiratorias y otros sistemas del organismo, e incluso muchos pueden llegar a ocasionar la muerte debido a su toxicidad y nivel de concentración, igualmente muchos compuestos poseen un destacado potencial ecotoxicológico (Walker et al., 2012; Nicolopoulou-Stamati et al., 2016). Por tanto, la salud humana estará intrínsecamente ligada a la salud ambiental (Barrett et al., 2011). Dado el incremento en las demandas de productos y servicios a nivel global, el desarrollo de nuevos productos y el uso de materias primas del orden químico se ha incrementado en los últimos años (Smith, 2016).

De acuerdo con la regulación para el transporte de material químico peligroso, este implica un manejo adecuado de la sustancia en caso de presentarse derrame, lo cual conlleva a la aplicación de un protocolo de tratamiento que retenga y desactive la sustancia, para mitigar su impacto sobre el medio ambiente (Minambiente, 2003). En este sentido, la Asociación Chilena de Seguridad, ACHS (2011), define el derrame químico como “cualquier liberación no prevista de una sustancia química peligrosa. El nivel de riesgo dependerá de las características de cada sustancia y de los procesos que la utilicen”. Asimismo, una sustancia peligrosa puede ser un elemento, compuesto, mezcla o solución que al ser liberada al ambiente puede generar peligro momentáneo permanente para la salud pública o del ambiente (Meyer, 1999; Sarmiento Ortiz et al., 2003; Smith, 2016).

Por otro lado, existe poca investigación científica publicada sobre derrames de sustancias químicas ácidas y básicas inorgánicas, analizando el impacto ambiental de dichos derrames y las secuelas que a mediano y largo plazo puedan generar dichos derrames en el

aspecto ambiental. El mayor porcentaje de producción científica se enfoca principalmente hacia el derrame de hidrocarburos y alternativas de biorremediación frente a los mismos (Baniyadi y Mousavi, 2018; Chen et al., 2019; Zhang et al., 2019). Los derrames ácidos y básicos acuosos se dispersan de forma rápida y dada su capacidad de disolución son más contaminantes en la columna de agua que los de petróleo, los cuales se esparcen sólo en la superficie dada su naturaleza hidrofóbica. Sin embargo, estos últimos suelen asociarse con mayor frecuencia y visibilidad con desastres ambientales dado el impacto mediático y sensibilidad que generan (Gil Agudelo et al., 2015). En este sentido, el análisis del impacto de compuestos ácidos y básicos de amplio uso es fundamental dadas sus profundas consecuencias ambientales. En el caso de estos compuestos, el efecto ambiental del derrame estará ligado principalmente a variaciones en el pH del medio, lo cual dependerán de la cantidad (volumen) y concentración del líquido vertido (French-McCay et al., 2008). Pese a su control y protocolos de manejo, los derrames de sustancias químicas pueden tener por causas factores humanos, mecánicos, de operación o mantenimiento durante los procesos industriales como daños en válvulas, aberturas en contenedores, impactos o deterioros estructurales que generan goteo o pérdidas de las sustancias (Castro-Delgado y Arcos-González, 1998; Alcántara-Garduño & Ramírez-Camacho, 2012).

En el sector industrial, son muchos los productos químicos que durante su cadena de producción, abastecimiento, transporte y disposición (CaPATD) pueden generar un derrame con sus respectivas afectaciones. En el caso de las sustancias ácidas y básicas, el ácido clorhídrico (HCl) y la soda cáustica o hidróxido de sodio (NaOH), son ampliamente usados en diversos procesos industriales tales como la producción de papel o la elaboración de jabones y detergentes.

De acuerdo la norma NFPA 704, el HCl se clasifica con riesgo de peligrosidad cero (0) indicando riesgo por inestabilidad, aunque es un material corrosivo que no se quema. Mientras, el NaOH se clasifica con riesgo de peligrosidad tres (3), material que bajo una corta exposición puede causar daños temporales o permanentes (National Fire Protection Association, 2012). El ácido clorhídrico es un líquido incoloro o ligeramente amarillo, peligroso, corrosivo e higroscópico (Merck, 2015). Por su parte, el NaOH es un sólido blanco e higroscópico, su disolución en agua genera una base fuerte y calor, la cual reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales (Merck, 2017). Los ácidos inorgánicos (como el HCl) en contacto con la piel, pueden generar irritación de los ojos y quemaduras (Cartotto et al., 1996) y la inhalación de los gases de hidróxido de sodio (NaOH) puede ocasionar problemas respiratorios y sangrados (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2011). Estos productos pueden causar alteración del sistema nervioso e inclusive la muerte de seres humanos y otros seres vivos (Leung y Paustenbach, 1990; Walker et al., 2012). En el ambiente, estas sustancias pueden ocasionar deterioro de las condiciones fisicoquímicas de los suelos y cuerpos de agua, debido a variaciones drásticas en el pH, los rangos fisiológicos de tolerancia de muchos organismos no hacen posible su supervivencia frente a estas alteraciones en las condiciones abióticas del hábitat (Walker et al., 2012; Cockerham y Shane, 2019).

Los tres factores que determinan si un derrame de materiales es peligroso o no, son: la cantidad de la sustancia, las características de la sustancia y su ubicación (American Chemical Society, 1995). Los derrames químicos pueden ocurrir dentro y fuera de las fábricas, en el interior de laboratorios, en camiones cisterna, en tambores, en carreteras y en tuberías. En Colombia, de acuerdo con las estadísticas de los centros de información de seguridad del país, los derrames de

productos químicos aumentan año tras año, y en gran proporción aquellos ocurridos durante las actividades de almacenamiento y transporte por carretera (Consejo Colombiano de Seguridad, 2017). La ACS, clasifica los derrames como mayores o menores pero enfocada en condiciones de laboratorio, considerando los derrames menores como aquellos en cantidades inferiores a un litro y que no ocasionan incendios inmediatos, ni sensación de inseguridad o peligro para el medio ambiente o la salud humana (American Chemical Society, 1995; Minambiente, 2012).

En el contexto de los derrames ácidos y básicos y sus efectos en los ecosistemas, el proceso de neutralización o desactivación ácido-base resulta importante para plantear una alternativa de solución; este se basa en el principio de restaurar y mantener el pH en niveles adecuados para asegurar la supervivencia de las especies, contribuyendo así a minimizar los posibles impactos generados a nivel industrial en los ecosistemas. Asimismo, es importante conocer cómo los organismos han desarrollado mecanismos bioquímicos de manera óptima en medios intra y extracelulares relativamente neutros (Harper et al., 2016); por ejemplo, el pH del suelo que asegura la vida se encuentra en el rango de 7.35 a 7.45; el pH del suelo donde crecen las plantas puede tener influencia en el contenido mineral de los alimentos debido a que los minerales actúan como amortiguadores para mantener el pH. Así, el pH ideal del suelo para asegurar la disponibilidad de nutrientes esenciales se encuentra en el rango de 6 y 7 (Walker et al., 2012). Los suelos ácidos con pH inferior a 6 pueden disminuir la disponibilidad de calcio y el magnesio, y el suelo con un pH superior a 7 puede contribuir en la acumulación excesiva de hierro, manganeso, cobre y zinc. A nivel global, el pH del océano ha disminuido en los últimos tiempos, afectando la vida de especies acuáticas y afectando fuertemente a diversos ensamblajes

coralinos (Doney et al., 2009). Por ello, adicionar una sustancia de carácter ácido para neutralizar o desactivar el efecto de una sustancia básica o agregar una sustancia básica para neutralizar o desactivar una sustancia ácida pueden contribuir con el restablecimiento del equilibrio ambiental (Abdullah et al., 2012; Sahu y Chaudhari, 2013).

La acidificación o alcalinización de los suelos se origina por la transferencia de iones hidronio o iones hidroxilo, como ocurre cuando se presentan derrames líquidos que involucran la vegetación, el suelo y los minerales presentes en el suelo y resultan ser procesos irreversibles. Asimismo, variaciones considerables en la acidez y alcalinidad del suelo asociados, pueden estar relacionados con problemas de crecimiento en las plantas por exposición a valores de pH extremos para sus rangos fisiológicos óptimos (Bohn et al., 2002; Xu et al., 2006; Rivera et al., 2018). Sin embargo, se evidencia la falta la investigación de los procesos o causas responsables de la acidificación o alcalinización de los suelos, siendo ampliamente discutida su capacidad de resiliencia frente a la contaminación química (Schaeffer et al., 2016). La causa última de la acidez del suelo a menudo se atribuye a la presencia de ácidos orgánicos, la captación de cationes o la nitrificación (Breemen et al., 1983; Fries y Mihalovic, 2011).

La desactivación es un “método, técnica o proceso utilizado como pretratamiento para volver inertes los residuos peligrosos y similares, de manera que puedan transportarse y almacenarse previamente a la incineración o envío al relleno sanitario” (Ministerio de Salud, 2010). Esta definición está enfocada en el contexto de residuos peligrosos hospitalarios, aunque resulta útil para este trabajo dado que se pretende más que llevar el pH a un valor de 7.0 en un derrame, regular su impacto por lo cual se adopta el término ya que en el argot químico no se define. El proceso de desactivación de los derrames,

dependiendo de la naturaleza de la sustancia, se constituye en una técnica de neutralización (Morris y Cook, 1994) (USA Patente n° 5.342.543), precipitación-adsorción (Gubela, 1988) (USA Patente n° 4.769.084, 1988), (Palm et al., 2004) (USA Patente n° 10/675.812) y/o absorción (Johnson, 1989) (USA Patente n° 4.840.734). La neutralización es la reacción de un ácido con una base en que se forma una sal y agua. Después de reaccionar todo el ácido y toda la base, el pH de la disolución será 7 (neutro); de ahí el nombre de neutralización para el proceso (Sahu y Chaudhari, 2013). Por otro lado, de acuerdo con el Decreto 1609 de 2002, la mitigación puede definirse en el contexto colombiano como “aquellas medidas de intervención dirigidas a reducir o minimizar el riesgo o contaminación” (Presidencia de la República de Colombia, 2002), resulta entonces que la desactivación se constituye en la principal forma de tratamiento de los derrames de sustancias peligrosas (Yilmaz et al., 2020).

Actualmente, diferentes tipos de sustancias son usadas para la desactivación de los derrames, por ejemplo, derrames ácidos son desactivados usualmente con carbonato o bicarbonato de sodio mientras que las bases son desactivadas con ácido cítrico, ácido ascórbico o ácido acético líquido (Grainger Inc., 2015). Otra forma de tratar los derrames ácidos o básicos consiste en utilizar un agente sólido de tal forma que se genere un sólido o pasta fácil de recoger (American Chemical Society, 1995). Usualmente el material para el tratamiento de los derrames consta de un material absorbente y otro componente que contribuye con la desactivación del producto, generalmente una solución amortiguadora. Comúnmente, está constituida por una mezcla de un ácido débil y una sal del mismo ácido proveniente de una base fuerte o también, una base y una sal de esta base proveniente de un ácido fuerte (Harper et al., 2016).

Considerando el fuerte impacto que el desarrollo industrial ha generado en los diferentes ecosistemas del planeta, surge la necesidad de articular Ciencia y Educación Ambiental como alternativa clave para generar los cambios sociales y culturales necesarios, con miras en capacitar y formar de manera integral al individuo, de tal manera que aplique sus conocimientos, habilidades y experiencias en la comprensión y solución de las problemáticas ambientales (Pita-Morales, 2016). Esto le permite a la persona comprender que la contaminación química ocasionada por la industria exige implementar una ética frente a la actividad productiva y profesional, así como frente a un sistema que promueve el consumismo. En el campo industrial, la educación ambiental debe formar a la persona con actitud crítica y en valores para enfrentar los nuevos desafíos y participar en acciones que permitan alcanzar un desarrollo sostenible, esto sustenta la importancia de la formación y educación científica centrada en el medio ambiente para todos los ciudadanos (Afsah et al., 1996; Cutter-Mackenzie & Smith, 2003).

De acuerdo al contexto planteado, este trabajo pretende generar una propuesta para una mezcla generada a partir de sales de magnesio (a la que se ha denominado NeutroMag-D). Los componentes que se emplean son $MgSO_4$ anhidro y MgO , en lugar de óxido de calcio o cal viva (CaO) como método convencional en muchos casos, el cual además presenta restricción para su transporte y utilización dentro del territorio nacional (Resolución 009 de 2009, República de Colombia). De esta manera, el uso de una mezcla magnésica presenta ventajas técnicas y logísticas. Asimismo, la mezcla presenta propiedades anfóteras, son sustancias de fácil manipulación, estables a las condiciones ambientales, relativamente económicas y tienen un riesgo químico de nivel bajo. Específicamente, el sulfato de magnesio anhidro presenta cristales blancos, es poco tóxico, no

inflamable, muy soluble en agua y con potencial fertilizante. Por tanto, este trabajo evalúa la efectividad de la mezcla magnésica, dentro del plan de contingencia para desactivar los derrames líquidos ácidos y básicos. Se espera que este trabajo pueda ser un importante punto de partida para mitigar el impacto ambiental debido a la contaminación por el HCl y el NaOH generadas en la industria. Finalmente, considerando el papel clave de la Educación como puente entre la Ciencia y la Sociedad, este trabajo también propone una herramienta pedagógica que permite fortalecer a los actores industriales de los derrames ácidos y básicos sobre medidas de precaución, afectaciones al medio ambiente y sus ecosistemas, así como en protocolos de actuación frente a esta emergencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de Estudio

Este trabajo fue desarrollado en las áreas de producción, transporte y laboratorio de la empresa Quimicol S.A., especializada en la producción de químicos derivados de la sal como el NaOH, NaClO, HCl y cloro gaseoso. La empresa está ubicada en el kilómetro 13 de la autopista Cali-Yumbo, sector Cencar. Asimismo, el contexto espacial de estudio involucró las instalaciones y el laboratorio de la firma Phoenix Products Colombia, ubicada en Santiago de Cali y proveedora de productos y servicios medioambientales para la industria.

Indagación sobre la frecuencia en derrames químicos dentro y fuera de la empresa

A manera exploratoria se realizaron entrevistas al personal de planta, laboratorio y transporte con quienes se indagó sobre los accidentes químicos ocurridos en la empresa, cuáles tenían que ver con compuestos ácidos y alcalinos, cantidad vertida y cómo fue el manejo que se dio frente a la contingencia ocurrida. Esto permitirá comprender el contexto de la ocurrencia de los eventos, así como su potencial afectación humana y ambiental.

Evaluación de la capacidad absorbente de los materiales para contener el derrame

Previamente a efectuar la evaluación de la eficacia de desactivación de la mezcla magnésica, fue importante evaluar por comparación diferentes materiales absorbentes como: gránulos de zeolita², aserrín y materiales poliméricos (en forma de bayetas o paños, rollos, almohadas y medias³) para seleccionar los de mejor eficacia. Mediante la simulación de derrames con agua tratada para minimizar riesgos, se definió la carga como la cantidad (volumen) de líquido que cada material evaluado puede absorber, además que existe una analogía en la presentación comercial que tienen los ácidos y bases que se manipulan y transportan en solución líquida. Posteriormente a los ensayos de estandarización con agua en la capacidad absorbente, cada uno de los materiales mencionados

-
- 2 La zeolita es un tipo de arcilla natural de origen volcánico que tiene la propiedad de capturar iones en el suelo, aumentando la productividad del sistema suelo-planta y reduciendo la contaminación de las aguas subterráneas
- 3 En la industria química, dichos elementos son llamados materiales naturales o poliméricos

posibles para retener derrames líquidos de sustancias corrosivas, se sometieron a pequeños derrames de ácido clorhídrico al 32% peso/peso e hidróxido de sodio al 50% peso/peso.

Para efectos de comparación entre los diversos tipos de materiales absorbentes, se definió el indicador eficacia, E_f , como el volumen absorbido del líquido en cada escenario (ácido/básico), por kilogramo requerido del material, se utilizó la fórmula:

$$E_f = [V_1 / (W_i - W_f)] * 1000$$

Donde:

V_1 : Volumen (ml) absorbido de la sustancia en laboratorio

W_i : Peso inicial en recipiente que contenía el material absorbente (A), caja de Petri o vaso de precipitado.

W_f : Peso final en recipiente que contenía el material absorbente (A), caja de Petri.

Material es empleados para los ensayos

Se empleó un kilo de cada material absorbente para el trabajo de laboratorio. Estos materiales poliméricos se cortaron en cuadrados de 5 cm x 5 cm. Igualmente se usaron dos vasos de precipitado de 500 ml, una probeta de 1000 ml, dos cajas de Petri, tres muestras de hidróxido de sodio (NaOH) al 50% y tres muestras de ácido clorhídrico (HCl) al 32% peso/peso, una báscula electrónica y finalmente, un agitador electromagnético.

Especificaciones de los ensayos y simulaciones de los derrames en laboratorio

Teniendo en cuenta la información consultada en la literatura científica y técnica, en particular la patente de Mandel et al. (1989) (USA Patente n° 4.865.761), que relaciona diferentes componentes de una mezcla sólida empleada para neutralizar derrames líquidos de ácidos y básicos, se determinó emplear sulfato de magnesio anhidro ($MgSO_4$) y óxido de magnesio (MgO) como componentes de la mezcla sólida que se ha denominado (NeutroMag-D). Para analizar la efectividad de los diversos ensayos (mezclas), las variables consideradas en el estudio fueron la concentración en porcentaje de los reactivos, el grado de agitación de los sólidos y el pH de la mezcla.

Se analizaron cinco mezclas diferentes de los componentes escogidos con magnesio ($MgSO_4$ y MgO), variando su concentración en peso y se probaron con muestras alcalinas y ácidas para determinar si lograban desactivar los derrames y, por tanto, alcanzaban la regulación del pH. Las cinco mezclas se establecieron variando su concentración peso a peso en diferentes porcentajes 1(20-80), 2 (25-75), 3 (30-70), 4 (35-65) y 5 (40-60) y se probaron con muestras de NaOH al 50% y HCl al 32% para determinar si lograban desactivar derrames alcalinos y ácidos por la regulación del pH. Para cada ensayo, se construyó un perfil de pH y se determinó la cantidad y concentración óptima de la mezcla que lograría mitigar el impacto del potencial derrame. Asimismo, se tuvo en cuenta comparar el resultado del pH obtenido con el límite máximo permisible establecido en la Resolución 631 de 2015 para Colombia, el cual se encuentra en el intervalo de 6 a 9 (República de Colombia, 2015).

Inicialmente, se realizó la preparación de los materiales de zeolita y aserrín, se pesaron y se ubicaron en cajas de Petri, dado su volumen específico menor. Los materiales poliméricos se ubicaron en vasos de precipitado, ambos se pesaron secos inicialmente. En otra caja de Petri, se ubicaron para un primer ensayo, 10 mililitros de solución de ácido clorhídrico (HCl) al 32% peso/peso (V1). A este derrame simulado 1, paulatinamente se fue adicionando zeolita desde la caja de Petri; gradualmente la caja de Petri con el derrame se agitó de forma lenta hasta observar que el líquido fuera totalmente absorbido por el material. La misma experiencia se replicó con el aserrín. Asimismo, con ambos materiales se repitió la experiencia con soda caustica (NaOH) al 50% peso/peso. Luego que se observó total absorbancia del material, se registró para cada caso el peso del material resultante en la caja Petri. De forma similar se procedió para los materiales poliméricos, realizando estos ensayos en vasos de precipitado, en los cuales se agregaron 100 mililitros de solución de ácido clorhídrico (HCl) al 32% peso/peso (V1). Seguidamente se fueron adicionando trozos de material, el vaso precipitado se agitó lentamente hasta que el líquido fue totalmente absorbido por el material. Se repitió la experiencia para cada uno de los materiales con NaOH al 50% peso/peso. Finalmente, se registró para cada caso, el peso del material resultante en el vaso de precipitado.

Proceso de desactivación de una base fuerte y de un ácido fuerte en cada mezcla probada

Mezcla 1. A 5 g de solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 50% y a 5 g de solución de ácido clorhídrico (HCl) al 32%, por separado, se agregaron respectivamente 20 ml y 30 ml de la mezcla de NeutroMag-D al 1% y se midió el pH inicial de cada mezcla. Luego,

se agregaron 5 ml de la muestra a la mezcla de la base y 10 ml de la muestra a la mezcla del ácido, en forma gradual y se midió de nuevo el pH. Posteriormente, se realizaron adiciones de 5 ml hasta completar 545 ml de mezcla con la base y adiciones de 10 ml hasta completar 290 ml de mezcla con el ácido y se determinó el valor de pH en cada caso.

Mezcla 2. A 5 g de solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 50% y a 5 g de solución de ácido clorhídrico (HCl) al 32%, por separado, se agregaron respectivamente 15 ml y 30 ml de la mezcla 2 de NeutroMag-D al 1% y se midió el pH inicial de cada mezcla. Luego, se agregaron 5 ml de la muestra a la mezcla de la base y 10 ml de la muestra a la mezcla del ácido, en forma gradual y se midió de nuevo el pH. Posteriormente, se realizaron adiciones de 5 ml hasta completar 445 ml de mezcla con la base y adiciones de 10 ml hasta completar 220 ml de mezcla con el ácido y se determinó el valor de pH en cada escenario.

Mezcla 3. A 5 g de solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 50% y a 5 g de solución de ácido clorhídrico (HCl) al 32%, por separado, se agregaron respectivamente 15 ml y 30 ml de la mezcla 3 de NeutroMag-D al 1% y se determinó el pH inicial de cada mezcla. Luego, se agregaron 5 ml de la muestra a la mezcla de la base y 10 ml de la muestra a la mezcla del ácido, en forma gradual y se midió de nuevo el pH. Seguidamente, se realizaron adiciones de 5 ml hasta completar 165 ml de mezcla con la base y adiciones de 10 ml hasta completar 220 ml de mezcla con el ácido y se determinó el valor de pH en cada caso.

Mezcla 4. A 5 g de solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 50% y a 5 g de solución de ácido clorhídrico (HCl) al 32%, por separado, se agregaron respectivamente 20 ml y 30 ml de la mezcla 4 de

NeutroMag-D al 1% y se determinó el pH inicial de cada mezcla. Consecutivamente, se agregaron 5 ml de la muestra a la mezcla de la base y 10 ml de la muestra a la mezcla del ácido, en forma gradual y se midió de nuevo el pH. Seguidamente, se realizaron adiciones de 5 ml hasta completar 108 ml de mezcla con la base y adiciones de 10 ml hasta completar 220 ml de mezcla con el ácido y se determinó el valor de pH en cada situación.

Mezcla 5. A 5 g de solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 50% y a 5 g de solución de ácido clorhídrico (HCl) al 32%, por separado, se agregaron respectivamente 20 ml y 30 ml de la mezcla 5 de NeutroMag-D al 1% y se determinó el pH inicial de cada mezcla. Paulatinamente, se agregaron 5 ml de la muestra a la mezcla de la base y 10 ml de la muestra a la mezcla del ácido, en forma gradual y se midió de nuevo el pH. Seguidamente, se realizaron adiciones de 5 ml hasta completar 95 ml de mezcla con la base y adiciones de 10 ml hasta completar 220 ml de mezcla con el ácido y se determinó el valor de pH en cada evento.

La tabla 1, evidencia los componentes de la mezcla NeutroMag-D así como la concentración de hidróxido de sodio (NaOH) y de ácido clorhídrico (HCl), empleados en las pruebas de laboratorio.

Tabla 1. Reactivos empleados para desactivación de NaOH y HCl.

Reactivo	Concentración/grado
NaOH	50%
HCl	32%

TÓPICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL:
ENLAZANDO CIENCIA, SOCIEDAD Y EDUCACIÓN

MgSO ₄ anhidro	Grado comercial
MgO	Grado comercial
Agua destilada	-

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la información de la tabla 1, se observa que la empresa Quimicol S.A. produce, manipula, transporta y comercializa ácidos y bases con una concentración relativamente alta lo cual constituye un riesgo para la salud humana y ambiental. En cuanto al grado de pureza comercial de las materias primas para elaborar el producto NeutroMag-D, corresponde a una pureza alta del 98% para el MgSO₄ y, del 90% para el MgO.⁴ La tabla 2 resume los datos de la concentración peso a peso para los componentes sulfato de magnesio y óxido de magnesio, en cada una de las cinco mezclas experimentales de prueba para el producto NeutroMag-D. De la muestra 1 a la 5, la concentración de sulfato de magnesio se incrementa mientras que la concentración de óxido de magnesio se disminuye.

Tabla 2. Variación de la concentración de los componentes de NeutroMag-D

Muestra de producto	MgSO₄ % w/w	MgO % w/w
NeutroMag-D1	20	80
NeutroMag-D2	25	75

⁴ Grados establecidos en las hojas de seguridad de la empresa colombiana Atequímicos SAS.

NeutroMag-D3	30	70
NeutroMag-D4	35	65
NeutroMag-D5	40	60

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ocurrencia de derrames químicos dentro y fuera de la empresa

A manera de exploración para conocer la incidencia de accidentes por derrames, las entrevistas aplicadas al personal de planta, laboratorio y transporte sobre la ocurrencia de accidentes químicos logró establecer que han ocurrido seis derrames líquidos al interior de Quimicol S.A., tres de los cuales corresponden a ácido clorhídrico (HCl) con una concentración en peso del 37%, presentados en un tanque, un carrotanque y en un área de almacenamiento, a temperatura ambiente y humedad relativa del 65%; las causas de los derrames están asociadas a fallas mecánicas en el sensor de nivel de líquido, ausencia de tapa en forma de rosca en la línea del vehículo y desperfectos en la válvula para manipular el producto. Se desconoce las cantidades derramadas mientras que los planes de contingencia seguidos fueron detención del llenado del tanque y cierre de la válvula de drenaje para reducir su paso, puesto que resultaba confuso saber cuándo estaba abierta o cerrada. Estos casos verifican la posibilidad de ocurrencia de accidentes por diferentes causas al manipular sustancias peligrosas.

De igual forma, se conoció de la existencia de dos derrames de hidróxido de sodio (NaOH), con una concentración en peso del 50%

dentro de la planta, uno de ellos catalogado como derrame mayor dado su volumen (cerca de 700 litros) mientras que para el otro caso se desconoce la cantidad derramada; uno de ellos presentado en el intercambiador de calor 240 de la planta 1, mientras que el otro fue en el área de almacenamiento de ósmosis, a temperatura ambiente y humedad relativa del 65%, debido a fallas en el empaque de la línea y el desprendimiento de válvula. Los planes de contingencia seguidos fueron la contención del producto que salió del dique a través de un tubo de evacuación para aguas lluvias (sin válvula), recolección del producto derramado utilizando una bomba, limpieza del área y bloqueo del área aledaña con materiales absorbentes para evitar la llegada del mismo hacia el canal de aguas lluvias. En estos derrames ácidos y básicos presentados, se precisa la necesidad de aplicación de un plan de emergencia rápido, seguro y efectivo que mitigue su impacto ambiental.

El sexto evento accidental ocurrido dentro de la compañía no fue de carácter ácido ni básico, sino salino, se presentó un derrame líquido de cloruro férrico (FeCl_3) al 96%, del cual se desconoce la cantidad vertida; sin embargo, también se recalca su importancia dada su capacidad corrosiva frente a los metales, presentar toxicidad aguda, causar irritación y sensibilización cutánea, y lesiones oculares graves en humanos (Menéndez et al., 2015). La causa de este derrame está relacionada también con fallas mecánicas por el daño de válvula, los planes de contingencia seguidos fueron el traslado al área de cloruro férrico líquido para aprovechamiento en el proceso, contención de parte del producto en cajas de inspección y desvío del efluente contaminado hacia la laguna de contingencia.

Asimismo, cabe recalcar que el impacto de la industria química no está restringido únicamente a los derrames ocurridos en el

interior de la empresa. La existencia de tres casos de derrames líquidos externos a Quimicol S.A., permite demostrar que aquellos pueden ocurrir dentro y fuera del sector industrial, en carreteras, tuberías, en poblaciones y en general en diversos lugares, lo cual hace más relevante el hecho de generar alternativas de manejo en pro de mitigar el impacto ambiental de los derrames. De acuerdo con el sondeo realizado entre trabajadores y operarios, se menciona un accidente con ácido clorhídrico (HCl), en el sitio La Felisa - Supia, ocurrido a temperatura ambiente y humedad relativa del 65%, transportado en un carro tanque, éste fue originado por goteo debido a una abertura en el tanque de almacenamiento del vehículo transportador del producto; el jabón que se había colocado como elemento de contención fue expulsado por la presión del líquido y se inició la fuga del mismo; la cantidad derramada fue de 16900 kg, lo cual se corresponde con un derrame mayor. Los planes de contingencia seguidos fueron la contención del goteo empleando jabón y posteriormente tierra, aserrín y pija de madera, inmovilización y aislamiento del vehículo y vertimiento del líquido del carro tanque a un tanque de recibido.

El segundo incidente relacionado con hidróxido de sodio (NaOH) al 50% se produjo en el sitio Jabonerías Hada, Manizales, a condiciones de manipulación y almacenamiento de temperatura ambiente y humedad relativa del 65%. es un ejemplo de las causas por operación en el transporte, debido a la inclinación que experimentó el tanque del vehículo hacia el lado derecho (mirando de frente), al tratar de tomar una curva en la parte baja del barrio Malhabar, sin que se presentara fuga de la sustancia, para lo cual se realizó la inmovilización, soporte del vehículo con tacos de madera y gatos hidráulicos así como trasiego a otro vehículo como alternativa para contrarrestar este caso. El personal de bomberos tomó la decisión

de depositar el contenido de dos volquetas con tierra cerca del lugar de los hechos, de manera preventiva para evitar que la sustancia se desplazara y afectara los alrededores donde ocurrió el vertido.

El tercer caso de accidente externo a Quimicol S.A no está asociado con un derrame ácido o básico sino con hipoclorito de sodio (NaClO) al 13%. Este fue originado por una fuga debida al rompimiento de la tubería y posterior desprendimiento de las válvulas de descargue del carrotanque que lo transportaba mientras estacionaba; ocurrió en la vereda de Piles, Palmira, en condiciones de temperatura ambiente y humedad relativa del 65%. Resulta importante mencionarlo debido a que el NaClO es una sustancia corrosiva que puede causar quemaduras en la piel y en los ojos e irritación respiratoria en las personas (Ardila-Hani et al., 2018). Igualmente, la cantidad derramada fue significativamente alta (10.080 kg), para lo cual fue necesario la construcción de un par de pijas para disminuir la presión del producto y la canalización de la sustancia derramada hacía un aljibe, para luego extraerla con una bomba hacia recipientes apropiados como medida de contingencia.

De acuerdo con la información derivada de las entrevistas al personal de Quimicol S.A, puede notarse que los transportadores son diestros en su actividad y recursivos al tratar de contrarrestar fugas en las tuberías de los vehículos. Sin embargo, debido a su nivel académico (primaria o bachillerato) desconocen la fundamentación técnica sobre sustancias corrosivas que podrían colocar en riesgo su seguridad, la de las personas que se encuentren a su alrededor y la de los propios vehículos. Por el contrario, el personal de planta y laboratorio conoce y aplica los conceptos, fichas de seguridad y protocolos de seguridad frente a derrames líquidos. De acuerdo con lo evidenciado, resulta necesaria la aplicación de un modelo educativo

para la formación profesional integral donde los diferentes actores puedan interactuar entre sí, compartir conocimientos, experiencias y fortalecer sus habilidades (Konan, 2017). De esta manera, compartiendo los resultados derivados del levantamiento de información sobre los casos de derrame y sus características, así como los resultados experimentales de los procesos de desactivación ácida y básica, se podrá constituir un plan de contingencia y prevención para abordar el problema de contaminación y afectación por derrames con resultados amigables para el ambiente y las personas involucradas con ellos. Así se podrá fortalecer, confrontar y capacitar a los actores sobre las medidas de precaución y protocolos de actuación frente a este tipo de emergencias (Mendoza Bellio, 2011).

Capacidad absorbente de los materiales para contener el derrame

En relación a la comparación de la absorbancia de materiales de diferente naturaleza para seleccionar los de mejor eficacia en la contención de los potenciales derrames, los resultados obtenidos para los diversos materiales ensayados se evidencian en la tabla 3. Desde una perspectiva descriptiva entre los materiales absorbentes naturales y poliméricos utilizados en la simulación de pequeños derrames líquidos, se observa que el peso inicial del material absorbente zeolita fue de 25.4 g, al agregarse un peso de este material para retener el volumen de 10 ml de solución de ácido clorhídrico (HCl), el peso sobrante de este material fue de 10.6 g por lo que el peso utilizado en la retención del volumen de este ácido se obtuvo por diferencia de peso, es decir, $(25.4 - 10.6) \text{ g} = 14.8 \text{ g}$. En forma análoga, el peso de zeolita para retener los 10 ml de solución de hidróxido de sodio (NaOH) fue de 15.3 g. Para el resto de materiales, se realizó un análisis similar. Los resultados mostraron que para contener un

derrame se requiere potencialmente más zeolita, mientras que, para el caso de las almohadas, un derrame demandaría menos material absorbente, seguido por los paños y los rollos respectivamente, los cuales serían los más eficaces en eficiencia de retención. A partir de los datos obtenidos en los experimentos, se calculó la eficiencia de carga ml/ kg de material absorbente (tabla 4).

Tabla 3. Comparación de absorbancia entre materiales de diferente naturaleza empleados potencialmente para contener los derrames químicos ácidos y básicos.

Material Absorbente⁵	Wi (g)	Wf (g)	VI (ml)	Wrara (g)	Wrarb (g)
Zeolita	25.4	10.6	10	14.8	15.3
Aserrín	6.7	2.2	10	4.5	4.3
Polímeros en forma de paños	12.4	4.5	100	7.9	8.2
Rollos	12.4	4.5	100	7.9	8.2
Almohadas	5.2	3.9	100	1.3	1.5
Medias	18.5	3.8	100	14.7	14.7

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4, se pueden evidenciar los resultados obtenidos de la comparación descriptiva realizada para analizar los materiales absorbentes naturales y poliméricos de fácil consecución en el

5 Wi (g): Peso inicial del absorbente; Wf (g): Peso sobrante del absorbente; VI (ml): Volumen medido de sustancia; Wrara (g): Peso requerido del absorbente para retener el HCl al 32% ; Wrarb (g): Peso requerido del absorbente para retener el NaOH al 50% .

mercado; se encontró que los gránulos de zeolita y el aserrín presentaron los valores más bajos de eficacia (675 y 2200 para el caso de los ácidos y 665 y 2350 para las bases). En ese orden, para la retención de líquidos en comparación con los otros materiales absorbentes poliméricos. Además, estos primeros materiales generan mayor cantidad de residuos resultantes para su disposición cuando se presenta una emergencia. Por su parte, se estableció que los rollos y paños presentaron la misma capacidad de absorción y se diferencian básicamente por la presentación comercial de empaque (3M España, 2001). Los paños se comercializan por unidades en paquetes de 100 piezas mientras que los rollos tienen una presentación por unidad de hasta 300 metros, aunque ambos materiales poseen las mismas dimensiones.

Tabla 4. Eficacia de absorbancia de varios materiales usado en emergencias

Material absorbente	Eficacia: Cantidad de carga retenida (ml por kg de material)	
	Derrame de HCl (32%)	Derrame de NaOH (50%)
Gránulos de zeolita (1 kg)	675	655
Aserrín (1kg)	2200	2350
Materiales absorbentes poliméricos (polipropileno, celulosa) en forma de:		
Bayetas o paños ⁶	12700	12200

6 Bayetas o paños 10"x14" (1 pieza equivalente a 0,004 kg es decir 250 piezas corresponden a 1 kg).

TÓPICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL:
ENLAZANDO CIENCIA, SOCIEDAD Y EDUCACIÓN

Rollos ⁷	12700	12200
Almohadas ⁸	75000	65600
Medias ⁹	6800	6800

Fuente:Elaboración propia

De acuerdo con los resultados, se encontró que los materiales poliméricos en forma de almohadas presentan la mejor capacidad de absorbanza; sin embargo, su uso se enfoca como retenedor en fugas puntuales debido al poco alcance de área por su disposición física. Caso diferente presentan los paños/rollos que pueden extenderse en el área afectada. El material polimérico en forma de media presenta una eficacia menor que el material polimérico en forma de paño ($6800 < 12700$). De este análisis, se determinó que los paños absorbentes resultan ser la mejor opción por presentar la mejor eficacia y capacidad de extensión en el sitio del derrame, están elaborados con fibras sintéticas inertes que reducen la generación de residuos y presentan manipulación sencilla al momento de su disposición final para eliminarse una vez empleados, por su tamaño y su facilidad de adquisición a través de diferentes marcas comerciales (3M España, 2001; Bereiweriso, 2013; Díaz-Díaz et al., 2018).

7 Rollos 10" x 14" de 300 metros (1 pieza equivalente a 0,004 kg es decir 250 piezas corresponden a 1 kg).

8 Almohadas 18" x 18" (1 pieza equivalente a 0,1 kg es decir 10 piezas corresponden a 1 kg).

9 Medias 3" x 12' (1 pieza equivalente a 0,2 kg es decir 5 piezas corresponden a 1 kg).

Proceso de Desactivación de una base fuerte y de un ácido fuerte en cada mezcla probada

Previamente a exposición de los resultados de los ensayos de desactivación es importante mencionar que dadas las condiciones ambientales donde se encuentra la compañía Quimicol S.A. (con un rango de temperatura de 15 a 33° C y humedad relativa entre 70 y 75%) las cinco mezclas experimentales mostraron ser estables.

Proceso de desactivación de una base fuerte agresiva (NaOH)

El valor inicial del pH de la mezcla de 5g de solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 50% y un volumen inicial de 20 ml de la muestra 1 de NeutroMag-D arrojó un valor de 13.47. Para un volumen de mezcla de 360 ml, el pH se acercó a 7 (7.89) y para un volumen de 425 ml de mezcla, el pH llegó a ser ligeramente ácido (6.0). Como se evidencia en la figura 1, el comportamiento de la curva muestra el descenso y estabilización del pH de 13.47 a 6.00 para la mezcla en estudio, indicando la factibilidad de neutralización a escala de laboratorio de este derrame básico. De este análisis, puede extractarse que se logró desactivar 1 g de solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 50% utilizando una proporción entre 72 a 85 ml de la mezcla 1 de NeutroMag-D.

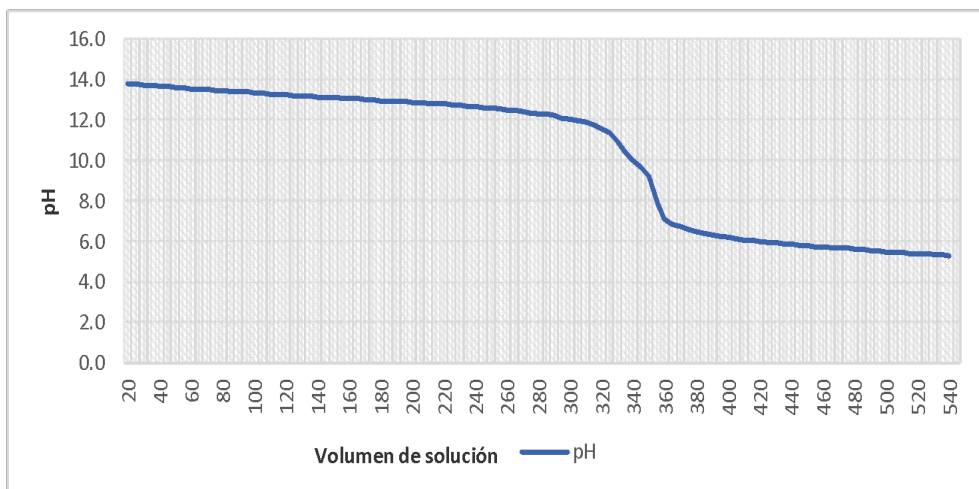


Figura 1. Curva de pH para simulación de derrame NaOH al 50% p/p y muestra 1 de NeutroMag-D como desactivador.

Fuente: Quimicol S.A.

En la figura 2 se observa la distribución de pH para una mezcla de solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 50% y la muestra 2 de NeutroMag-D al 1%. En esta prueba, el valor de pH de la mezcla de 5 g de solución de hidróxido de sodio al 50% y un volumen inicial de 15 ml de la muestra 2 de NeutroMag-D, fue de 13.76. Posteriormente, para un volumen de mezcla de 240 ml, el pH se acercó a 8 (8.04) y para un volumen de 285 ml de mezcla, el pH llegó a ser ligeramente ácido (6.00). En la segunda experiencia, se logró desactivar 1 g de solución de hidróxido de sodio al 50% con una proporción entre 48 a 57 ml de la mezcla 2 de NeutroMag-D. La figura 2 muestra cómo el pH desciende de 13.76 a varios valores menores hasta estabilizarse en 6.00 para la mezcla en estudio, mostrando que es igualmente probable neutralizar este derrame alcalino a escala de laboratorio.

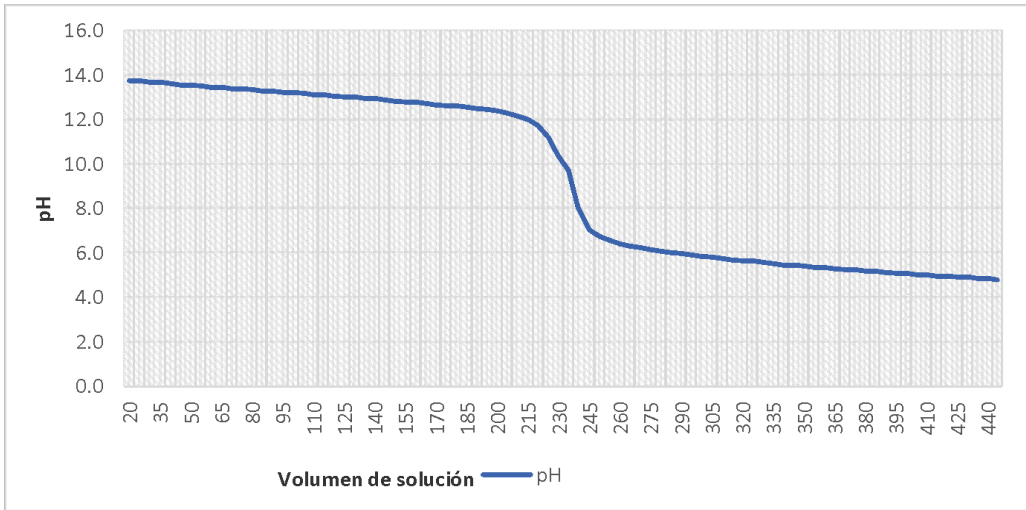


Figura 2. Curva de pH para simulación de derrame NaOH al 50% p/p y muestra 2 de NeutroMag-D como desactivador.

Fuente: Quimicol S.A.

Para los resultados del tercer ensayo, al mezclar 5 g de solución de hidróxido de sodio NaOH al 50% con un volumen inicial de 15 ml de la muestra 3 de NeutroMag-D, el valor de pH obtenido fue de 13.85 mientras que, para un volumen de mezcla de 95 ml, este parámetro se acercó a 6 (6.09). Este tercer análisis indica que es factible desactivar 1 g de solución de hidróxido de sodio al 50% con una proporción de 95 ml de la mezcla 3 de NeutroMag-D, menor que las de las dos pruebas anteriores. La figura 3 muestra cómo cae el pH de 13.85 hasta estabilizarse en 6.09 para la mezcla en análisis, dando a entender la desactivación de este derrame básico. El comportamiento de la curva de la figura 3 ilustra el cambio de pH de una mezcla de solución de NaOH al 50% y la muestra 3 de NeutroMag-D al 1%.

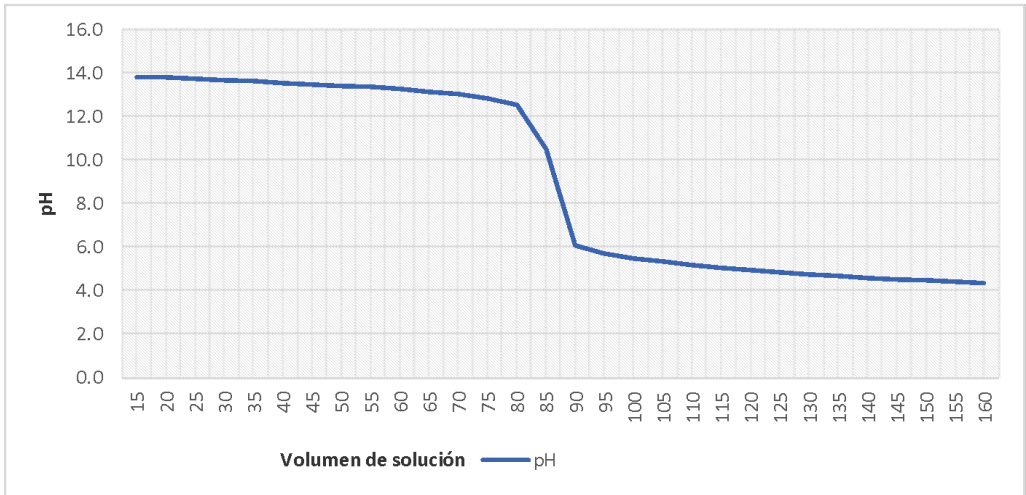


Figura 3. Curva de pH para simulación de derrame NaOH al 50% p/p y muestra 3 de NeutroMag-D como desactivador.

Fuente: Quimicol S.A.

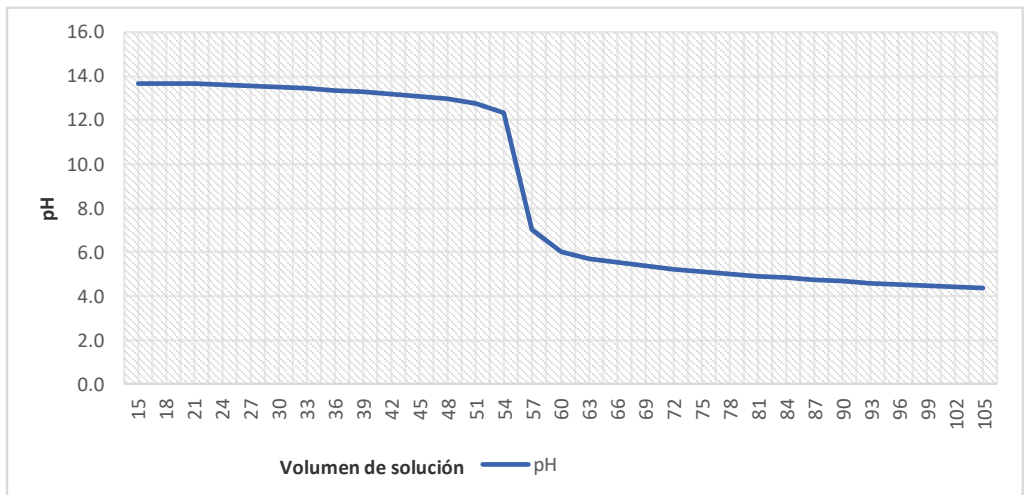


Figura 4. Curva de pH para simulación de derrame NaOH al 50% p/p y muestra 4 de NeutroMag-D como desactivador

Fuente: Quimicol S.A

La variación del pH de la figura 4 muestra que al realizar la mezcla de la misma cantidad de NaOH al 50% empleada en las pruebas anteriores con un volumen inicial de 15 ml de la muestra 4 de NeutroMag-D el pH medido fue 13.75. Para un volumen de mezcla de 60 ml el resultado disminuyó drásticamente a 7.05 y para un volumen de mezcla de 63 ml el pH se atenuó a un valor de 6.04 el cual es ligeramente ácido. Por tanto, con la cuarta prueba, se logró desactivar 1 g de solución de NaOH al 50% utilizando una proporción de 12 ml de la mezcla 4 de NeutroMag-D mucho menor que las obtenidas en los análisis anteriores (figura 4).

Por último, la figura 5 describe con su trayectoria que, para la misma cantidad de solución de hidróxido de sodio al 50% empleada en las cuatro pruebas anteriores y un volumen inicial de 15 ml de la muestra 5 de NeutroMag-D el valor del potencial de hidrógeno fue de 13.75.

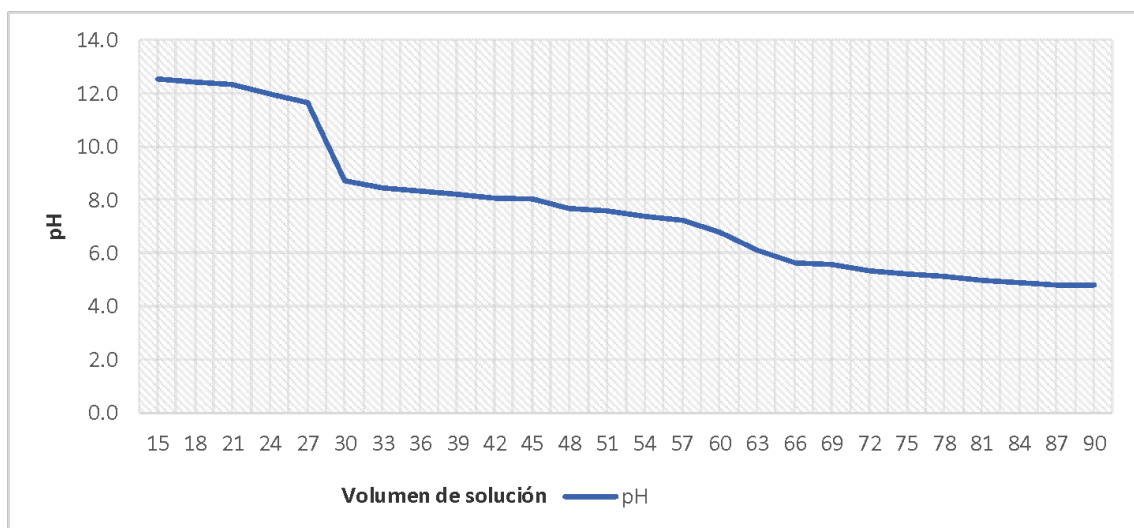


Figura 5. Curva de pH para simulación de derrame NaOH al 50% p/p y muestra 5 de NeutroMag-D como desactivador.

Fuente: Quimicol S.A.

Nótese que para un volumen de mezcla de 33 ml (cada vez menor que el empleado en las cuatro experiencias anteriores para tratar de desactivar este derrame alcalino) el pH fue de 8.70 y para un volumen de mezcla de solo 69 ml el pH obtenido fue ligeramente ácido con un valor de 5.60, indicando que para desactivar 1 g de solución de hidróxido de sodio al 50% solo es necesaria una proporción de 7 a 10 ml de la mezcla 5 de NeutroMag-D.

Proceso de desactivación de un ácido fuerte agresivo (HCl)

De manera similar a lo anteriormente descrito, a continuación, se muestran los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio para desactivar 5 g de solución de HCl al 32% p/p con un volumen inicial de 30 ml considerando las cinco muestras de NeutroMag-D. Los resultados del primer ensayo se presentan en la figura 6. A partir de estos se observa que el valor inicial del pH de la mezcla fue de 3.30 que corresponde a la muestra 1 del producto. Posteriormente, para un volumen de mezcla de 290 ml el pH se incrementó a 4.21 manteniéndose relativamente constante a lo largo del experimento. Por tanto, se infiere que, con la primera prueba experimental, no hubo éxito significativo en el proceso de neutralización del ácido utilizando la mezcla 1 de NeutroMag-D. Se alcanzó una baja factibilidad de neutralización con una proporción 58:1.

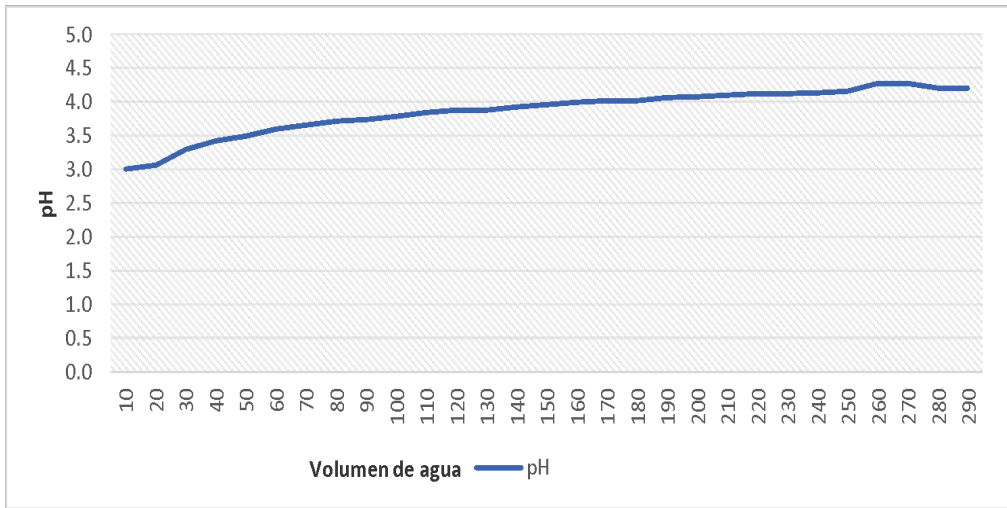


Figura 6. Curva de pH para simulación de derrame HCl al 32% p/p y muestra 1 de NeutroMag-D como desactivador.

Fuente: Quimicol S.A.

La figura 7 presenta un valor inicial de pH de la mezcla de 3.30 que corresponde a la muestra 2 del producto, resultado similar al obtenido en la primera experiencia de desactivación del ácido. Sin embargo, para un volumen de mezcla de 170 ml el pH fue de 6.32 y para un volumen de mezcla de 220 ml, el pH fue ligeramente básico arrojando un valor de 7.69. Con la segunda prueba experimental, se logró desactivar 5 g de solución de ácido clorhídrico (HCl) al 32% utilizando una proporción entre 34 a 44 ml de la mezcla 2 de NeutroMag-D. La figura 7 evidencia claramente el ascenso y estabilización del pH de 3.00 a 7.69 para la mezcla en estudio, indicando la factibilidad de neutralización a escala de laboratorio de este derrame ácido.

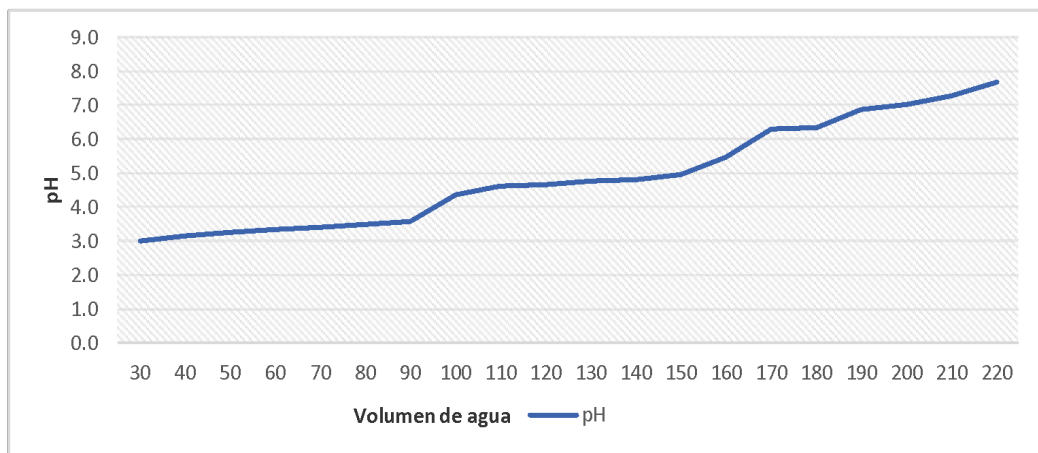


Figura 7. Curva de pH para simulación de derrame HCl al 32% p/p y muestra 2 de NeutroMag-D como desactivador.

Fuente: Quimicol S.A.

La figura 8 indica de nuevo un pH inicial de la mezcla de 3.00 involucrando la muestra 3 del producto. Al alcanzar un volumen de mezcla de 130 ml el pH fue de 6.45 y para un volumen de mezcla de 220 ml, el pH fue ligeramente básico arrojando un valor de 6.95. La tercera prueba experimental, indica que es posible desactivar 5 g de solución de ácido clorhídrico al 32% utilizando una proporción entre 26 a 44 ml de la mezcla 3 de NeutroMag-D. Considerando el perfil de pH mostrado en la figura 9 indica una vez más, un pH inicial de la mezcla de 3.00 incluyendo la muestra 4 de NeutroMag-D. En este experimento, cuando se alcanzó un volumen de mezcla de 120 ml, se obtuvo un pH de 6.25 mientras que un volumen de mezcla de 220 ml mostró un pH que ligeramente básico con un valor de 8.15.

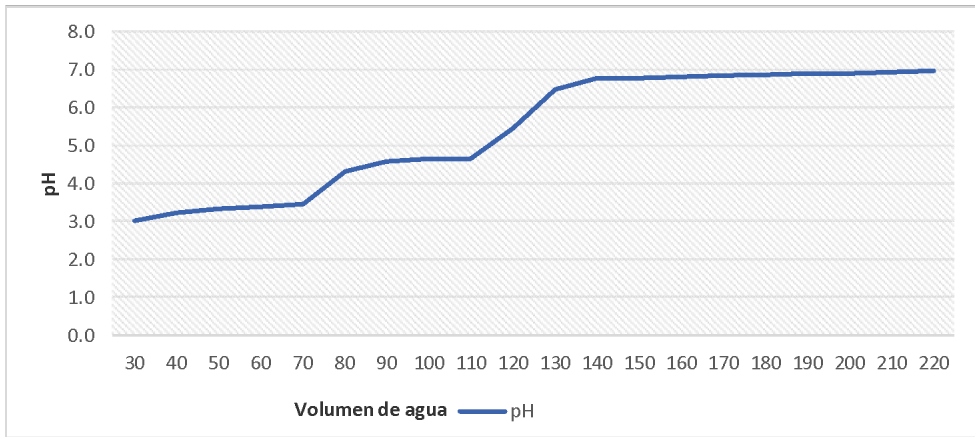


Figura 8. Curva de pH para simulación de derrame HCl al 32% p/p y muestra 3 de NeutroMag-D como desactivador.

Fuente: Quimicol S.A.

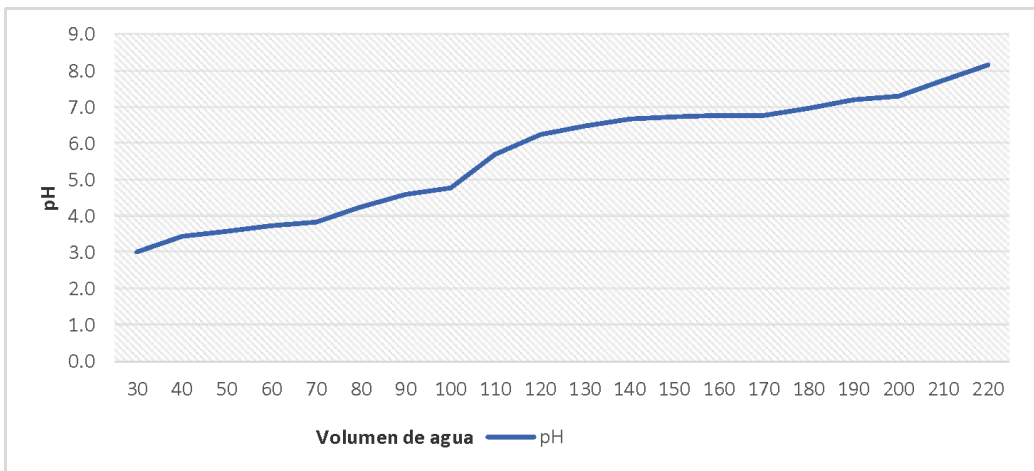


Figura 9. Curva de pH para simulación de derrame HCl al 32% p/p y muestra 4 de NeutroMag-D como desactivador

Fuente: Quimicol S.A.

Con la cuarta prueba experimental, se logró desactivar 5 g de solución de ácido clorhídrico al 32% utilizando una proporción entre 24 a 44 ml de la mezcla 4 de NeutroMag-D. La figura 9 muestra el ascenso y estabilización del pH de 3.00 a 6.25 para la mezcla en estudio, indicando la factibilidad de neutralización a escala de laboratorio de este derrame ácido.

Por último, la distribución de pH de la figura 10 muestra un pH inicial de la mezcla de 3.00 con la muestra 5 de NeutroMag-D. Con un volumen de mezcla de 100 ml el pH fue de 6.06 y con un volumen de mezcla de 220 ml, el pH fue ligeramente básico con valor de 8.15. Con la quinta prueba experimental, se logró desactivar 5 g de solución de HCl al 32% utilizando una proporción entre 20 a 44 ml de la mezcla 5 de NeutroMag-D. La figura 10 permite detallar el ascenso y estabilización del pH de 3.00 a 8.15 para la mezcla en estudio. La desactivación a escala de laboratorio de este derrame ácido resulta entonces también factible.

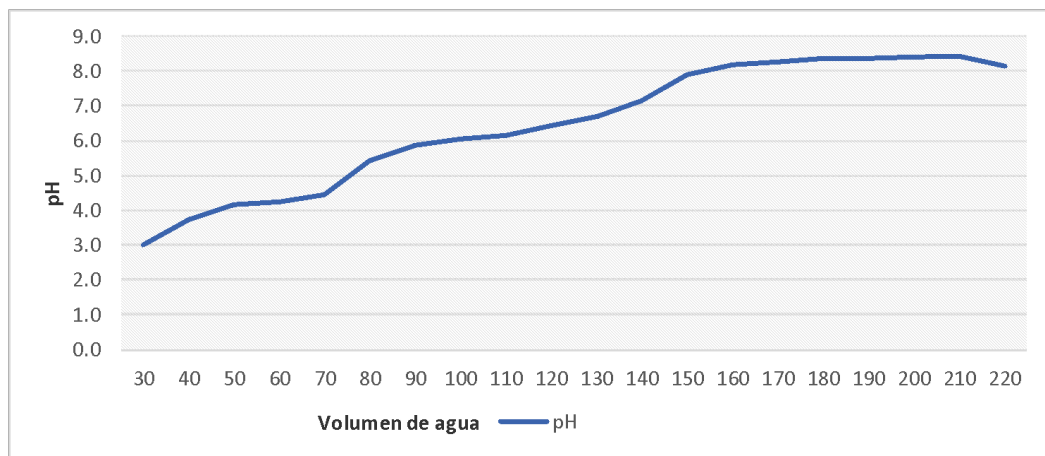


Figura 10. Curva de pH para simulación de derrame HCl al 32% p/p y muestra 5 de NeutroMag-D como desactivador.

Fuente: Quimicol S.A.

De acuerdo con los resultados de las pruebas de laboratorio, se encontró que la mezcla 5 es la óptima para desactivar derrames alcalinos de soluciones de hidróxido de sodio (NaOH) puesto que se logró desactivar 1 g de solución de NaOH al 50% utilizando solo de 7 a 10 ml de la mezcla 5 de NeutroMag-D la cual cumple con el límite permisible de pH establecido en la Resolución 631 de 2015, para aguas residuales domésticas (ARD) y aguas residuales de los prestadores de servicio público de alcantarillado a cuerpos de agua superficiales, con una carga menor o igual a 625,00 kg/DIA DBO5, dado que el valor de pH de 5.60 alcanzado, se encuentra cercano a 6,00 como lo establece esta norma (República de Colombia, 2015). De forma similar, se encontró que la mezcla 5 es la óptima para desactivar derrames ácidos de soluciones de ácido clorhídrico (HCl), puesto que se logró desactivar 5 g de solución de HCl al 32%, utilizando solo de 20 a 44 ml de NeutroMag-D 5, la cual cumple con el límite permisible de pH establecido en la misma resolución, dado que el valor de pH de 8.15 obtenido, se encuentra cercano a 9,00 como lo establece esta norma.

Teniendo en cuenta los resultados a la luz del error relativo, definido como la diferencia entre el valor real y el valor observado dividida entre el valor real, el porcentaje de error en la regulación del pH para la desactivación del derrame alcalino fue $\% \text{ error} = (6,00 - 5,60) / 6,00 * 100 = 6,67\%$. Por su parte, el porcentaje de error en la regulación del pH para la desactivación del derrame ácido fue $\% \text{ error} = (9,00 - 8,15) / 9,00 * 100 = 9,44\%$ Estos dos errores porcentuales relativamente bajos, dan cuenta de la efectividad del producto NeutroMag-D como una alternativa rápida y económica para el tratamiento de derrames líquidos alcalinos y ácidos.

Asimismo, los componentes de la mezcla de NeutroMag-D y la mezcla en sí misma no resultan ser nocivos para el ambiente de acuerdo con la información de sus fichas técnicas. El producto NeutroMag-D tiene propiedades anfóteras que permiten regular el pH cuando ocurren derrames accidentales de líquidos ácidos y/o básicos como lo demuestran los resultados a escala de laboratorio obtenidos en este trabajo. Para el caso del presente trabajo, se propone una mezcla basada en el uso de sales y óxidos con presencia de Magnesio para la neutralización de derrames ácidos y básicos. De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede evidenciar que ésta podría presentar ventajas desde el punto de vista de la minimización de los impactos ambientales, dado que el crecimiento de las plantas está relacionado con las proporciones de cationes de hidrógeno (H), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na) o calcio (Ca), que son intercambiables y que están presentes en el suelo, siendo el Ca y el Mg los principales cationes intercambiables. Investigaciones reconocen que ciertas plantas de cultivo pueden presentar infertilidad por su baja relación Ca/Mg o baja saturación de calcio. Por ello, es necesario intercambiar o suministrar alguno de estos minerales para contribuir con la fertilidad de los terrenos y el crecimiento de las plantas (Walker et al., 1995; Gransee y Führs, 2013). La evidencia parece indicar que su deficiencia se correlaciona con la pérdida del color verde en las plantas (clorosis) y por tanto en capacidad fotosintética, así como efectos en la expresión genética vegetal (Gransee y Führs, 2013; Hermans et al., 2013). Sin embargo, resultan necesarios nuevos estudios para esclarecer cómo se comportan las plantas por la deficiencia de Mg. La movilidad del magnesio permite que sea intercambiable con cationes como el aluminio, dependiendo del pH de los suelos. Por ello, es necesario reponerlo de acuerdo con los requerimientos de las diversas plantas (Gransee y Führs, 2013). Históricamente, el incremento de la productividad de los cultivos se

logró a través de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio (N – P – K) la cual resultó nociva para el medio ambiente en muchos casos. La no consideración del magnesio como elemento secundario afectó la producción y la calidad nutricional de los cultivos (Hermans et al., 2013).

El conocimiento derivado de la ciencia debe impactar en la cultura científica y ambiental de los individuos, es por ello clave la articulación entre la ciencia y la industria con la educación (Orr, 2006; Koner, 2017). Es claro que los derrames líquidos de sustancias peligrosas pueden ocurrir en cualquier sitio así se tenga el conocimiento y la experiencia para manejarlos y aun siguiendo los protocolos de seguridad establecidos. Por ello es fundamental, como parte del plan de acción anti-derrame, la aplicación del modelo pedagógico basado en la formación profesional integral para realizar el fortalecimiento de una cultura de seguridad y autocuidado en los actores involucrados frente a los diversos riesgos y accidentes que pueden suceder en el entorno industrial (Aranda, 2020). Por tanto, se debe buscar aprovechar en los operarios y trabajadores, los conocimientos previos sobre el tema, su experiencia en el desempeño de sus labores en el sector productivo, de transporte, de laboratorio o como ciudadano, integrando el conocimiento de las sustancias peligrosas estudiadas para motivar una cultura de autocuidado, así como de cuidado frente al medio ambiente. Mediante la divulgación de los resultados de esta investigación se puede contribuir con una solución y mitigación a la problemática de los vertidos líquidos y mitigación de su impacto en las comunidades aledañas al siniestro.

De esta manera, el individuo formado de una manera holística, puede construir nuevos conocimientos a través de su diario vivir, en lo que observa, escucha, lee o experimenta; es sensible frente a

lo que sucede en su entorno, puede ser tolerante y respetuoso de las ideas de los otros, buscando el bien común (Martínez Barrera, 2009). El proceso de aprendizaje y de fortalecimiento de los actores para controlar el problema de los derrames ácidos y básicos, se centra en el desarrollo de un pensamiento y una actitud crítica que se convierta en un estilo de vida en las relaciones socioambientales de cara a aplicar alternativas de solución que representen un mayor beneficio socioeconómico y menor costo ambiental.

Frente a los materiales probados, los paños absorbentes resultan ser la mejor opción para retener los derrames líquidos ácidos y básicos, por presentar la mejor eficacia y capacidad de extensión en el sitio del derrame. Los resultados de este estudio permiten concluir que es factible emplear con buenos resultados a escala de laboratorio, alternativas económicas, con materiales disponibles en el país y amigables con el medio ambiente, para la desactivación de derrames ácidos y básicos originados en procesos de producción, abastecimiento, transporte y disposición. Es de recalcar, que el presente estudio se limitó a realizar pruebas controladas en laboratorio, que no representaran un peligro al entorno ni generaran impactos negativos a la empresa. Realizar ensayos provocando un derrame real –pero controlado– implicaría una logística empresarial y gubernamental, que se sale de lo contemplado en el presente estudio. Asimismo, las empresas son las responsables en desarrollar el trabajo de educación ambiental con sus propios empleados, ya que no todos los empleados, son los responsables de aplicar el producto para minimizar el impacto o mejorar sus prácticas gracias al conocimiento y la cultura que se puede genera de este, lo cual redundará en la disminución y mitigación de emergencias por derrames. Se recomienda efectuar a futuro, como complemento de este trabajo, bioensayos de toxicidad que permitan evaluar

el grado agudo o crónico de afectación de los derrames ácidos y básicos en organismos vivos como plantas y analizar cómo puede la concentración de magnesio afectar las propiedades del suelo y su actividad.

Referencias bibliográficas

- 3M España. (2001). *Absorbentes industriales*. Obtenido de <http://multimedia.3m.com/mws/media/3308530/sorbents-product-catalogue.pdf>
- Afsah, S., Laplante, B., & Wheeler, D. (1996). *Controlling Industrial Pollution: a new paradigm* (No. 1672). Washington. World Bank, Policy Research Department, Environment, Infrastructure, and Agriculture Division.
- Abdullah, N. H. S., Karsiti, M. N., & Ibrahim, R. (2012). A review of pH neutralization process control. In *2012 4th International conference on intelligent and Advanced Systems (ICIAS2012)* 2, 594-598.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2011). *Pautas de gestión médica para el hidróxido de sodio (NaOH): CAS 1310-73-2; UN 1823 (solid); UN 1824 (solution)*. Obtenido de <https://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg178.pdf>
- Alcántara-Garduño, M. E., & Ramírez-Camacho, J. G. (2012). Causas y consecuencias de accidentes químicos ocurridos entre la población civil. Caso: Ciudad de Tapachula, Chiapas, México (2002-2010). *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 12(2). 233-244.
- Ali, H., & Khan, E. (2019). Trophic transfer, bioaccumulation, and biomagnification of non-essential hazardous heavy metals and metalloids in food chains/webs—Concepts and implications

- for wildlife and human health. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25(6), 1353-1376.
- American Chemical Society, ACS. (1995). *Guide for chemical spill response planning in laboratories*. Obtenido de American Chemical Society: <https://www.acs.org/content/acs/en/about/governance/committees/chemicalsafety/publications/guide-for-chemical-spill-response.html>
- Aranda, T. G. (2020). La capacitación del técnico en prevención de riesgos laborales en relación a la educación y formación como indicador de la cultura preventiva. *REJIE: Revista Jurídica de Investigación e Innovación Educativa*, (21), 99-121.
- Ardila-Hani, A., María Leguizamo, A., Costa, V., & Hani de Ardila, A. C. (2018). Intoxicación por cáusticos. ¿Qué hay de nuevo?. *Revista Colombiana de Gastroenterología*, 33. 2-9.
- Asociación Chilena de Seguridad. (2011). *Documento 02. Fugas y derrames, evacuación*. Obtenido de Asociación Chilena de Seguridad: <https://www.achs.cl/portal/Empresas/fichas/Paginas/fichas.aspx>
- Baniasadi, M., & Mousavi, S. M. (2018). A comprehensive review on the bioremediation of oil spills. *Microbial action on hydrocarbons*, 223-254.
- Barrett, M. A., Bouley, T. A., Stoertz, A. H., & Stoertz, R. W. (2011). Integrating a One Health approach in education to address global health and sustainability challenges. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(4), 239-245.
- Bęczkowska, S. A., & Grabarek, I. (2021). The Importance of the Human Factor in the Safety at the Transport of Dangerous Goods. *Preprints 2021*, 2021060254
- Bereiweriso, M. O. (2013). Sorbents Performance Efficiency Test. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 3(3).

- Breemen, N., Muder, J., & Driscoll, C. (1983). Acidification and alkalization of soils. *Plant and Soil*, 75(3), 283-308.
- Camargo, J. A., y Alonso, A. (2007). Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Ecosistemas*, 16(2), 98-110.
- Cartotto, R. C., Peters, W. J., Neligan, P. C., Douglas, L. G., & Beeston, J. (1996). Chemical burns. *Canadian Journal of Surgery*, 39(3):205–11.
- Castro Delgado, R., & Arcos González, P. (1998). El riesgo de desastre químico como cuestión de salud pública. *Revista española de salud pública*, 72(6), 481.
- Chemical Safety Board. (2017). *Impact report 2017*. Obtenido de U.S. Chemical safety and hazard investigation board: https://www.csb.gov/assets/1/6/csb_impact_report_2017.pdf
- Chen, J., Zhang, W., Wan, Z., Li, S., Huang, T., & Fei, Y. (2019). Oil spills from global tankers: Status review and future governance. *Journal of cleaner production*, 227, 20-32.
- Cockerham, L. G., & Shane, B. S. (2019). *Basic environmental toxicology*. Routledge.
- Consejo Colombiano de Seguridad. (2016). *Intoxicaciones entre los trabajadores colombianos por manejo de químicos*. Obtenido de Consejo Colombiano de Seguridad: https://ccs.org.co/salaprensa/index.php?option=com_content&view=article&id=412:diamundial&catid=261&Itemid=792
- Consejo Colombiano de Seguridad. (2017). *Noticias: En elaboración manual de normas mínimas para la gestión de riesgos frente a accidentes químicos*. Obtenido de Consejo Colombiano de Seguridad: https://ccs.org.co/salaprensa/index.php?option=com_content&view=article&id=520:normasminimasderrames&catid=297:noticias-febrero-2015&Itemid=836

- Consejo Colombiano de Seguridad y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2003). *Guías ambientales de almacenamiento y transporte por carretera de sustancias químicas peligrosas y residuos peligrosos*. Obtenido de Ministerio del medio ambiente: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/guias_ambientales_almacenam_transp_x_carretera_sust_quim_res_pelig.pdf
- Cutter-Mackenzie, A., & Smith, R. (2003). Ecological literacy: the 'missing paradigm' in environmental education (part one). *Environmental Education Research*, 9(4), 497-524. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_1295_1994.html
- Díaz-Díaz, M. Á., Rivas-Trasancos, L., León-Barrios, M., & Acosta-Sánchez, J. (2018). Material absorbente para recogida de hidrocarburos en derrames en aguas y suelos. *Revista cubana de química*, 30(2), 289-298.
- Driscoll, C. T., Driscoll, K., Mitchell, M. J., & Raynal, D. J. (2003). Effects of acidic deposition on forest and aquatic ecosystems in New York State. *Environmental Pollution* (123), 327-336. doi:10.1016/S0269-7491(03)00019-8.
- Doney, S. C., Balch, W. M., Fabry, V. J., & Feely, R. A. (2009). Ocean acidification: a critical emerging problem for the ocean sciences. *Oceanography*, 22(4), 16-25.
- French-McCay, D., Whittier, N., & Payne, J. (2008). Evaluating chemical spill risks to aquatic biota using Modeling. *Proceedings of the 31st AMOP Technical Seminar on Environmental Contamination and Response*, (págs. 243-272). Calgary: Canadá.
- Fries, E., & Mihajlović, I. (2011). Pollution of soils with organophosphorus flame retardants and plasticizers. *Journal of Environmental Monitoring*, 13(10), 2692-2694.

- Gil, D., Nieto, R., Ibarra, D., Guevera, A. M., & Gundlach, E. (2015). Environmental sensitivity index for oil spills in marine and coastal areas in Colombia. *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(6), 17-28.
- Grainger Inc. (2015). *Neutralizing Acids and Bases: quick tips # 148*. Obtenido de Grainger. Quick tips: <https://www.grainger.com/content/qt-148-acids-bases>
- Gransee, A., & Führs, H. (2013). Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant and soil*, 368(1-2), 5-21.
- Gubela, H.-E. (1988). USA Patente n° 4.769.084.
- Harper, H., Gross, P. L., Jacob, M., Mayes, P. A., Murray, R. K., & Varghese, J. (2016). *Harper: bioquímica ilustrada (30 ed.)*. México: Mc Graw-Hill Interamericana.
- Hermans, C., Conn, S., Chen, J., Xiao, Q., & Verbruggen, N. (2013). An update on magnesium homeostasis mechanisms. *Metallo-mics: integrated biometal science in plants*, 5, 1170-1183. doi:DOI: 10.1039/c3mt20223b
- Johnson, E. R. (1989). USA Patente n° 4.840.734.
- Koner, S. (2017). Need for and Importance of Environmental Education. *International Journal Of Applied Research & Studies*, 2(2), 198-199.
- Leung, H. W., & Paustenbach, D. J. (1990). Organic acids and bases: review of toxicological studies. *American journal of industrial medicine*, 18(6), 717-735.
- Mandel, F. S., Engman, J. A., Whiting, W. R., & Nicol, J. (1989). USA Patente n° 4.865.761.
- Martinez, F. (2009). Formación integral: compromiso de todo proceso educativo. *Revista Docencia Universitaria*, 10(1), 123-135.
- Mendoza, M. (2011). Prevención de riesgos en el manejo de sustancias químicas. *Técnica industrial (296)*, 62-70.

- Menéndez, J. M., Abramson, L., Vera, R. A., Duza, G. E., & Palermo, M. (2015). Total gastrectomy due to ferric chloride intoxication. *Acta Gastroenterológica Latinoamericana*, 45(3), 212-216.
- Merck. (2015). Ácido clorhídrico SDS: ficha de datos de seguridad de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006. Obtenido de Merckmillipore: http://www.merckmillipore.com/WebCO-Site/es_ES/-/COP/ProcessMSDS-Start?PlainSKU=MDA_CHEM-113136&Origin=SERP
- Merck. (2017). Sodio hidróxido en lentejas SDS: ficha de datos de seguridad de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006. Obtenido de Merckmillipore: http://www.merckmillipore.com/WebCO-Site/es_ES//COP/ProcessMSDSStart?PlainSKU=MDA_CHEM-106482&Origin=PDP
- Meyer, E. (1999). *Chemistry of Hazardous Materials*. New York: Prentice Hall.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012). *Perfil nacional de sustancias químicas en Colombia*. Obtenido de Ministerio de Ambiente: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/Perfil_Nacional_de_Sustancias_Quimicas_en_Colombia_2012.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2003). *Guías ambientales de almacenamiento y transporte por carretera de sustancias químicas peligrosas y residuos peligrosos*. Obtenido de Minambiente: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/guias_ambientales_almacenam_transp_x_carretera_sust_quim_res_pelig.pdf
- Ministerio de Salud. (2010). *Manual de Gestión integral de residuos*. Obtenido de Ministerio de Salud: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/manual-gestion-integral-residuos.pdf>

- Morris, C. H., & Cook, J. K. (1994). USA Patente n° 5.342.543.
- National Fire Protection Association - NFPA. (2012). NFPA 704: Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response. Quincy, Massachusetts, USA: NFPA.
- Nicolopoulou-Stamati, P., Mipas, S., Kotampasi, C., Stamatis, P., & Hens, L. (2016). Chemical Pesticides and Human Health: The urgent need for a new concept in agriculture. *Frontiers in Public Health*, 4, 1-8. doi:<https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00148>
- Orr, D. (2006). Ecological literacy. *Thinking and Knowing about the Environment and Nature*, 175-181.
- Palm, S. K., Smith, T. R., Shiu, J. C., & Roulston, J. S. (2004). USA Patente n° 10/675.812.
- Pita-Morales, L. A. (2016). Línea de tiempo: educación ambiental en Colombia. *Revista Práxis*, 12, 118-125. doi:<http://dx.doi.org/10.21676/23897856.1853>
- Pollution Issues. (2015). *Disasters: Chemical Accidents and Spills*. (2015). Obtenido de Pollution issues: <http://www.pollutionissues.com/Co-Ea/Disasters-Chemical-Accidents-and-Spills.html>
- República de Colombia. (2002) Decreto 1609 de 2002. Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera. Bogotá, Colombia: D.O. 44892.
- República de Colombia (2009). Resolución 009 del 24 de junio de 2009. Por medio de la cual se subroga la Resolución número 019 de 30 de octubre de 2008. Bogotá, Colombia.
- República de Colombia (2015). Resolución 631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- Rivera, E., Sánchez, M., & Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *Revista de iniciación científica*, 4, 101-105.
- Sarmiento Ortiz, M. R., Ortiz Espinoza, E., & Álvarez Rosas, J. (2003). Emergencias ambientales asociadas a sustancias químicas en México. *Gaceta ecológica*, (66), 54-63.
- Sahu, O. P., & Chaudhari, P. K. (2013). Review on chemical treatment of industrial waste water. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 17(2), 241-257.
- Schaeffer, A., Amelung, W., Hollert, H., Kaestner, M., Kandeler, E., Kruse, J., ... & Roß-Nickoll, M. (2016). The impact of chemical pollution on the resilience of soils under multiple stresses: a conceptual framework for future research. *Science of the Total Environment*, 568, 1076-1085
- Smith, J. K. (2016). The evolution of the chemical industry: a technological perspective. In *Chemical Sciences in the Modern World* (pp. 137-157). University of Pennsylvania Press.
- Walker, C., Sibly, R., Hopkin, S., & Peakall, D. (2012). *Principles of Ecotoxicology*. CRC Press.
- Walker, R. B., Walker, H. M., & Ashworth, P. (1995). Calcium-Magnesium nutrition with special reference to serpentine soils. *Plant physiology*, 30(3), 214-221. doi: DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.30.3.214>
- Xu, J. M., Tang, C., & Chen, Z. L. (2006). The role of plant residues in pH change of acid soils differing in initial pH. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(4), 709-719.
- Yılmaz, T., Ercikdi, B., & Cihangir, F. (2020). Evaluation of the neutralization performances of the industrial waste products (IWPs) in sulphide-rich environment of cemented paste back-fill. *Journal of environmental management*, 258, 110037.

Zhang, B., Matchinski, E. J., Chen, B., Ye, X., Jing, L., & Lee, K. (2019). Marine oil spills—oil pollution, sources and effects. In *World seas: an environmental evaluation* (pp. 391-406). Academic Press.

CAPÍTULO III.

LA EDUCACIÓN COMO FACTOR DE ENTENDIMIENTO DEL AMBIENTE Y SU RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA. ESTUDIO DE CASO: DIAGNÓSTICO DEL PROGRAMA DE FORMACIÓN EN BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA DE LOS CONCESIONARIOS EXPENDEDORES DE ALIMENTOS ADSCRITOS A LA UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI. SEDE PAMPALINDA. CALI, COLOMBIA

Education as a factor in understanding the environment and its relationship with human health. Case study: diagnosis of the training program in good manufacturing practices of food concessionaires attached to the Universidad Santiago de Cali. Pampalinda headquarters. Cali, Colombia

Carlos Guevara-Fletcher

✉ cefletcher8@hotmail.com

🌐 <https://orcid.org/0000-0003-3955-8231>

Alejandra Salazar Lozada

✉ nscpcioncursoasproambiental@gmail.com

🌐 <https://orcid.org/0000-0003-3383-3052>

Universidad Santiago de Cali
Cali, Colombia

Cita este capítulo:

Guevara-Fletcher, C. y Salazar Lozada, A. (2021). La educación como factor de entendimiento del ambiente y su relación con la salud humana. Estudio de caso: diagnóstico del programa de formación en buenas prácticas de manufactura de los concesionarios expendedores de alimentos adscritos a la Universidad Santiago de Cali. Sede Pampalinda. Cali, Colombia. En: Freire Tigreros, M. E. (Ed. científica). *Tópicos de Gestión Ambiental: Enlazando ciencia, sociedad y educación* (pp. 91-130). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

LA EDUCACIÓN COMO FACTOR DE ENTENDIMIENTO DEL AMBIENTE Y SU RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA. ESTUDIO DE CASO: DIAGNÓSTICO DEL PROGRAMA DE FORMACIÓN EN BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA DE LOS CONCESIONARIOS EXPENDEDORES DE ALIMENTOS ADSCRITOS A LA UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI. SEDE PAMPALINDA. CALI, COLOMBIA

*Carlos Guevara-Fletcher
Alejandra Salazar Lozada*

RESUMEN. La presente investigación tiene como propósito diagnosticar el cumplimiento del programa de formación en buenas prácticas de manufactura (BPM) en los manipuladores de alimentos correspondientes a los establecimientos adscritos a la Universidad Santiago de Cali. De acuerdo con lo establecido por la Resolución 2674 de 2013, se elaboró un instrumento aplicativo contentivo de 23 preguntas relacionadas el cual fue aplicado a 62 manipuladores de alimentos de 20 establecimientos expendedores de alimentos. Los resultados evidencian que el nivel de cumplimiento es medio, de acuerdo a las horas de capacitación que han tenido estos empleados (38% para 10 horas). Finalmente, se diseñó un folleto propulsor para el fortalecimiento del Programa de Formación en Buenas Prácticas de Manufactura para su respectiva socialización a la comunidad

universitaria y sus autoridades, así como a los administradores de los establecimientos expendedores de alimentos y sus colaboradores.

PALABRAS CLAVES: buenas prácticas de manufactura (BMP), programa de formación, cumplimiento normativo, manipulador de alimentos.

ABSTRACT. The purpose of this research is to diagnose the compliance of the training program in Good Manufacturing Practices (GMP) in the food handlers from Universidad Santiago de Cali. According to the Resolution 2674 of 2013, an application instrument containing 23 related questions was developed, which was applied to 62 food handlers from 20 food-vending establishments. The results show that the level of compliance is medium according to the hours of training that these employees have had (38% for 10 hours). Finally, a promotional brochure was designed to strengthen the training program on GMP for their respective socialization to the university community and its authorities, as well as to food establishment administrators and their collaborators.

KEYWORDS: Good manufacturing practices (GMP), training program, regulatory compliance, food handler.

INTRODUCCIÓN

Las buenas prácticas de manufactura (BPM) han sido manejadas en torno a la competencia de las diferentes instituciones que, a nivel público y privado, les corresponde garantizar la calidad de los de alimentos para el consumo humano frente a su manipulación, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte

y distribución; siendo necesaria la existencia de un programa de formación para el personal que hace parte de la cadena logística de producción y comercialización de este tipo de productos.

En Colombia, existe además un elemento normativo que hace mención específica de este programa; la Resolución 2674, expresa en su artículo 12, educación y formación: “Todas las personas que realizan actividades de manipulación de alimentos deben tener formación en educación sanitaria, principios básicos de Buenas Prácticas de Manufactura y prácticas higiénicas en manipulación de alimentos” (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). Igualmente, afirma que: “[...] los manipuladores deben estar capacitados para llevar a cabo las tareas que se les asignen o desempeñen en los establecimientos donde trabajan, con el propósito de adoptar las precauciones y medidas preventivas necesarias para evitar la contaminación de los alimentos” (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). Dicha Resolución determina un mínimo de horas de capacitación anual a cumplir (10 horas), que corresponden al plan de formación que debe ser continuo “[...] desde el momento de su contratación y luego ser reforzado mediante charlas, cursos u otros medios efectivos de actualización” (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

En este orden de ideas, se tiene lo relacionado a las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) por malas prácticas de manufactura, las cuales son la consecuencia de no aplicar el conjunto de procedimientos e instructivos (buenas prácticas higiénicas en el manipulador de alimentos, mantenimiento de temperaturas, organización de proveedores, aseguramiento de la calidad) en el control de la calidad del producto, desde la recepción de las materias primas hasta las etapas de limpieza y desinfección para su expendio.

Es así cómo, la formación en los manipuladores de alimentos se convierte en una necesidad para prevenir las causas y efectos que generan la contaminación de los alimentos y sus consecuencias, como son las ETA.

La forma como se minimizan los riesgos de contaminación de los alimentos es por medio de la aplicación de principios de higiene y limpieza; pues sólo a partir de este fundamento, el producto puede mantener su conservación (Amada y Ros, 2007). Solano (2012), cita la teoría de higiene de Nicolás Appert (1810), quien afirmó que el método de conservación de alimentos debe ser por medio de la aplicación de calor en recipientes cerrados. Así mismo, Solano (2012) afirmó que la limpieza e higiene en el manejo y preparación de los alimentos y su calentamiento en envases sellados sin aire los mantendría en buenas condiciones, resaltando el concepto de sanidad para la vida útil de un producto donde la responsabilidad recae en el manipulador de alimentos quien por medio de actitudes y disposición a la prevención del riesgo puede alcanzar la aplicabilidad efectiva del término.

Por otro lado, la teoría de motivación e higiene y seguridad dada por Herzberg en 1959 (Solano, 2012) sugiere que el grado de aceptación y confort en el trabajo tiene incidencia en los efectos de la higiene. Así las cosas, se podría interpretar que sí un manipulador de alimentos debe cumplir un conjunto de reglas o prácticas higiénicas, su motivación será el impulso para alcanzar productos controlados y, por lo tanto, exentos de todo peligro de contaminación (Aguilar, 2012).

Por otro lado, la falta de análisis e identificación de las causas de contaminación del producto alimenticio, puede desencadenar

distintas enfermedades. Según Pasteur (1870)¹⁰ , existe una gran diversidad de microorganismos patógenos que son generados por la falta de limpieza y desinfección del entorno o ambiente en los procesos (Aguilar, 2012; Solano, 2012).

Así mismo, Koch en 1882 (Solano, 2012), afirmó que los microorganismos patógenos de enfermedades pueden estar como hospederos naturales tanto en el ser humano como en los animales. Las anteriores teorías, por tanto, son precursoras del comienzo de la implementación de los distintos sistemas de calidad en manipulación de alimentos. Así por ejemplo Harrington en 1991 (citado por Solano, 2012), estableció la teoría de la calidad, que demuestra la estructura organizacional de un departamento de aseguramiento y control de la calidad para que se analice, identifique y controle las márgenes de error en la calidad y se establezca un proceso de mejoramiento continuo en cuanto a las BPM.

Así las cosas, dentro de un sistema de aseguramiento y control de la calidad nace la necesidad de estructurar programas de formación medible, cuantificable y alcanzable para garantizar un producto con más equilibrio sanitario (Gil y Hernández, 1999). Este fundamento se apoya en la teoría de los procesos cuya comprensión refiere a instrumentos como capacitación y formación, definidos como un conjunto de herramientas metodológicas y pedagógicas tendientes a crear en los manipuladores de alimentos imaginarios subjetivos, potencializando las capacidades, habilidades o destrezas para controlar por sí solo los orígenes de contaminación en los alimentos (Armendáriz, 2012).

10 Fecha aproximada de las investigaciones realizadas por Pasteur en la segunda mitad del siglo XIX.

Miranda (2013) y Montes y Pacheco (2017), definen las BPM como el instrumento fundamental en todas las operaciones de producción, ya que contiene insumos que garantizan mantener estable la calidad de los productos como son el plan de saneamiento que incluye limpieza y desinfección, manejo integral de residuos sólidos, manejo integral de plagas y programa de abastecimiento de agua.

Actualmente, las BPM están siendo implementadas en las industrias de alimentos con la finalidad de que las empresas puedan avanzar en el mejoramiento respecto a la inocuidad de los productos (Bravo, 2015). Mientras, que la Organización Mundial de la Salud [OMS] (2017) añade que las BPM deben ser la base suficiente con estructura metodológica para el aseguramiento y control de la calidad tanto en medicamentos biológicos como en los alimentos, entre otras cosas porque los agentes farmacéuticos pueden tener incidencia final como vectores en la salud humana cuando son suministrados, por ejemplo, en animales para consumo.

La falta de prácticas higiénicas en la elaboración, manejo y expendio de los productos alimenticios ha sido de gran interés a través de la historia (Montes y Pacheco, 2017). Una de las razones por las cuales este tema es relevante, se debe a la relación existente entre la falta de buenas prácticas higiénicas para la elaboración, manejo y expendio de alimentos, y las enfermedades transmitidas por los mismos (Carrasco, Guevara y Falcón, 2013). La contaminación de los alimentos constituye un riesgo inminente tanto para la seguridad alimentaria de la población como para la salud pública en general (Floréz, Rincón, Garzón y Vargas, 2008). Es de anotar que la Organización Mundial de la Salud [OMS], define esta problemática como un riesgo de salud pública a nivel mundial (Kopper, 2009).

Para el continente americano en países como Costa Rica, el Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua, las enfermedades transmitidas por alimentos han sido objeto de investigación, lo cual ha llevado a implementar alternativas de control (Mercado, 2007). Dichas investigaciones encontraron la existencia de prácticas inadecuadas de manufactura que no garantizan la inocuidad de los alimentos. Estos estudios mostraron una serie de patógenos potencialmente perjudiciales para la salud (Kopper, 2009).

Según Peña y Salas (2016), es importante anotar que la principal fuente de contaminación en los alimentos, son las personas que tienen a cargo los procesos directos e indirectos para la manipulación de los mismos ya que el nivel de conocimiento de los manipuladores y las condiciones higiénico sanitarias, son causas que podrían desencadenar riesgos de contaminación y producir las ETA.

Autores como Díaz y Uría (2009), afirmaron que las nuevas corrientes en el consumo de alimentos en el mundo apuntan a que el consumidor exija normas cada vez más estrictas en relación a la sanidad, inocuidad y calidad de estos. Todo esto enmarcado en el proceso de globalización que conlleva mayor competitividad no solo en la gestión de mercados sino en la calidad de los productos oferta, máxime si se trata de aquellos que, como los productos alimenticios, pueden ser causa de brotes de enfermedades como las ETA. Esto a su vez, ha generado que los establecimientos que producen y venden productos alimenticios para comunidades educativas, contemplen la promoción y prevención de la contaminación de alimentos a través del desarrollo de programas de buenas prácticas de manufactura, siendo estas herramientas esenciales para expender productos más sanos y seguros, formando y capacitando a su personal en “el manejo correcto de todos los procedimientos” (Montes y Pacheco, 2017, p. 1).

Entrando en materia de los servicios de alimentos en las instituciones universitarias colombianas, se evidencia una problemática frente a las BPM. En la Universidad del Cauca corroboraron factores de riesgo de ETA por presencia de microorganismos, falta de programas documentados de limpieza y desinfección, la ausencia de programas de residuos sólidos, la deficiencia en los programas de control de plagas, el mal diseño de las edificaciones y la presencia de coliformes de origen fecal en jugos de fruta y en ensaladas frescas. Por ello afirmaron que “los alimentos constituyen una necesidad inherente al ser humano, y estos deben ser consumidos en estado inocuo, es decir, que no representen riesgo para la salud del consumidor” (Serna, Guarnizo y Valencia, 2012).

En la ciudad de Cali, existen varios estudios que tratan las buenas prácticas de manufactura dentro de sus instalaciones como el llevado a cabo por Rache y González (2012), quienes expresaron la necesidad no solo de tener un programa de BPM en las instituciones educativas, sino que debe existir una política que se aboque a la capacitación o formación del personal que manipula los alimentos, diseñado de forma tal que permita la fácil comprensión de las medidas y prácticas de la manipulación de los elementos, insumos y alimentos que se lleva a cabo en los establecimientos que expenden este tipo de productos, el cual debe ser así mismo, actualizado periódicamente de acuerdo a las normas gubernamentales vigentes.

Estas BPM han buscado un estricto control para los establecimientos comerciales que venden alimentos, de acuerdo a un estudio desarrollado por Luna et al. (2011). Ahora bien, la Universidad Santiago de Cali no ha sido la excepción. En el año 2004 se realizó un trabajo que brindó las bases para la aplicación de las buenas prácticas de manufactura en la Universidad. Se explicó, entonces

los principios básicos y prácticas generales de higiene que se deben tener en cuenta para la manipulación, la preparación, envasado, almacenamiento, transporte y comercialización de alimentos (Cifuentes, Muriel y Pedraza, 2004). Así mismo, se realizó otro estudio básico en la Universidad, sobre las buenas prácticas de manufactura desde el contexto de la educación ambiental (Zuñiga, Vargas y Klinger, 2016).

Por lo anterior, se hace necesario que los establecimientos expendedores de alimentos adscritos a la Universidad Santiago de Cali, bajo la modalidad de concesionarios, conozcan y además presenten programas de formación en buenas prácticas de manufactura (higiénicas) para el personal manipulador de alimentos, con el propósito de aplicar la norma sanitaria emitida en la Resolución 2674 de 2013 (reglamenta el artículo 126 del Decreto 019 de 2012). Es importante señalar que sólo a partir de la caracterización de las personas, y de conocer cómo se encuentran en los procesos de capacitación en materia de manipulación sanitaria, se pueden disminuir los riesgos conducentes a la presencia de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA).

El presente estudio se justifica en los parámetros de la Resolución 2674 de 2013, la cual reglamenta el artículo 126 del Decreto 019 de 2012 (Minsalud, 2013) cuyo objetivo es el control y vigilancia de la calidad y seguridad de los productos alimenticios. Este exige que todos los establecimientos expendedores de alimentos formen a los manipuladores en prácticas higiénicas desde el contexto de las buenas prácticas de manufactura (BPM). Se hace necesario, aplicar las BPM en la USC para prevenir las ETA. Así, este trabajo busca cumplir con la normativa estatal existente, lo que permitirá determinar si las prácticas higiénicas que aplican los manipuladores de alimentos

que laboran en estos establecimientos, están articulados con los requisitos establecidos por la Resolución 2674/13.

Por todo lo anterior se plantea entonces: evaluar el cumplimiento del Programa de formación en Buenas Prácticas de Manufactura en los concesionarios expendedores de alimentos adscritos a la Universidad Santiago de Cali, sede Pampalinda; para ello se busca, 1. Determinar el grado de cumplimiento del Programa de formación en Buenas Prácticas de Manufactura de los concesionarios expendedores de alimentos adscritos a la Universidad Santiago de Cali, de acuerdo a lo estipulado en el Resolución 2674/13 en cuanto a la intensidad horaria de la capacitación (Artículo 12). 2. Catalogar los registros existentes en la Universidad de las enfermedades transmitidas que se pudieran presentar debido a las malas prácticas de manufacturas existentes y así poder comparar con las teorías relacionadas con las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y 3. Diseñar un ejemplar didáctico para impulsar el cumplimiento del programa de formación en buenas prácticas higiénicas para el personal manipulador de alimentos (folleto educativo).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este proyecto se llevó a cabo en la Universidad Santiago de Cali (USC) sede Pampalinda, de la ciudad de Santiago de Cali, localizada en la Calle 5 No. 62-00, al sur de la ciudad. Como parte de la logística, se procedió a solicitar autorización para el levantamiento de la información a las áreas de Salud, Coordinación Ambiental, Jurídica y la Maestría en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible. Igualmente, se elaboró un cronograma para el desarrollo del trabajo de terreno para el levantamiento de la información. Se firmó un

acuerdo de confidencialidad entre la Universidad y el autor del trabajo de investigación con el propósito de hacer un uso y manejo discreto de la información de los datos obtenidos.

Para indagar acerca del conocimiento sobre BPM, se elaboró un formato de encuesta que consta de 23 preguntas con opción de respuesta “sí” y “no”, donde a partir de la pregunta 1 hasta la 11 corresponde a datos sociodemográficos tales como: edad, género, nivel de escolaridad, línea gastronómica, años de experiencia, cargo actual, fecha de ingreso, capacitación con el establecimiento actual y otros con sus respectivas horas.

A partir de la pregunta 12 hasta la 23, corresponde al conocimiento en buenas prácticas de manufactura en los manipuladores de alimentos de los distintos establecimientos correspondientes a los cuatro grupos en los que se dividieron, según su ubicación dentro de la Universidad, los concesionarios de alimentos (figura 1). Fueron visitados 25 establecimientos (clasificados en cuatro grupos) y se encuestaron 62 manipuladores de alimentos quienes trabajan en dichos establecimientos de comida ($n = 101$, nivel de confianza (%): 95 y Error (%): 8).



Figura 1. Mapa de ubicación de bloques de la Universidad Santiago de Cali, sede Pampalinda en Cali, donde se encuentran los concesionarios que prestan el servicio de venta de alimentos, los cuales fueron unificados por grupo según su lugar de localización. **Grupo I (O) Bloque 6. Idiomas:** 1. Ligth # 2. Einsteins Coffee; **Grupo II (□) Boulevard:** 1. Jugos. 2 La Fábrica del Crepé. 3 Happygo. 4. Boquitezo 5. Prapers. 6 Panadería La Paola, 7. Restaurante Antinos. 8 La Locura. 9 Rico Sabor Parrilla. 10. Pizza al Paso; **Grupo III (◆) Sótano bloque 7:** 1. Frutidelicias Bananín. 2 Frutería Ice Tropical. 3 Papitodo. 4 Fares; **Grupo IV (Δ) Polideportivo:** 1. Restaurante el Mesón Santiaguino. 2 Cholados y Raspados El amiguito. 3 Lila Fast Food. 4 Los Fundadores.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez terminada la aplicación de la encuesta, se inició el análisis y tabulación de la información con la herramienta Microsoft Excel, con la cual se construyó una base de datos con el propósito de realizar el diagnóstico del programa de formación en BPM.

RESULTADOS

Se analizaron un total de 25 establecimientos de comidas en la Universidad Santiago de Cali distribuidos en cuatro grupos dependiendo de la zona de ubicación: Boulevard (14), el polideportivo (4), el sótano del bloque No. 7 (5) y el bloque bloque 6, de idiomas (2) (tabla 1). Se encontró que un total de 101 manipuladores laboran en los establecimientos, realizándose 62 encuestas.

Tabla 1. Establecimientos manipuladores de alimentos agrupados en cada una de las cuatro zonas de ubicación, en la Universidad Santiago de Cali, sede Pampalinda.

No.	Nombre de Establecimiento	Manipuladores	Encuestados
Grupo Boulevard			
1	D´Café	5	
2	M Arroz	2	
3	La Pollería	3	
4	La Delicias del Niche de la U	6	
5	Jugos	2	
6	La Fábrica del Crepe	4	
7	Happy go	2	
8	Boquitezo	3	

TÓPICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL:
ENLAZANDO CIENCIA, SOCIEDAD Y EDUCACIÓN

9	Prapers	2	
10	La Paola	9	
11	Antinos	14	
12	La Locura	2	
13	Rico sabor Parrilla	6	
14	Pizza al paso	3	
	Total Grupo Boulevard	63	33
	Grupo Polideportivo		
15	El mesón de Santiago	14	
16	Lila Fast Food	2	
17	Los Fundadores	2	
18	Cholados y raspado el amiguito	2	
	Total Grupo Polideportivo	20	15
	Grupo Bloque (7) Sótano		
19	Frutidelicias Bananín	4	
20	Frutería Ice Tropical	2	
21	Papitodo	2	
22	Fares	3	
23	Don el Chef	2	
	Total Grupo Sótano	13	9
	Grupo Bloque (6) Idiomas		
24	Einstein ´s Cofee	3	
25	Ligth # 1	2	
	Total Grupo Idiomas	5	5

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de la encuesta aplicada

La encuesta aplicada a las 62 personas manipuladoras de alimentos en la Universidad Santiago de Cali arrojó que todos los trabajadores son mayores de edad siendo la edad mínima 19 años y la mayor los 65 (tabla 2). En el género femenino se ubica la mayor cantidad de manipuladores de alimentos, al contrario de lo que sucede con los hombres. Estos últimos además presentan una mayor heterogeneidad en edades, siendo levemente el promedio de edad mayor en comparación de las mujeres (tabla 3).

Tabla 2. Distribución por género y edad de los manipuladores de alimentos de la Universidad Santiago de Cali, sede Pampalinda.

Género	Cantidad	Mínima	Máxima	Promedio	Coefficiente de variación %
Femenino	54	19	65	39	59
Masculino	8	24	61	44	72
Total general	62	19	65	39	60.4

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en el nivel de escolaridad muestran que todos tienen algún nivel de estudio alcanzado. Sin embargo, 16.1% no terminaron sus estudios de bachillerato. El mayor nivel educativo lo muestran los bachilleres con el 56.4%, seguido del nivel educativo técnico con el 17.74%. Hay que destacar que el 6.4% y el 3.2% tienen estudios de pregrado y posgrado, respectivamente (tabla 3).

Tabla 3. Distribución Nivel de Escolaridad de los manipuladores de alimentos de la Universidad Santiago de Cali, sede Pampalinda.

Nivel estudios	Cantidad	Porcentaje %
Sin estudio	0	0
Primaria	10	16.1
Secundaria	35	56.4
Técnico	11	17.7
Tecnólogo	0	0
Pregrado	4	6.4
Posgrado	2	3.2
Total general	62	100

Fuente: Elaboración propia.

El grupo de establecimientos ubicados en el boulevard es el que mayores líneas de servicios gastronómicos presentó (53.2%), con una gran diversidad de alimentos para disposición de los consumidores; le siguen los establecimientos tipo restaurantes del grupo 4 (Polideportivo) con el 24.2%; posteriormente se encuentra la variedad de establecimientos comerciales del grupo 3 (bloque 7) en el sótano con el 14.5%, y finalmente el grupo 1 (bloque seis) con el 8% (tabla 4).

Tabla 4. Distribución línea gastronómica por grupo de los manipuladores de alimentos de la Universidad Santiago de Cali, sede Pampalinda.

Línea Gastronómica	Grupo 1 (%)	Grupo 2 (%)	Grupo 3 (%)	Grupo 4 (%)	Total general (%)
Restaurante	0	17.7	0	19.4	37.1
Comidas rápidas	0	14.5	0	1.6	16.1
Helados y postres	0	0	0	0	0
Frutería y jugos	0	1.6	8.1	3.2	12.9
Fritanga (fritos)	3.2	0	6.5	0	9.7
Panadería y derivados	0	16.1	0	0	16.1
Otros	4.8	3.2	0	0	8.1
Total general	8.1	53.2	14.5	24.2	100

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de años de experiencia laboral en manipulación de alimentos, se manejaron intervalos de 5 años, desde 1 a 30 años, existiendo 6 intervalos. En los establecimientos del grupo 1, los manipuladores con poca experiencia entre 1 a 5 años y entre 16 a 20 años representaron la misma cantidad de personas encuestadas prestando el servicio (3.2%), mientras que, en el intervalo de 11 a 15 años, la cantidad de personas representó el 1.6%. En el grupo 2, la mayor cantidad de personas tiene experiencia entre 1 a 5 años

TÓPICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL:
ENLAZANDO CIENCIA, SOCIEDAD Y EDUCACIÓN

(30.7%), y de 1 hasta los 20 años representa poco más del 51%. En el grupo 3, se resalta que, en comparación con los 2 grupos anteriores, el intervalo de experiencia laboral entre 6 a 10 años fue el mayor, con el 6.5%, por último, el grupo 4, la experiencia laboral más alta correspondió al intervalo de 16 a 20 años (8%). Los valores finales por rango de tiempo de experiencia denotan que de 1 a 5 años fue el de mayor cantidad de personas, obteniéndose un 43.6% (tabla 5).

Tabla 5. Distribución de los años de experiencia laboral en los diferentes establecimientos de comidas de cada uno de los grupos estudiados para la Universidad Santiago de Cali, Sede Pampalinda.

Años de Experiencia	Grupo 1 (%)	Grupo 2 (%)	Grupo 3 (%)	Grupo 4 (%)	Total General (%)
1 a 5 años	3.2	30.7	3.2	6.5	43.6
6 a 10 años	0	16.1	6.5	3.2	25.8
11 a 15 años	1.6	3.2	1.6	4.8	11.3
16 a 20 años	3.2	1.6	3.2	8.1	16.1
21 a 25 años	0	0	0	1.6	1.6
26 a 30 años	0	1.6	0	0	1.6
Total general	8.1	53.2	14.5	24.2	100

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al cargo laboral de las personas encuestadas se observó que el 79% corresponde a manipuladores de alimentos, y el 21% a administradores de los establecimientos comerciales (tabla 6).

Tabla 6. Distribución por tipo de relación laboral con los establecimientos de la Universidad Santiago de Cali.

Cargo	Cantidad	Porcentaje (%)
Administrador	13	21
Manipulador	49	79
Total general	62	100

La tabla 7 presenta los resultados de la encuesta en relación a la pregunta de sí el personal ha recibido capacitación en manipulación de alimentos. Los resultados arrojaron que el 79% de las personas, si ha recibido formación en el establecimiento en el que actualmente laboran, el 21% por el contrario afirma no haber recibido este tipo de capacitación (tabla 7).

Tabla 7. Distribución de la respuesta a la pregunta de si o no ha recibido capacitación en el establecimiento actual de la Universidad Santiago de Cali, sede Pampalinda.

Opción	Cantidad	Porcentaje (%)
Si	49	79
No	13	21
Total general	62	100

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 9 describe los hallazgos en relación a la cantidad de horas de capacitación de la población que afirmó haberla recibido. La intensidad horaria de 10 horas obtuvo el mayor porcentaje (38%), repartidos en los años 2017 con el 30% y 2018 con el 8%, correspondiente al grupo boulevard, sótano y Polideportivo; en segundo orden le sigue con el 12% la intensidad horaria de 2 y 6 horas correspondiente a los años 2016, 2017, 2018 con similitud de porcentaje clasificados en los grupos idiomas y boulevard. Finalmente, para la intensidad horaria de 4 horas el porcentaje fue del 10% para el grupo de boulevard y sótano (tabla 8).

Tabla 8. Distribución del número de horas de capacitación por año en los distintos establecimientos de comida de los cuatro grupos establecidos respecto a su ubicación, estudiados de la Universidad Santiago de Cali, sede Pampalinda.

Horas	Personas	Año	Porcentaje (%)	Grupo
	2	2016	2	Sótano
		2017	2	Polideportivo
2	6	2016	2	Idiomas
		2017	2	Boulevard
		2018	8	Boulevard
3	3	2017	4	Boulevard
		2018	2	Sótano
4	9	2016	2	Boulevard, Sótano
		2017	8	Boulevard
		2018	8	Boulevard
6	6	2017	8	Idiomas, Boulevard

		2018	4	Boulevard
8	5	2017	10	Boulevard, Sótano, Polideportivo
10	18	2017	30	Idiomas, Boulevard, Sótano, Polideportivo
		2018	8	Boulevard, Polideportivo
Total	49		100	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 9, muestra el grado de conocimiento sobre buenas prácticas de manufactura de los manipuladores de alimentos de los concesionarios adscritos a la Universidad Santiago de Cali. Los criterios “no” y “si” corresponden a las respuestas de las personas frente a las preguntas 12 a 23, referenciadas en el anexo 1 (tabla 9).

En relación al conocimiento sobre buenas prácticas de manufactura, las respuestas de las preguntas número 12 a la 16, 18, 21 y 23 evidenciaron que las personas sí han realizado u obtenido capacitaciones frente a lo pedido en dichas preguntas, en porcentajes mayores al 61% (tabla 9). En contraste, las respuestas a las preguntas 17 y 20, mostraron la falta de capacitación en los aspectos tratados en ellas (tabla 9). La respuesta a la pregunta 19, sobre conocimiento de resultados microbiológicos de los estudios en los alimentos, muestra que sí conocen los análisis, con un porcentaje de 51.6%.

Tabla 9. Conocimiento en buenas prácticas de manufactura en los manipuladores de alimentos de los distintos establecimientos correspondientes a los cuatro grupos estudiados de la Universidad Santiago de Cali, sede Pampalinda. Respuesta (R), Pregunta (P) y Número consecutivo de pregunta de la encuesta aplicada (Anexo 1).

R	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23
No	33.9	9.7	3.2	3.22	38.7	61.3	37.1	48.4	75.8	35.5	11.3	33.9
Si	66.1	90.3	96.8	96.8	61.3	38.7	62.9	51.6	24.2	64.5	88.7	66.1

Fuente: Elaboración propia.

Estadísticas de enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) en la Universidad Santiago de Cali.

Se obtuvo información parcial (los resultados sobre problemas particulares de salud de la población son de carácter confidencial) por parte del Área de Salud de la Universidad Santiago de Cali, referente a algunas de las problemáticas digestivas evidenciadas por la comunidad de la Universidad durante el año 2017. Se encontraron doce enfermedades que pueden estar relacionadas con la alimentación, manipulación de alimentos y/o mala higiene del hospedador. Las enfermedades diagnosticadas con mayor frecuencia entre los estudiantes fueron la diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso con 938 personas y la que menos se presentó fue la enteritis debida a rotavirus y coronavirus (Tabla 10).

Tabla 10. Evidencias de problemáticas de salud que podrían provenir de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) en la Universidad Santiago de Cali, sede Pampalinda.

Diagnóstico	Frecuencia
Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso	938
Infección debida a salmonella no especificada	1
Otras infecciones intestinales bacterianas especificadas	2
Infección intestinal bacteriana, no especificada	14
Intoxicación alimentaria estafilocócica	2
Intoxicación alimentaria bacteriana, no especificada	22
Disentería amebiana aguda	2
Colitis amebiana no disentérica	7
Enteritis debida a rotavirus	1
Enteritis debida a adenovirus	1
Otras enteritis virales	16
Infección intestinal viral, sin otra especificación	7

Fuente: (Coordinación del Área de Salud de la Universidad Santiago de Cali).

Es importante señalar que no se tuvo acceso a información que permitiera dilucidar algunas inquietudes referentes al origen de las ETA, cuya frecuencia se evidencia en la tabla anterior; así mismo, no fue posible conocer qué áreas académicas y administrativas

reportaron, dentro del campus de la universidad, mayor incidencia de estas enfermedades; tampoco fue posible establecer con certeza que dichos brotes tengan su fuente en los alimentos expedidos en los establecimientos adscritos a la Universidad Santiago de Cali.

Folleto educativo del Programa de Formación en Buenas Prácticas de Manufactura para socializar en los administradores y manipuladores de alimentos de los concesionarios adscritos a la Universidad Santiago de Cali.

Se presenta una aproximación a lo que debe ser un ejemplar didáctico-pedagógico para entregar en papel, no solo al personal manipulador/trabajador en los lugares expendedores de alimentos sino también a la comunidad universitaria con el propósito que motive el entrenamiento, la formación y el conocimiento continuo sobre las buenas prácticas higiénicas y de manufactura en los establecimientos expendedores de alimentos, adscritos a la Universidad Santiago de Cali, sede Pampalinda. Se busca con ello también, prevenir las enfermedades transmitidas por alimentos, que frecuentemente aparecen en lugares con alta manipulación de alimentos y que podrían ser un riesgo de salud por la alta afluencia de personas que conviven en una institución educativa, en este caso en la Universidad Santiago de Cali (Anexo 2).

DISCUSIÓN

El presente trabajo, evidenció que las mujeres son quienes mayormente están encargadas de las labores que tienen que ver con alimentos (Salas et al., 2010). Igualmente, que la mayoría son

manipuladores en una edad productiva; quienes trabajan con alimentos están entre los 35-45 años, con una experiencia en su mayoría de 1 a 5 años, que han tenido capacitación en BPM y con un nivel de estudios máximos de secundaria (Salas et al., 2010).

La necesidad de realizar una continua evaluación de los programas de formación en BPM se hizo evidente ya que el 24.2% confirmó un conocimiento bajo asociado al análisis, identificación y control de riesgos de contaminación. Según Armendáriz (2012), además de realizar procesos de capacitación a las personas que hacen parte en la manipulación de alimentos, es esencial realizar un seguimiento programado a los mismos. La nula o pobre capacitación de los empleados puede repercutir en posibles impactos sobre la higiene, mantenimiento y buenas prácticas para la conservación de los alimentos. En contraste, la capacitación sobre la limpieza, desinfección, manejo integral de residuos sólidos y de plagas, mostró que las personas tienen conocimiento (96,7%), con lo cual se debe mantener dichas capacitaciones en estos aspectos.

Lo anterior permite confirmar que la eficiencia del Programa de Formación respecto al conocimiento en general de las buenas prácticas de manufactura en lo concerniente a las condiciones higiénico sanitarias presentes en el lugar, manejo del ambiente y enseres, es difuso, por cuanto se capacita más en unos temas y menos en otros, cuando todos deberían tener la misma importancia. Según la Resolución 2674 de 2013, el conocimiento sobre las BPM debe ser total. Es esencial el cumplimiento de dicha resolución en todas las empresas expendedoras de alimentos en el país, y en particular, en los ambientes educativos como las instituciones universitarias. Las falencias en el otorgamiento al personal manipulador de tiempo y frecuencia del entrenamiento y capacitación pueden incidir en la forma como se aprenden los conceptos de higiene. Se recomienda

dar una educación continuada y repetitiva para mejorar la gestión en la implementación de programas de educación en saneamiento que contemplen un reconocimiento a la participación para motivar a los empleados (Luna et al., 2011).

Díaz y Uría (2009), mencionan la necesidad de una guía de BPM que tiene como propósito fundamental consolidar el conocimiento básico para el buen manejo de alimentos, en el marco de la gestión ambiental, teniendo presente como factor elemental la garantía de la inocuidad de los alimentos expendidos en concesionarios, como es el caso de los establecimientos adscritos a las instituciones educativas, por representar una población vulnerable a la presencia de ETA, en el caso del incumplimiento de las recomendaciones de estas guías. Para mantener las BPM también se necesita tener planes de gestión integral de residuos sólidos y líquidos puesto que estos hacen parte del saneamiento básico de un establecimiento. En las diferentes etapas o procesos donde se transforma cualquier materia prima en un producto terminado genera residuos orgánicos e inorgánicos, los cuales producen un impacto negativo en el medio ambiente, entre los que se encuentra el aumento de plagas (Troncoso, 2008; Aguirre, 2014).

Así mismo, Bush et al. (2009) encontraron que la capacitación a pequeños empresarios en temas de seguridad e inocuidad con el apoyo de material sencillo, fácil de usar y con demostraciones didácticas pueden garantizar el éxito de un programa de capacitación (Luna et al., 2011). Claramente, la generación de un manual o guía para conocimiento de buenas prácticas de manufactura en manipulación de alimentos y ETA para el personal que labora en los distintos sistemas escolares y universitarios, así como para la comunidad educativa, es una buena herramienta para prevenir problemas de salud (Acosta et al., 2003).

La falta de educación sanitaria en los manipuladores de alimentos hace que el aseguramiento y control de la calidad no garantice las condiciones microbiológicas del producto (Minsalud, 2018; Ramírez et al., 2018). Los procesos pedagógicos y metodológicos dentro de la enseñanza en el manejo de los productos deben potencializar las capacidades, destrezas y habilidades para que quienes tengan a cargo las etapas de elaboración, procesamiento, empaque, distribución, transporte y expendio de los mismos (Gil de V, Revuelta, y Serra, 2000). Además, deben proponerse acciones correctivas basadas en el análisis, identificación y control de los riesgos de contaminación producidos por las malas prácticas higiénicas.

Igualmente, se hace necesario incluir un plan de saneamiento básico. Este programa incluye subprogramas que buscan evitar las enfermedades transmitidas por alimentos, y controlar, de una forma más efectiva, las contaminaciones en los alimentos y el comportamiento del operario frente al cumplimiento de cada instructivo (Giraldo y Corpas, 2016). El programa de limpieza y desinfección se define como el conjunto de procedimientos e instructivos que busca minimizar las cargas microbianas en el manipulador de alimentos, superficies, equipos, infraestructura y ambientes, manteniendo así un consumo de alimentos más seguros y controlados (Araujo et al., 2017). Gracias a este protocolo disminuye el índice de microorganismos patógenos que se generan dentro de la actividad diaria en las diferentes operaciones del proceso de BPM (Salgado y Castro, 2007). En consecuencia, una de las formas para prevenir afectaciones en la salud es el uso de sustancias químicas como detergentes y desinfectantes en las líneas industriales las cuales cumplen un papel importante para la desinfección en los distintos procesos de BPM (León y Ramírez, 2004).

En cuanto a la eficiencia de los programas de capacitación en BPM, autores como Díaz y Uría (2009), recomiendan evaluar las necesidades de capacitación del personal anualmente, en función de los resultados del año anterior y de la evaluación de eficacia de los programas de capacitación, ante lo cual se pudo evidenciar que los resultados de la investigación dan por sentada la eficacia del programa aplicada a estos colaboradores, por cuanto el 76% en promedio afirma que sí son efectivas.

El cumplimiento de estos requisitos es indispensable, ya que reflejan la responsabilidad sanitaria de la Universidad Santiago de Cali, de garantizar la calidad de los alimentos expendidos en los establecimientos adscritos a ella para toda la comunidad universitaria. De tal manera que los centros educativos deben estar inmersos bajo principios de aseguramiento y control de la calidad, como alternativa preventiva de las enfermedades transmitidas por alimentos que, en un momento dado, por falta de capacitación y conciencia en los manipuladores, puedan generar un riesgo de salud pública a la población consumidora (Gil de V et al., 2000). Es importante señalar que la seguridad alimentaria se basa en tres grandes principios: actitud responsable del manipulador respecto a la garantía de preservar la salud de la comunidad universitaria a través de procesos formativos; potencializar las capacidades, habilidades y destrezas para analizar, identificar y controlar los diferentes riesgos de contaminación que se genera en la cadena alimentaria; y disminuir la presencia de ETA en la población universitaria.

Son pues, los entes educativos quienes deben exigir y educar en un mayor cumplimiento de todas las etapas de manipulación y procesamiento de alimentos a los concesionarios establecidos en los mismos, ya que cualquier procedimiento llevado de forma inadecuada puede generar problemas de salud.

Los períodos de capacitación correspondientes a los años 2016, 2017, 2018 de los concesionarios adscritos a la Universidad Santiago de Cali indican variabilidad en el número de horas, pero que, no obstante, se encuentra en marcha. La Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Protección Social en sus artículos 12 y 13 expresa la importancia de que el Plan de Formación en Buenas Prácticas de Manufactura se ejecute en el lapso de un año con una periodicidad mínima de diez horas anuales. Los resultados de la presente investigación evidencian un nivel de cumplimiento de la cantidad mínima de capacitación para el personal manipulador de alimentos de los establecimientos adscritos a la Universidad Santiago de Cali, que está representado en primer lugar por un 79% (49 personas) de los mismos recibiendo tal capacitación, y en segundo lugar, la intensidad horaria, la máxima exigida (10 horas) de tales capacitaciones ha sido en un 38% (18 personas), lo cual permite afirmar que el nivel de formación de los manipuladores de alimentos en cuanto a la cantidad de horas recibidas en estas capacitaciones es medio, puesto que en el rango del 100% de cumplimiento se tiene tan solo un 38% para el mínimo de horas de capacitación requeridas; también es importante señalar que, de la totalidad de personas encuestadas, 49 han recibido capacitación en BPM en estos concesionarios (79%). Sin embargo, del resto de la población encuestada entre el 18 y el 21% ha recibido capacitación en otros establecimientos, por lo que finalmente solo se tienen un número mínimo de personas que no tienen ningún tipo de formación.

Frente al análisis, de si existe relación entre las enfermedades reportadas por el área de salud de la Universidad y la falta de capacitación en los manipuladores de alimentos y con ello una afectación por enfermedad en algún estudiante de la USC que se acerca al Centro de Salud Universitario, esta no se pudo

evidenciar. En primera instancia los reportes del Área de Salud de la Universidad son confidenciales, con lo cual no se tiene un referente que determine cuándo, ni en qué lugar, ni a quién y por qué sucedió dicha afectación sanitaria. Así mismo, no se sabe si la enfermedad se contrajo en casa o en algún otro lugar que expendiera alimentos ubicado fuera de la Universidad. Respecto a este aspecto, es frecuente observar varios estudiantes de la Universidad comprando y consumiendo alimentos en puestos ambulantes fuera de esta, los cuales muestran que no aplican las buenas prácticas de manufactura por parte del manipulador. Sin embargo, se hace evidente que hay un número considerable de casos diagnósticos de enfermedades que tienen relación posible con y por la alimentación debido a los casos presentados.

Según la OMS las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) presentan un conjunto de síntomas originados por la ingestión de alimentos y/o agua que contengan agentes biológicos (p. ej., bacterias o parásitos) o no biológicos (p. ej., plaguicidas o metales pesados) en cantidades tales que afectan la salud del consumidor en forma aguda o crónica (Calderón, 2018). Según la Organización Panamericana de Salud (OPS), las enfermedades transmitidas por alimentos son una de las causas que afectan la salud pública del mundo debido al inadecuado control en los procesos directos o indirectos con los productos alimenticios. La OPS afirma que en los años entre 2003 y 2011 se recibieron 6511 informes de brotes de ETA de 22 países de la región (Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, 2011). En general, cerca de 250 000 personas se enfermaron de las cuales 317 murieron.

En Colombia, según los datos del Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA), se reportaron aproximadamente 21 344 casos de ETA entre 2006 y 2008. Mientras que para el año 2018, el Instituto

Nacional de Salud (INS) registró 754 brotes de enfermedades de transmisión de alimentos, observándose asimismo, una disminución para ese año en relación con el anterior, del 5.9% (Ministerio de Salud y la Protección Social, 2018). Para la ciudad de Bogotá, en el año 2010, se enfermaron 2715 personas por esta causa, de las cuales 241 fueron hospitalizadas, falleciendo dos personas. (Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, 2011). Es por ello, que en Colombia las BPM son aplicadas para todos los establecimientos que elaboran, procesan, empaican, distribuyen y expenden alimentos, entre los que se encuentran fábricas de alimentos, cafeterías, restaurantes y demás lugares afines expendedores de alimentos (Salgado y Castro, 2007).

Además de la condición de salud, la higiene personal constituye otro factor asociado al manipulador de alimentos. En diferentes estudios señalan al manipulador de alimentos como el principal agente de contaminación en cualquiera de las etapas del proceso productivo de alimentos, por la ocurrencia de fallas en el cumplimiento de las normas de higiene personal e inadecuados hábitos higiénicos (Campo et al., 2003; Luna et al., 2011). Así por ejemplo, Llenerna (2014), identificó la relación que existe entre la presencia de ETA, la falta de cumplimiento en las medidas sanitarias y las enfermedades gastrointestinales en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. En su trabajo expuso, que la falta de prácticas preventivas en la calidad del producto genera las ETA (Red et al., 2011). Es decir, que bien puede haber una relación entre la falta de BPM y las ETA dentro de las universidades; sin embargo, en este caso fue difícil encontrar dicha relación debido a lo explicado anteriormente.

Ante este concepto normativo y teórico la presente investigación permite impulsar la continuidad de intensidad horaria para la

búsqueda del equilibrio formativo y el bienestar de la comunidad universitaria. Por tal razón el análisis de esta discusión sirve para señalar el cumplimiento de los objetivos específicos y poner a disposición un ejemplar propulsor de buenas prácticas de manufactura tanto para el personal operativo como administrativo.

Referencias bibliográficas

- Acosta, M., Cedrón, G., Díaz, J., Fedelli, C., Mercado, M., y Zelara-yán, R. (2003). *Manual para mejorar la manipulación, elaboración y conservación de alimentos en comedores escolares*. Catamarca, Argentina.: Editorial Científica Universitaria.
- Aguilar, J. (2012). *Métodos de conservación de alimentos*. Cali: Red Tercer Milenio.
- Aguirre, I. (2014). *Formulación del Plan de Saneamiento Básico para la Universidad Libre Sede Bosque Popular*. Tesis de Grado. Universidad Libre. Bogotá D.C 121p.
- Amada, D., y Ros, V. (2007). *La Importancia de la higiene en la elaboración y servicio de comidas*. España: Ideas propias Editorial.
- Araujo, R., Ávalos, M., Carbajal, M., Dámaso, A., e Ibañez, M. (2017). *Diseño de una línea de producción bajo un enfoque de la norma ISO 9001:2015 para la implementación de un nuevo servicio de almuerzos universitarios de la café*. Perú: Universidad de Piura.
- Armendáriz, S. (2012). *Seguridad e higiene en la manipulación de alimentos*. España: Ediciones Parainfo SA.
- Atehortúa, Hurtado, y Federico. (2005). *Gestión y auditoría de la calidad para organizaciones públicas*. Medellín: Ludea.
- Bravo, R. V. (2015). *Guía de buenas prácticas de manufacturas de alimentos para mejorar la oferta gastronómica e imagen corporativa del restaurante yasuni kichwa ecolodge*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica.

- Bush, T., Paleo, L., Baker, R., Dewey, R., Toktogonova, N., y Cornelio, D. (2009). Restaurant supervisor safety training: Evaluating a small business training intervention. *Public Health Rep*, 124 Suppl 1:152-9.
- Calderón, G. (2018). *Estudio de Caso- Enfermedades transmitidas por alimentos en el Salvador*. (O. d. Agricultura, Ed.) Salvador.
- Campo, J., Rodríguez, C., Sierra, A., y Arias, A. (2003). Condiciones higiénico sanitarias de los comedores escolares de Tenerife. *Hig. Sanid. Ambient*, 3:56-64.
- Carrasco, M., Guevara, B., y Falcón, N. (2013). Conocimientos y buenas prácticas de manufactura de personas dedicadas a la elaboración y expendio de alimentos. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 1(1), 7-13. Obtenido de <http://www.upch.edu.pe/vrinve/dugic/revistas/index.php/STV/article/view/104>
- Cifuentes, A., Muriel, L., y Pedraza, P. (2004). Factores de riesgo que influyen en la contaminación de los alimentos en los restaurantes de la Universidad Santiago de Cali. Santiago de Cali, Colombia, Colombia. Obtenido de <https://usc.janium.net/janium-bin/detalle.pl?Id=20190804131731>
- Díaz, A., y Uría, R. (2009). Buenas Prácticas de Manufactura, una guía para pequeños y medianos agroempresarios. (I. I. Agricultura, Ed.) *Serie Agronegocios*. Obtenido de <https://www.iica.int/es/publications/buenas-pr%C3%A1cticas-de-manufactura-una-gu%C3%ADa-para-peque%C3%B1os-y-medios-agroempresarios-good>
- Domínguez, Y. A. (2015). Intervención educativa en manipuladores de alimentos, Hospital IESS Ibarra. Tolima.
- Flórez, A. C., Rincón, C., Garzón, P., y Vargas, N. (2008). Factores relacionados con enfermedades transmitidas por alimentos en restaurantes de 5 ciudades de Colombia. *Asociación colombiana de infectología*, 12(4). Obtenido de <http://www.revistainfectio.org/index.php/infectio/article/viewFile/129/200>

- Gil de V, P., Revuelta, C., y Serra, L. (2000). Evaluación de la eficacia de los cursos de formación sanitaria dirigido a los manipuladores de alimentos del área sanitaria de Gandía Valencia. *Rev Esp Salud Pública*, 300-307. Obtenido de <http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v74n3/manipuladores.pdf>
- Gil, P., y Hernández, F. (1999). Formación sanitaria de manipuladores de alimentos: un nuevo instrumento educativo. *Revista Gaceta Sanitaria*, 13(2), 8116. Recuperado el 2018, de <http://gacetasanitaria.org/es-formacin-sanitaria-de-manipuladores-de-articulo-13008529>
- Giraldo, J., y Corpas, E. (2016). Evaluación de las condiciones higiénico-sanitarias e implementación de un programa de limpieza y desinfección en una cafetería universitaria. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de alimentos.*, 24 (38).
- Hurtado, F. A. (s.f.). *Gestión y Auditoría de la Calidad para organizaciones públicas*. Colombia.
- K., N. M. (2018). *9.062 casos de enfermedades de transmisión por alimentos en Colombia*. Bogotá.
- Kopper, G. C. (2009). *Enfermedades transmitidas por alimentos y su impacto socioeconómico*. Roma: FAO.
- León, M., y Ramírez, E. (2004). *Higiene y Manipulación de Alimentos como factores de prevención en la calidad agroalimentaria*. I Congreso Nacional de Calidad Agroalimentaria. Santander, España.
- Llenerna T., E. I. (2014). *Evaluación del comportamiento del manipulador de alimentos en el cumplimiento de medidas de higiene y manipulación en los servicios de alimentación centro cultural y administrativo de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. Tesis. Quito Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.


- Luna, C., Lozada, S., Rodríguez, P., Orozco, V., y Luna, A. (2011). VII. Necesidades de capacitación en buenas prácticas de manufactura en comedores de actores solidarios inscritos en el plan maestro de abastecimiento y seguridad alimentaria de Bogotá, Colombia. *Revista Alimentos Hoy*, (20), 22.
- Mercado, C. E. (2007). Los ámbitos normativos, la gestión de la calidad y la inocuidad alimentaria: una visión integral. *Agroalimentaria*, 12(24), 119-131.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2013). Resolución 2674, Por la cual se reglamenta el artículo 126 del Decreto Ley 019 de 2012 y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia. Recuperado el 2018, de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2674-de-2013.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social (2018). Boletín Epidemiológico Semana 48. Instituto Nacional de Salud Dirección de Vigilancia y Análisis de Riesgo en Salud Pública. Publicación en Línea.
- Miranda, J. (2013). *Mejores prácticas de preparación de alimentos en la micro y pequeña empresa*. San Salvador: 1ª ed. -- San.
- Montes, C., y Pacheco, K. (2017). *Plan de acción basado en las buenas prácticas de manufactura en bares escolares*. Tesis de Pregrado. Universidad Guayaquil. Facultad de Ingeniería, 176p.
- Muñoz, G. T. (26 de noviembre de 2012). *Descripción de las Condiciones Higiénico Sanitarias de la venta callejera de alimentos del parque nacional*. Tesis. Bogotá D.C, Colombia.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2017). *Documento WHO, serie informes técnicos número 823-Informe 32*. Recuperado el 15 de 11 de 201, de <https://cercal.cl/normas-oms-buenas-practicas-cgmp/>
- Peña B., H., y Salas A., R. (2016). *Relación entre el nivel de conocimiento de manipuladores de alimentos y las condiciones higiénico sani-*

- tarias en comedores populares de Huaycan. Lima: Catedra Villareal.
- Rache A., A. M., y González B., G. H. (2012). Manual de buenas prácticas higiénicas para la industria de alimentos. Bogotá: Fundación Universitaria Agraria de Colombia – UNIAGRARIA.
- Ramírez, J., Acevedo, D., Alvarado, J., González, K., Hidalgo, J., López, J., . . . Vélez, J. (2018). *Leche concentrada azucaradas: de la tradición a la ciencia*. Cali: Universidad Santiago de Cali.
- Reid, C., Koppmann, M., Santin, C., Feldman, P., y Kleiman, E. (2011). *Guía de Buenas Prácticas de Manufactura para servicios de comida*. Argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- Riba Sicart, M. M. (2002). *Estudio de los hábitos alimentarios en población universitaria y sus condicionantes*. (Dialnet, Ed.) Recuperado el 11 de 02 de 2019, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=4511>
- Salas, A., Pérez, A., Arias, J. y Deras, R. V. (2010). *Impactos atribuidos a la capacitación en manipulación de alimentos de temporeras de la comuna DEBUIN 127*. Asociación de Economistas Agrarios, AG, 417.
- Salgado, M., y Castro, K. (9 de noviembre de 2007). Importancia de las buenas prácticas de manufactura en cafeterías y restaurantes. *Vector*, 2, 33-40.
- Secretaría Distrital de Salud de Bogotá. (2011). *Guía para la atención de brotes de ETA (enfermedades transmitidas por alimentos)*. Obtenido de Secretaría Distrital de Salud de Bogotá: <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Todo%20Emergencias/Guia%20Atenci%C3%B3n%20de%20Brotes%20ETA1%20Vr%204.pdf>
- Serna, L., Guarnizo, A., y Valencia, L. (2012). Factores de riesgo de etas, en una comunidad universitaria en Colombia. *Biotechnolo-*

- gía en el sector agropecuario industrial, 10(1), 116-126. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a14.pdf>
- Solano, C. (2012). *Programa de Capacitación sobre las enfermedades transmitidas por alimentos ETAS que se pueden adquirir en los mercados municipales* (Bachelor's thesis, Quito: Universidad Israel, 2012). Quito, Ecuador.
- Troncoso, N. (2008). *Manual sobre Higiene y Saneamiento Ambiental*. Fundación para el Desarrollo Integrado Sostenible. Panamá: Panagraphic.
- Zuñiga, M., Vargas, Y., y Klinger, P. (2016). *Diseño e implementación de un programa de formación en buenas prácticas higiénicas y ambientales sostenible para los expendios de alimentos de la Universidad Santiago de Cali*. Tesis Maestría. Universidad Santiago De Cali. Cali. Colombia. Recuperado el 15 de 03 de 2019, de <https://usc.janium.net/janium-bin/sumario.pl?Id=20190804135925>

**TÓPICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL:
ENLAZANDO CIENCIA, SOCIEDAD Y EDUCACIÓN**




Anexo 1. Encuesta con 23 preguntas para realizar el diagnóstico en buenas prácticas de manufactura a los trabajadores de los concesionarios expendedores de alimentos adscritos a la Universidad Santiago de Cali. Sede Pampalinda. Cali, Colombia.




	<p>Formato Encuesta No. 3 Diagnóstico en buenas prácticas de manufactura en los concesionarios expendedores de alimentos adscritos a la Universidad Santiago de Cali. Sede Pampalinda. Cali, Colombia</p>	<p>Encuesta -----</p>
---	---	---------------------------------------

Programa. Maestría en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible - Fecha: Agosto 22 de 2018
Nombre de la actividad: Encuesta para evaluar Programa de Formación en BPM

No.	Preguntas	Valores	
1.	Edad en años:		
2.	Género	M	F
3.	Nivel de escolaridad		
4.	Línea gastronómica		
5.	Años de experiencia		
6.	Cargo en el empleo actual		
7.	Fecha de ingreso		
8.	¿Usted ha recibido capacitación con el establecimiento actual?	S	N
9.	¿Cuántas horas de capacitación ha recibido?		
10.	¿Usted ha recibido capacitación con otros establecimientos?	S	N
11.	¿Cuántas horas de capacitación ha recibido?		
12.	¿Las capacitaciones recibidas son evaluadas mediante talleres, lúdica, exposición de carteleras?	S	N
13.	¿La metodología utilizada en las capacitaciones le permite comprender el tema?	S	N
14.	¿Usted ha recibido capacitación en buenas prácticas higiénicas como manipulador de alimentos?	S	N
15.	¿Usted está capacitado en temas de saneamiento como: limpieza y desinfección, manejo integral de residuos sólidos y líquidos, abastecimiento de agua potable?	S	N
16.	¿Las sustancias de limpieza y desinfección que usted utiliza son grado industrial?	S	N
17.	¿Usted ha recibido capacitación de proveedores sobre sustancias de limpieza y desinfección grado industrial?	S	N
18.	¿Usted ha recibido capacitación sobre enfermedades transmitidas por alimentos (ETAS)?	S	N
19.	¿Conoce los resultados microbiológicos realizados (manipuladores de alimentos, superficies, equipos y ambientes)?	S	N
20.	¿Usted ha recibido capacitación sobre como analizar, identificar y controlar riesgos de contaminación en los alimentos?	S	N
21.	¿Usted ha recibido capacitación sobre registros o formatos para el control de la calidad del producto?	S	N
22.	¿Usted ha recibido capacitación sobre concientización sanitaria?	S	N
23.	¿Usted tiene certificado de aptitud como manipulador de alimentos?	S	N

Anexo 2. Folleto didáctico de formación en BPM

<p>Beneficios</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Prevención de enfermedades transmitidas por alimentos.✓ Trabajo en equipo por el aseguramiento y control de calidad de alimentos.✓ Mayor bienestar nutricional y sanitario en los estudiantes y demás clientes del claustro universitario.✓ Credibilidad y confianza en responsabilidad sanitaria. 	<ul style="list-style-type: none">✓ Competencias en el mercado institucional universitario de la región.✓ Disciplina.✓ Potencialidad en los manipuladores de alimentos para trabajar comprometidos.✓ Solidaridad compartida por el bienestar del estudiante.✓ Empoderamiento gremial del sector alimentos. 	 <p>BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA RESOLUCIÓN 2674 DE 2013</p> <p>Universidad Santiago de Cali Facultad de Educación Maestría Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible Cali - Colombia 2019</p> <p>Diseño: Alejandra Salazar Lozada</p>
--	--	--

<p>Resolución 2674 de 2013 Art. 12</p> <p>Educación y Formación: "Todas las personas que realizan actividades de manipulación de alimentos deben tener formación en educación sanitaria, principios básicos de Buenas Prácticas de Manufactura y prácticas higiénicas en manipulación de alimentos" (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013, p. 16).</p> <p>Igualmente afirma que: "los manipuladores deben estar capacitados para llevar a cabo las tareas que se les asignen o desempeñen en los establecimientos donde trabajan, con el propósito de adoptar las precauciones y medidas preventivas necesarias para evitar la contaminación de los alimentos" (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013, p. 16).</p> <p>"Importa así mismo señalar que dicha resolución determina un mínimo de horas de capacitación anula a cumplir (10 horas), otros medios efectivos de actualización" (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013, p. 16).</p> 	<p>que corresponde al plan que debe ser continuo "desde el momento de su contratación y luego ser reforzado mediante charlas, cursos u otros medios efectivos de actualización" (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013, p. 16).</p> <p>el cumplimiento de estos requisitos es indispensable ya que reflejan la responsabilidad sanitaria de la universidad Santiago de Cali de garantizar la calidad de los alimentos expedidos en los establecimientos escritos a ella para toda la comunidad universitaria de tal manera que los centros educativos deben estar inmersos bajo principios de aseguramiento y control de la calidad como alternativa preventiva de las enfermedades transmitidas por alimentos que en un momento dado por falta de capacitación y conciencia en los manipuladores puedan generar un riesgo de salud pública a la población consumidora.</p> 	<p>Resolución 2674 de 2013 Art. 13</p> <p>el plan de capacitación debe contener al menos los siguientes aspectos metodología, duración, docentes, cronograma y temas específicos a impartir el enfoque contenido y alcance de la capacitación impartida debe ser acorde con la empresa el proceso tecnológico y tipo de establecimiento que se trate. En todo caso la empresa debe demostrar a través del desempeño de los operarios y la condición sanitaria del establecimiento la efectividad e impacto de la capacitación impartida.</p> <p>PARÁGRAFO 1. Para reforzar el cumplimiento de las prácticas higiénicas se colocarán en sitios estratégicos avisos alusivos a la obligatoriedad y necesidades observancia durante la manipulación de alimentos.</p> <p>PARÁGRAFO 2. El manipulador de alimentos debe ser entrenado para comprender y manejar el control de los puntos del proceso que están Bajo su responsabilidad y la importancia de su vigilancia o monitoreo además debe conocer los límites del punto del proceso y las acciones correctivas.</p> 
---	---	---

CAPÍTULO IV.

INTERVENCIÓN AMBIENTAL EN UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE LA CIUDAD DE CALI PARA GENERAR UNA CULTURA DE RECICLAJE

*Environmental intervention in an educational institution in the city of
Cali to generate a culture of recycling*

Silvia Andrea Quijano Pérez

✉ silvia.quijano00@usc.edu.co

⑩ <https://orcid.org/0000-0002-6371-3038>

Gina Jiménez Enríquez

✉ ginacali@hotmail.com

⑩ <https://orcid.org/0000-0002-9360-0085>

Universidad Santiago de Cali
Cali, Colombia

Cita este capítulo:

Quijano Pérez, S.A. y Jiménez Enríquez, G. (2021). Intervención ambiental en una institución educativa de la ciudad de Cali para generar una cultura de reciclaje. En: Freire Tigreros, M. E. (Ed. científica). *Tópicos de Gestión Ambiental: Enlazando ciencia, sociedad y educación* (pp. 131-185). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

INTERVENCIÓN AMBIENTAL EN UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE LA CIUDAD DE CALI PARA GENERAR UNA CULTURA DE RECICLAJE

*Silvia Andrea Quijano Pérez
Gina Jiménez Enríquez*

RESUMEN. La sociedad actual enfrenta grandes retos frente a los problemas ambientales generados por el crecimiento acelerado de la población y el proceso de industrialización que ha llevado a un consumismo en aumento. Desde las instituciones educativas se tiene el reto de abordar el Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), para fomentar una cultura ambiental; esto se logra sensibilizando a la comunidad educativa en etapas tempranas para que se dimensione el impacto de problemáticas como el manejo de residuos. La investigación tuvo por objetivo fomentar una cultura de reciclaje implementando estrategias de intervención en la Institución Educativa Llano Verde del municipio de Santiago de Cali. La población de estudio se dividió en dos grupos, el primer grupo conformado por todas las dependencias de la institución y el segundo grupo por estudiantes de 4° a 11°. Un test pre y post fue aplicado en el Grupo 1 para evaluar sus conocimientos y actitudes ambientales, mientras que al Grupo 2 se le determinó el grado de apropiación de la cultura del reciclaje. Durante el desarrollo de la investigación se sensibilizó a la comunidad educativa a través de vídeos, capacitaciones ambientales, talleres teórico-prácticos sobre residuos sólidos y a su vez se realizó un acompañamiento durante la caracterización de los

residuos sólidos y campañas ambientales, así como la participación y difusión del proyecto por medio de la red social Facebook.

Antes de la intervención se identificó el mal manejo de los residuos sólidos como principal problemática ambiental existente en la institución (100 %), seguido de la contaminación acústica (63 %). Al finalizar el proyecto el 38 % de la población identificó la contaminación acústica como única problemática actual en la institución. Los estudios reflejaron que las mujeres son mucho más sensibles a los problemas ambientales. Se logró un alto nivel de conocimiento en el Grupo 1 para caracterizar correctamente los residuos sólidos reciclables, los residuos sólidos no reciclables, aerosoles y baterías no fueron fácilmente identificables. El grupo 2 reconoce, en un 98%, la diferencia entre basura y residuo. La comunidad de la institución educativa brindó importancia y participó activamente de las actividades programadas para el proyecto de investigación. Con este trabajo se logró en la comunidad educativa la apropiación de una cultura de reciclaje.

PALABRAS CLAVE: cultura del reciclaje, residuos sólidos, prae, institución educativa, problemáticas ambientales.

ABSTRACT. Today's society faces great challenges in the face of environmental problems generated by the rapid growth of the population and the industrialization process that has led to an increasing consumerism. From the Educational Institutions there is the challenge of addressing the School Environmental Project (PRAE), to promote an environmental culture, this is achieved by sensitizing the educational community in early stages so that the impact of problems such as waste management is dimensioned.

The objective of the research was to foster a culture of recycling by implementing intervention strategies at the Llano Verde Educational Institution of the municipality of Santiago de Cali. The study population was divided into 2 groups, the first group consisting of all the dependencies of the institution and the second group by students from 4th to 11th. A pre and post test was applied in Group 1 to assess their knowledge and environmental attitudes, while Group 2 determined the degree of appropriation of the recycling culture. During the development of the research, the educational community was sensitized through videos, environmental training, theoretical and practical workshops on solid waste and, in turn, an accompaniment was carried out during the characterization of solid waste and environmental campaigns, as well as the participation and dissemination of the project through the social network Facebook. Before the intervention, the mismanagement of solid waste was identified as the main environmental problem in the institution (100%), followed by noise pollution (63%). At the end of the project, 38% of the population identified noise pollution as the only current problem in the institution. Studies showed that women are much more sensitive to environmental problems. A high level of knowledge was achieved in Group 1 to correctly characterize recyclable solid waste, non-recyclable solid waste, aerosols and batteries were not easily identifiable. Group 2 recognizes in 98% the difference between garbage and waste. The community of the educational institution gave importance and actively participated in the activities planned for the research project. With this work the appropriation of a culture of recycling was achieved in the educational community.

KEYWORDS: culture of recycling, solid waste, PRAE, educational institution, environmental problems.

INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales se encuentran en aumento debido a la incidencia negativa de actividades antrópicas, el crecimiento acelerado de la población y de la industrialización (Pavez-Soto, León-Valdebenito y Triadú-Figueras, 2016). Sumado a esto, las personas han adoptado hábitos consumistas y de poco respeto por el ambiente representados en la indeseable cultura de “usar y tirar”, lo cual ha llevado a generar grandes cantidades de residuos que se han convertido en un grave problema ambiental. Los problemas ambientales no podrán solucionarse en su totalidad hasta que no se entiendan como un problema social, derivado de hábitos incorrectos que las personas realizan en su diario vivir (Marcén, 2004).

A nivel mundial se generan al año aproximadamente 1,3 billones de toneladas de residuos sólidos y las estadísticas pronostican un aumento de 2,2 billones de toneladas al año para el 2025. Lo que se traduce en un aumento de 1,5 kilos de residuos por persona al día. Las tasas de reciclaje más elevadas en el mundo, se registran en Australia con un 63%, seguida de Alemania con 62% y Bélgica con 58% (Jaramillo y Quijano, 2013).

Colombia, con más de 50 millones de habitantes produce cada día en sus centros urbanos cerca de 26.000 toneladas de desperdicios. Medellín es un ejemplo de ciudad en cuanto al manejo de residuos sólidos, al recuperar el 12% de las 2200 toneladas de basura que produce en un día (Jaramillo, y Quijano, 2013). En Cali, el DAGMA en el año 2017 dio a conocer la cantidad de residuos sólidos producidos (1700 toneladas diarias) cifra que en la actualidad sigue en aumento donde solo el 10% es reciclado (Diario Occidente, 2017).

Existen investigaciones que plantean cómo la mala disposición de los residuos sólidos puede causar daños en la salud y el ambiente (Jha, Sing y Gupta, 2011; Ramírez- Vargas, 2014; Vergara y Tchobanoglous, 2012). En este sentido, el Banco Mundial explica el inadecuado manejo de los residuos sólidos como un problema ambiental, que se ha venido generando como consecuencia del crecimiento poblacional que experimentan algunos países de ingresos medios, como lo son los países latinoamericanos los cuales tienen bajos niveles de aprovechamiento de residuos y reciclaje (Banco Mundial, 2014; Hoornweg y Giannelli, 2007). También el Banco Mundial participó de un informe para identificar el alcance sobre la situación de los residuos sólidos en todo el mundo y predice un marcado aumento de la cantidad de residuos generados. Entre algunas de las necesidades que recoge el informe, se encuentra mejorar la gestión de residuos sólidos en los países de bajos ingresos como prioridad y urgencia. Se resalta la tasa de residuos sólidos de China en el 2004, superando a Estados Unidos como el generador de residuos más grande del mundo.

Como estrategia para mitigar este problema ambiental de los residuos, la ciudad de Curitiba, Brasil, desde 1989 implementó el programa “La basura que no es basura”. Con el objetivo de cambiar la mentalidad de sus ciudadanos y comenzar a visualizar la basura como un recurso. En la actualidad, el programa de Curitiba abarca el 100% de la ciudad de 1,8 millones de habitantes y está complementado por un programa de educacional ambiental y de incentivos para minimizar la generación de basura (Sánchez, 2015).

En Colombia, el problema de generación de residuos sólidos radica en la falta de educación ambiental para hacer separación en la fuente, haciendo que los procesos de reciclaje tengan mayores

costos y menor aprovechamiento. Para Usaquén y Sánchez (2014) es importante que desde la educación ambiental se formen individuos que moderen sus prácticas de consumo, mejoren la manera como se disponen los residuos en su vivienda (separación en fuente) y den aprovechamiento a sus propios residuos.

En torno a la educación ambiental se han desarrollado tres grandes encuentros: la Conferencia Intergubernamental sobre Educación relativa al Medio Ambiente en Tbilissi en 1977, el Congreso Internacional de Educación y Formación sobre el Medio Ambiente en Moscú en 1987 y la Conferencia Internacional sobre Medio Ambiente y Sociedad: Educación y sensibilización para la sostenibilidad celebrada en Thesaloniki, en 1997 (Eschenhagen, 2007). En ellas se fijaron los lineamientos para el desarrollo de la educación ambiental y se fueron revisando los enfoques teóricos y estratégicos para la misma. A partir de dichos encuentros, Colombia aplica una estrategia de mejoramiento ambiental reflejada en la Política Nacional de Educación Ambiental (Sauvé, 2010), donde el Ministerio de Educación Nacional mediante la Ley 115 de 1994 delega la responsabilidad a las instituciones educativas para formar en educación ambiental buscando dar soluciones a los problemas ambientales como el manejo de los residuos sólidos.

El reto que se aborda desde las instituciones educativas a través del Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) es fomentar una cultura ambiental, particularmente porque se logra la participación de los estudiantes en el fortalecimiento de hábitos proambientales desde su contexto, los cuales favorecen al desarrollo de una cultura ambiental (Alea, 2006; Díaz, Castillo y Díaz, 2014 y Isaac-Márquez et al. 2011), identifican oportunidades para promover las actitudes positivas de los estudiantes, además del interés por aprender

prácticas sustentables y la importancia de la escuela como fuente de formación de una cultura ambiental.

En este sentido, autores como Coxa (2001) y Malluk (2016) sostienen que es importante que las instituciones educativas no sean entidades neutras, sino instituciones participativas que deben mantenerse en contacto directo con la realidad social y ambiental, además deben concebirse como promotoras de conocimiento, formadoras de ciudadanos y generadoras de comportamientos y decisiones que promuevan un desarrollo integral del ser humano.

Por lo tanto, la educación ambiental no solo es responsabilidad de las instituciones educativas a través del PRAE con el Decreto 1743 del 1994 del Ministerio de Educación Nacional (1994) sino también en las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) - Ley 99 de 1993, del Congreso de la República (1993). Es así como los PRAE y las CAR son el vértice para desarrollar iniciativas de educación ambiental escolar y comunitaria (Sauvé, 2010). En Antioquia, Corantioquia, se planteó la propuesta de involucrar el desarrollo de la educación ambiental a través de la realidad social y la adopción de compromisos éticos, estéticos, científicos, técnicos y sociales para incidir en las actitudes proambientales relacionadas con el entorno (Corantioquia, 2009).

Martínez (2010) propone que la educación ambiental debe constituir el proceso educativo que se ocupa de la relación del ser humano con su ambiente y consigo mismo, también debe responsabilizarse de las consecuencias de esta relación. En Colombia estas consecuencias aún no han sido percibidas de manera consciente con respecto a la gravedad del problema de los residuos sólidos. Para Novo (2009) una de las soluciones para este problema ambiental en particular, es la intervención educativa a través de una sensibilización en educación

ambiental, a fin de convivir con el entorno, preservarlo, y hacer un uso sostenible del mismo para transformar las percepciones que se tienen de él.

Un claro ejemplo de una intervención ambiental exitosa es el desarrollado por Isaac-Márquez, et al. (2011) en estudiantes de bachillerato en Campeche -México, a través del cual se intervino a la comunidad educativa, identificando actitudes positivas de los estudiantes, además del interés por aprender prácticas sustentables y la importancia de las instituciones como fuente de formación de una cultura ambiental. Otra investigación en Sincelejo - Colombia, analizó la actitud de los estudiantes frente al cuidado del medio ambiente, con el propósito de fortalecer el PRAE. Los resultados de la prueba aplicada a la población estudiantil indicaron en un alto porcentaje actitudes favorables hacia el cuidado ambiental (Bustamante, Cruz y Vergara, 2017).

Algunas investigaciones han comprobado cómo instituciones educativas del país promueven la cultura ambiental a través del PRAE. En este sentido, se fortalecen valores, actitudes y comportamientos proambientales a partir de la intervención a la comunidad educativa a través de un diagnóstico ambiental, cuestionarios, estudio teórico del medio ambiente y del contexto, aplicación de estrategias de comunicación desde el manejo de los residuos sólidos (Badillo, 2011; Torres, 2011; Torres, Pérez, Hernández y Escobar, 2016).

Se han realizado estudios que demuestran la relación que existe entre variables de comportamiento y actitud con prácticas proambientales, entre ellos se encuentra los de Martimportugués, Canto y Hombrados (2007), Muñoz y Sánchez (2008) y Pavez-Soto, León-Valdebenito, y Triadú-Figueras (2016); estos estudios ponen

en manifiesto que existen diferencias significativas en cuanto a las prácticas proambientales respecto al género, estado civil, nivel socioeconómico, cultura, edad y grado académico. Estas variables incentivan las prácticas relacionadas con el reciclaje de residuos sólidos y la generación de una cultura ambiental.

En la actualidad, Colombia se enfrenta al gran reto de una cultura ambiental en cuanto al manejo de residuos sólidos (Martínez, 2016). En este sentido una estrategia aplicativa en las instituciones educativas es la intervención ambiental en la comunidad. Sin embargo, Andraca y Sampedro (2011) mencionan que dicha intervención es imprescindible pero no suficiente, de ahí la necesidad de utilizar enfoques educativos más activos y críticos que generen cambios en la actitud de los estudiantes. Esto significa que los estudiantes pasan a formar parte de una cultura al favorecer el aprendizaje en escenarios reales partiendo de sus creencias disponibles y adquiridas ante determinada problemática ambiental (Díaz, Castillo, y Díaz, 2014).

Desde este punto de vista, resulta importante mencionar un cambio cultural en la ciudad de Santiago de Cali entre la década de los años setenta y la actualidad. En el año 1971 Cali fue considerada a nivel nacional como ejemplo de ciudad cívica, convivencia y cultura; sin embargo, en el año 2013, durante la presentación del Diagnóstico de Cultura Ciudadana, en un listado de las nueve ciudades más cívicas en Latino América, Cali ocupó el cuarto lugar, después de Medellín, Belo Horizonte (Brasil) y Bogotá. Por lo tanto, se requiere desarrollar estrategias para retomar las costumbres que hacían resaltar a la ciudad en el ámbito cívico (Indicadores de cultura en Medellín, 2013).

En la Institución Educativa Oficial Llano Verde del barrio San Luis de la comuna seis de Santiago de Cali se evidenciaba la falta de

responsabilidad y compromiso ambiental de la comunidad educativa en las áreas comunes, salones de clase, parqueadero, etc. En estos lugares era usual encontrar elementos como: chicles, cáscaras de fruta, paquetes, botellas, palitos de plástico. Estos residuos son generados a partir del refrigerio diario que brinda la Institución, la lonchera escolar y productos que se adquieren en la tienda escolar. Esta situación evidenciaba una problemática del manejo inadecuado de los residuos sólidos en esta institución.

Se identificaron cuatro causas de esta problemática: en primer lugar, la falta de reconocimiento de la existencia de un problema ambiental. En segundo lugar, la carencia de políticas institucionales, que de manera efectiva, promovieran la caracterización y recuperación de materiales reciclables; en tercer lugar, la falta de cultura y respeto por el entorno del otro. Finalmente, la ausencia de una intencionalidad o motivación por aprovechar los residuos sólidos para garantizar posibilidades de comercialización de tal material.

Este estudio es totalmente pertinente para la institución educativa en la medida que se pretende generar una cultura ambiental con respecto al manejo de los residuos sólidos a través de una intervención que va desde una sensibilización, motivación y conocimiento sobre cómo se aprovechan los residuos que se generan, hasta la propagación de las acciones ambientales dentro de la institución a través de las TIC. Además, el proyecto servirá como modelo de réplica para otras sedes de la Fundación Educativa de la Arquidiócesis de Cali e incluso de ejemplo para otras instituciones educativas de la ciudad. El objetivo general de este trabajo fue fomentar una cultura del reciclaje a través de estrategias pedagógicas de intervención a la comunidad educativa de la Institución Educativa Oficial Llano Verde, del municipio de Cali. Adicionalmente, este trabajo pretende: 1. Ge-

nerar estrategias de sensibilización en la comunidad educativa con el fin de crear buenos hábitos en el manejo de los residuos sólidos, 2. Implementar actividades de reciclaje en la Institución Educativa acordes a las estrategias de sensibilización adquiridas, y 3. Difundir el cambio cultural en el manejo de residuos sólidos en la Institución Educativa a través de las TIC.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto muestra el desarrollo de un estudio descriptivo con una metodología cualitativa y cuantitativa, a través un diseño de Investigación Acción Participativa (IAP). Es un estudio prospectivo, en el cual se analiza la apropiación de la cultura de reciclaje en la comunidad educativa a través de dos test: uno pre y otro post. Este proyecto se realizó en tres fases: La fase 1 responde a la caracterización de la comunidad educativa; la fase 2 expone las actividades que se desarrollaron y la fase 3 presenta el análisis de los datos.

Fase 1. Caracterización de la comunidad educativa

La Institución Educativa Oficial Llano Verde se encuentra ubicada en la comuna 6 en el barrio San Luis, pertenece al estrato socio-económico II. La institución cuenta con un contrato de cobertura estudiantil para 911 estudiantes, los cuales se dividen en la jornada de la mañana y la jornada de la tarde. Esta Institución es una de las 27 instituciones educativas administradas por la Arquidiócesis de Cali. Para el desarrollo de este estudio se involucró a toda la comunidad educativa: estudiantes, padres de familia / acudientes, docentes, personal de servicios, administrativos y directivos.

La comunidad educativa se dividió en dos grupos. El grupo 1 estuvo constituido por 51 personas, las cuales conforman el grupo ecológico (tres estudiantes de cada salón), directores de grupo, personal de servicios, personal directivo (rector y coordinadoras académica y de bienestar), personal administrativo (secretarías, psicóloga y bibliotecaria). El grupo 2 estuvo conformado por 251 estudiantes desde grado cuarto a undécimo.

Fase 2. Actividades

Se presenta la descripción de las actividades realizadas para el cumplimiento de cada objetivo específico planteado en el proyecto de investigación.

Tabla 1. Actividades que responden a los objetivos específicos.

Objetivo específico	Actividad
Generar estrategias de sensibilización en la comunidad educativa con el fin de crear buenos hábitos en el manejo de los residuos sólidos.	1 a la 6
Implementar actividades de reciclaje en la institución acordes a las estrategias de sensibilización y capacitación adquiridas.	7 a la 9
Difundir el cambio cultural frente al manejo de residuos en la Institución aplicado a través de las Tecnologías de Información y la Comunicación (TIC)	10

Fuente: Elaboración propia

Actividad 1: Pre Test grupo 1. El pre test estuvo conformado por 17 preguntas: dos de tipo cuantitativo y quince de tipo cualitativo, su

objetivo fue conocer el grado de sensibilización y los conocimientos en cuanto a la problemática ambiental de la institución educativa; fue aplicado el 31 de agosto de 2017 y el post test fue aplicado el 14 de septiembre del 2017 al grupo 1 (51 personas).

Actividad 2: Presentación de video al grupo 1. Se presentó un video de sensibilización al grupo 1 en una sesión de dos horas, en que se mostraron las problemáticas ambientales de manera general, seguido de la problemática de manejo de residuos sólidos de la institución y por último la invitación a ser partícipe de las actividades a realizar. Posteriormente se desarrolló un conversatorio de percepciones, conceptos importantes, acuerdos e inquietudes en cuanto a la problemática ambiental que se evidenció en la Institución Educativa.

Actividad 3: Taller teórico – práctico al grupo 1. Esta actividad fue realizada con el grupo 1 el 28 de septiembre del 2017 durante dos horas. Se hizo la retroalimentación de conceptos y percepciones del video de la sensibilización a modo de conversatorio. La actividad práctica consistió en seleccionar un producto de la canasta familiar en exposición y clasificarlo como residuo reciclable o no reciclable. Esta actividad fue realizada con el grupo 2 el 26 de octubre del 2017.

Actividad 4: Sensibilización al grupo 2. El grupo 2 se dividió en subgrupos de acuerdo con sus edades. Estas actividades tuvieron lugar el 12 de octubre de 2017. El primer subgrupo estuvo compuesto de transición a tercero; se presentó el vídeo ¿Por qué el reciclaje es tan importante? (Aula365, 2016). Dirigido por docentes de Aula 356 en este vídeo dos personajes animados muestran el modo correcto de reciclar los residuos sólidos y la importancia de hacerlo.

El segundo subgrupo estuvo compuesto de cuarto a séptimo, en él se expuso el impacto ambiental que generan los malos hábitos y prácticas humanas generados por contaminación y se compartió el vídeo El planeta hay que cuidar (Tatiana, 2010) publicado en YouTube. Finalmente, el tercer subgrupo fue conformado de octavo a undécimo. En esta intervención se presentó el vídeo clip de la canción Earth Song del cantante Michel Jackson (Jackson, 1995) en el cual se encuentra representada la degradación del planeta por la contaminación. Al finalizar cada vídeo, se desarrolló con los estudiantes un conversatorio con la ayuda del director de grupo y los representantes del grupo ecológico acerca de las percepciones, conceptos importantes, acuerdos e inquietudes de la problemática ambiental de la Institución Educativa.

Actividad 5: Post test grupo 1 y 2. Se aplicó un segundo test a los grupos 1 y 2 con el fin de evaluar el grado de apropiación de la cultura de reciclaje desde las actividades propuestas en el PRAE como estrategias pedagógicas.

Actividad 6: Capacitación grupo ecológico. En convenios con entidades externas a la Institución como el DAGMA, la Secretaría de Salud Municipal y la Junta de Acción Comunal (JAL) se realizaron en total 6 capacitaciones ambientales en manejo de los residuos sólidos a los integrantes del grupo ecológico durante el 2018.

Actividad 7: Acompañamiento de caracterización de residuos sólidos. Durante el desarrollo del proyecto el grupo ecológico acompañó a los demás estudiantes en la jornada escolar, especialmente en los descansos, con el fin orientar la caracterización de residuos sólidos en los recipientes correctos. Además, al finalizar la jornada, los integrantes del grupo ecológico revisaron los residuos sólidos de

los recipientes e informaron al director de grupo, el cual felicitaba o llamaba la atención de los estudiantes del salón. Finalmente, la cantidad de residuos se registraron en una base de datos el último viernes de cada mes y se vendieron a una empresa recolectora.

Actividad 8 Campañas de reciclaje. Durante la intervención en la Institución Educativa, los participantes del grupo ecológico hicieron campañas de reciclaje para la recolección de materiales como papel de oficina, libros, cuadernos, cajas de cartón, pilas, tapas, chatarra y envases plásticos. Diariamente se llevó el control de los residuos recolectados a través de una lista de los estudiantes que aportaron a la campaña.

Actividad 9 Rincón Ecológico. La institución educativa facilitó un espacio de dos horas cada quince días, en el cual directores de grupo y estudiantes se reunieron en cada salón para abrir espacios reflexivos sobre el manejo de residuos sólidos; en algunas ocasiones se trabajaba con base en la socialización de una noticia, la presentación de un video, creación de manualidades, entre otras. Generalmente, estas actividades se implementaban con las TIC.

Actividad 10 Redes sociales. Se creó un perfil en una red social (Facebook) el 22 de febrero de 2018 para la participación de la comunidad educativa, la difusión de las actividades, vídeos y exaltación de fechas ambientales en torno al PRAE 2018 a través de la red social Facebook San Luis Llano Verde www.facebook.com/llanoverde.9

Fase 3. Análisis de datos

En los grados de 4° a 11° de la jornada de la mañana y la tarde se cuenta con un total de 715 estudiantes, de los cuales se descartaron los desertores y retirados para un total de 704 estudiantes que conforman la población. Se hizo uso del programa estadístico Minitab versión 17, para tomar una muestra aleatoria de 251 estudiantes para aplicar el instrumento. El método de muestreo empleado fue el muestreo aleatorio estratificado, para atributos, donde se consideró el peor escenario para la proporción de respuestas afirmativas en cada uno de los estratos con un valor de 0.5 (los estratos están conformados por cada uno de los grados). A continuación, en la expresión (1) se presenta la fórmula del cálculo de la primera aproximación n_0 :

$$n_0 = \frac{z_{(1-\alpha/2)}^2 \sum_{h=1}^L \frac{W_h^2}{w_h} \left(\frac{N_h p_h (1-p_h)}{N_h - 1} \right)}{\varepsilon^2} \quad (1)$$

Donde $z_{(1-\alpha/2)}$ es el nivel de confianza (95%, 1,96 en áreas bajo la curva normal), W_h y w_h son los pesos que tienen cada uno de los estratos tanto en la población como en la muestra, respectivamente, N_h es el tamaño de cada uno de los estratos en la población, p_h es la proporción de respuestas afirmativas, ε es el margen de error del 0,05 y h es el subíndice que representa cada uno de los $L=8$ estratos.

En la tabla 2 se muestra cada uno de las componentes de la expresión (1), donde se encontró que el tamaño de muestra para la primera aproximación fue de 389, cuando se considera una asignación proporcional en cada estrato (ver expresión (2), obteniendo unos tamaños de muestra por estrato N_h^* .

$$\Rightarrow w_h = W_h = \frac{N_h}{N} \quad (2)$$

Donde N representa al total de la población la cual corresponde a los 704 estudiantes.

Tabla 2. Componentes de la expresión 1 para calcular el tamaño de la muestra.

Grado	Nh	Wh	ph	nh*	nh
4	75	10,7%	0,5	41	27
5	81	11,5%	0,5	45	29
6	95	13,5%	0,5	52	34
7	115	16,3%	0,5	63	41
8	93	13,2%	0,5	51	33
9	77	10,9%	0,5	43	27
10	76	10,8%	0,5	42	27
11	92	13,1%	0,5	51	33
Total	704	100,0%		389	251

Posteriormente se realizó la corrección por población finita empleando la fórmula de la expresión (3), donde se encontró que el tamaño de muestra definitivo (n) es de 251 estudiantes, los cuales se encuentran repartidos en la Tabla 2 en la columna n_h .

$$n = \begin{cases} n_0, & \text{si } (n_0/N) < 0.05 \\ \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}, & \text{si } (n_0/N) \geq 0.05 \end{cases} \quad (3)$$

En elección aleatoria de los 251 estudiantes se consideró el género de los estudiantes, finalmente, para tener representación de cada uno de los géneros de los estudiantes, el mecanismo de selección aleatoria se realizó en forma sistemática de acuerdo al género.

Por otra parte, se realizó una prueba piloto de 52 estudiantes para validar el instrumento implementado para recolección de datos (encuesta) con el cual se desarrollaron los test pre y post de manera escrita y virtual a través de preguntas de selección múltiple, de tipo Likert algunas con única respuesta y otras con más de dos opciones para escoger. Estas preguntas incluían variables que permitieron validar información, analizar e identificar inconsistencias. Se realizó la respectiva tabulación para ambos test del grupo 1 y 2, para esto se crearon tablas en Office Excel comparativas y dinámicas en el que se clasificaban las concordancias y las diferencias entre los dos grupos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentarán los resultados de los grupos 1 y 2 a partir del grado de apropiación de la cultura del reciclaje, la cual a su vez se divide en cuatro categorías: Características sociodemográficas, Conocimientos ambientales, Comportamientos y actitudes, y la Implementación de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). Posteriormente se expondrá la intervención educativa en los

grupos 1 y 2, la cual se dividió en seis momentos: sensibilización a la comunidad educativa, taller teórico práctico, capacitaciones al grupo ecológico de la institución, acompañamiento caracterización de los residuos sólidos, campañas de reciclaje y rincón ecológico.

Grado de Apropiación de Cultura de Reciclaje grupo 1 y 2

Características sociodemográficas

En el grupo 1, el 69% de la población perteneció al género femenino y 29% al género masculino. La dependencia de mayor representatividad correspondió a los estudiantes (34), mientras que las de menor cantidad fueron los directivos (1) y administrativos (2). Como era de esperarse, la edad de los estudiantes corresponde a la dependencia con el promedio de edad más bajo, encontrándose en un rango entre 9 y 17 años, mientras que la categoría otros en donde se encuentran los directivos, administradores y servicios generales, presentan el mayor promedio de edad con un intervalo que fluctúa entre los 23 y 58 años. La muestra perteneció en su mayoría a los estratos 2 (49%) y 3 (39%). Por su parte, los estratos 1, 4 y 5 presentan valores por debajo del 6%.

La población del grupo 2 estuvo conformada por 270 estudiantes que equivalen a un 54,4% del género femenino (147) y a un 45,6% del género masculino (123). El grupo tuvo un rango de edad entre 8 y 17 años, siendo la edad de 12 años la más predominante (20,7%), seguida de la edad de 16 años (15,9%). El grupo 2 está representado en su mayoría por estudiantes que pertenecen al estrato 2 del barrio San Luis. En algunas investigaciones (Abellán, 2011; Agulló, González y Barraza, 2001) se ha constatado la existencia de una asociación positiva entre el hábito de reciclar y variables sociodemográficas como la edad, el

género o el nivel de estudios. Esta asociación también se encontró en el análisis de los datos que se presentarán en este apartado.

Conocimientos ambientales

Antes de la intervención (pre test) el grupo 1 identificó el mal manejo de los residuos sólidos como la principal problemática ambiental existente en la institución (100%), seguido de la contaminación acústica (63%). Por debajo del 12% estuvieron las demás problemáticas evaluadas (tabla 3). Luego de la intervención (post test) el 38% identificó la contaminación acústica como única problemática que se presentaba en la actualidad en la Institución.

Esta intervención, es una metodología útil para cambiar la actitud hacia los problemas ambientales del contexto en una comunidad. Espino, Olaguez y Davizon (2011) consideran necesario este cambio de actitud para mitigar los problemas ambientales, convocando a una comunidad participativa, activa, coherente y responsable, para que sea protagonista de una cultura ambiental. Este cambio de actitud se evidenció también en la Institución Educativa Oficial Llano Verde. En este orden de ideas, Zamorano, Parra, Vargas y Castillo (2011) explican que los estudiantes tienen la capacidad de identificar las problemáticas ambientales actuales, así también comprenden los daños que ocasionan la contaminación en general y actúan en la búsqueda de posibles soluciones.

La investigación de Cerrillo (2010) desarrolla el concepto de formación en conciencia ambiental ante los problemas ambientales del contexto y el grado de preocupación de las personas por estos problemas más próximos a su entorno, además del interés de

apoyar iniciativas para solucionarlos y la voluntad de participar con acciones concretas, como estrategias para mitigar el impacto. Por lo tanto, los resultados de la tabla 3, permiten reconocer que luego de ser intervenida la comunidad educativa, pierde relevancia la problemática de los residuos sólidos que inicialmente se presentaba ante la falta de una cultura de reciclaje.

Actualmente la contaminación acústica es considerada el principal problema ambiental luego de la intervención, como un reflejo que vive la institución educativa debido a que está ubicada en una avenida principal de la ciudad, sus alrededores tienen parqueadero y salida de buses o camiones, locales de cerrajería y restaurantes. Caso contrario ocurre en el contexto de la investigación realizada por Ramírez (2015) en instituciones educativas de Colombia donde se evaluó la importancia de los problemas ambientales para los estudiantes. En ella se encontró que, en primer lugar, la contaminación del agua es la problemática más importante, seguida de la contaminación del aire y finalmente la contaminación por residuos sólidos.

Murillo (2014) en su investigación muestra que es importante que las personas reconozcan cuales son los problemas ambientales que las afectan, ya que cuando conocen adecuadamente la problemática ambiental, se motivan, se ven capaces de generar cambios, y están convencidos de que su acción tendrá efectividad y que no les generará dificultades.

**TÓPICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL:
ENLAZANDO CIENCIA, SOCIEDAD Y EDUCACIÓN**

Tabla 3. Problemáticas ambientales del grupo 1 antes (pre test) y después (post test) de la intervención educativa, Institución Educativa Llano Verde sede San Luis.

Dependencia	Test	Mal manejo residuos sólidos	Contami-nación acústica	Contami-nación visual	Contami-nación del agua	Contami-nación del aire	Perdida de la bio-diversidad	Cambio climático
Estudiantes	Pre	100%	45%	8%	6%	4%	6%	6%
	Post	0%	18%	0%	0%	0%	0%	0%
Docentes	Pre	100%	16%	4%	2%	0%	0%	4%
	Post	0%	8%	0%	0%	0%	0%	0%
Administrativos	Pre	100%	2%	4%	0%	2%	0%	0%
	Post	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
Directivos	Pre	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Post	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
S e r v i c i o s generales	Pre	100%	0%	6%	0%	0%	0%	0%
	Post	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia.

Según Calixto y Herrera (2010) la importancia de realizar una intervención educativa radica en el hecho de que esto hace que las personas sean más sensibles a las condiciones ambientales que les rodean, reconociendo mejor las formas normalmente imperceptibles en que el ambiente les afecta.

En la investigación fue posible evidenciar que antes y después de la intervención los administrativos, directivos y servicios generales, reflejaron unanimidad en el conocimiento de clasificación de residuos sólidos. Lo anterior muestra que la edad influye en los conocimientos ambientales tal y como lo indican Ull, Minguet, Martínez, Palacios y Piñero (2010). El 100% representa que en general reconocen la adecuada clasificación de residuos sólidos. Sin embargo, fue posible evidenciar que en el pre test, los estudiantes tenían un nivel de conocimiento bajo en cuanto a los residuos sólidos reciclables a diferencia de las otras dependencias. Los enlatados fueron los residuos que menos conocían para clasificar antes de la intervención.

De manera similar, los estudiantes en cuanto a la clasificación de los residuos no reciclables, señalaron las películas metalizadas (29%) y las baterías (38%) como los residuos que menos conocían para clasificar antes de la intervención. Es probable que se deba a que en la Institución no se manejan este tipo de residuos reciclables y no reciclables. Sin embargo, en el caso particular de los estudiantes se evidencia que después de la intervención aumentó el conocimiento ambiental acerca de la clasificación de este tipo de residuos reciclables.

Se encontró que el grupo 1 en el pre test reconoció con mayor acierto los materiales reciclables como papel, cartón y botellas plásticas, a

diferencia de otros residuos no reciclables. Esto probablemente se debe a que son el tipo de residuos con los que la comunidad educativa está más familiarizada en el día a día. Tal caso también se presentó en el estudio de Granados (2012) en Costa Rica, en el cual se hace la evaluación a las personas intervenidas reconociendo con mayor facilidad los residuos reciclables como papel, cartón y botellas plásticas. Los resultados permitieron identificar que las actividades desarrolladas contribuyeron a revertir y aminorar el volumen de residuos que se generaba.

En las figuras 1 y 2 se observan los resultados de las actividades que se hicieron para sensibilizar antes y después de la intervención a la comunidad educativa frente al manejo de los residuos sólidos. Para el género femenino tuvieron mayor relevancia en el pre test las actividades de siembra y reciclaje (58,3%) y las campañas de educación en reciclaje (44,4%); en este último coinciden con el género masculino, puesto que, se inclinó en mayor medida (93,3%) por este mismo ítem. Sin embargo, al finalizar la intervención, en el post test ambos géneros se inclinaron en su mayoría por las salidas pedagógicas con un enfoque ambiental.

Lo anterior se debe a que la comunidad educativa encuentra la necesidad de aplicar en otros contextos el conocimiento ambiental adquirido durante la intervención, además de replicar y dar a conocer las actividades que se realizan en la institución a otras personas o entidades ambientales.

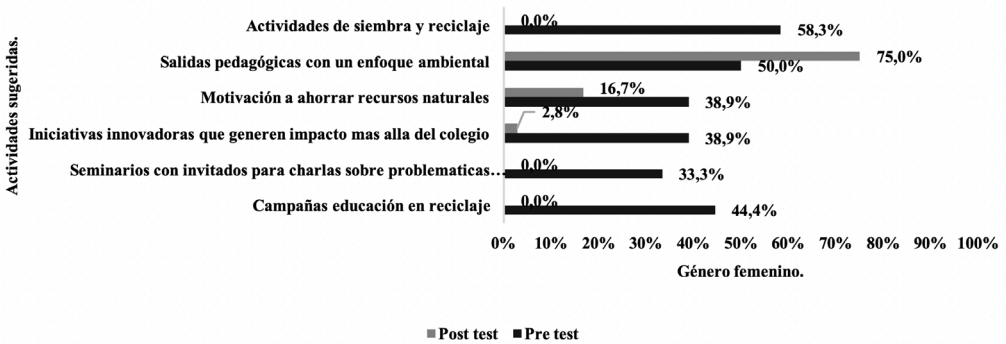


Figura 1. Actividades sugeridas según el género femenino del grupo 1, Institución Educativa Llano Verde sede San Luis.

Fuente: Elaboración propia.

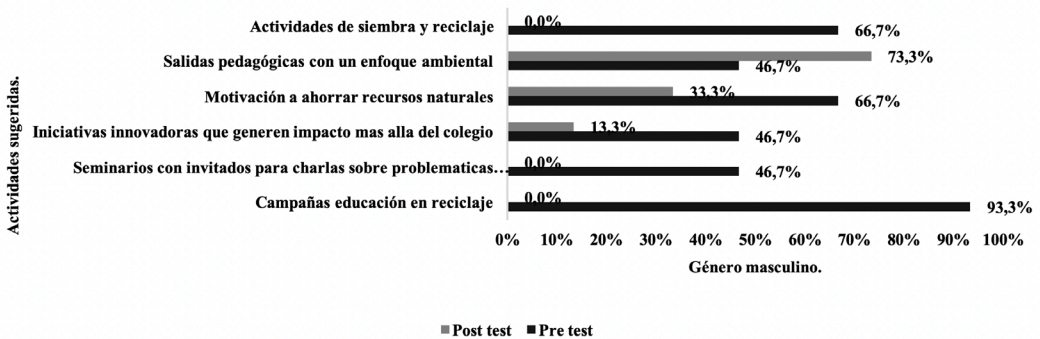


Figura 2. Actividades sugeridas según el género masculino del grupo 1, Institución Educativa Llano Verde sede San Luis.

Fuente: Elaboración propia.

Algunos estudios consideran que la intervención educativa es una herramienta para la búsqueda de conocimiento en educación ambiental teniendo en cuenta la participación activa en los procesos de construcción de conocimientos y actitudes que generen cambios en los hábitos proambientales (Rojas, et al. 2015; Velásquez, 2016). Di-

chos estudios aportan desde el manejo de los residuos sólidos una metodología similar a la realizada en el presente proyecto de investigación como pre y post intervención educativa, basado en una metodología cuantitativa y cualitativa, diagnóstico y métodos de participación como salidas de campo, talleres, análisis de textos y videos, para reconocer la necesidad de motivar las prácticas amigables con el ambiente.

Por su parte, García y Navarro (2011), así como Isaac-Márquez et al. (2011) analizan la educación ambiental a través de una metodología de exploración y discusión de resultados de tipo cualitativo y cuantitativo. Estas investigaciones proponen que la educación ambiental debe ser continua y participativa. La figura 3 evidencia cómo los estudiantes del grupo 2 participaron en las actividades que se realizaron en el PRAE desde el proyecto de investigación. Estas actividades fueron las sugeridas por el grupo 1 como las más importantes en el pre test. Los resultados muestran que el género femenino identifica, con el 99,3%, las capacitaciones sobre el manejo adecuado de residuos sólidos, mientras que el género masculino identifica, con el 95,1%, los espacios de sensibilización a través de la problemática que viven en el barrio sobre el mal manejo de residuos sólidos.

En el grupo 2 se evidenció una participación activa, siendo el proyecto de investigación un puente que permitió desde el PRAE, generar espacios reflexivos de conocimiento y prácticas ante situaciones problemáticas del mismo entorno. Para el Banco Mundial la participación de las personas es un proceso en el que se desarrollan ideas para tomar iniciativas y construir mejores contextos (Torres, Pérez, Hernández y Escobar, 2016). Es importante que las personas participen activamente en la intervención para que desarrollen ideas desde sus necesidades colectivas para generar sentido de pertenencia en el proceso de investigación.

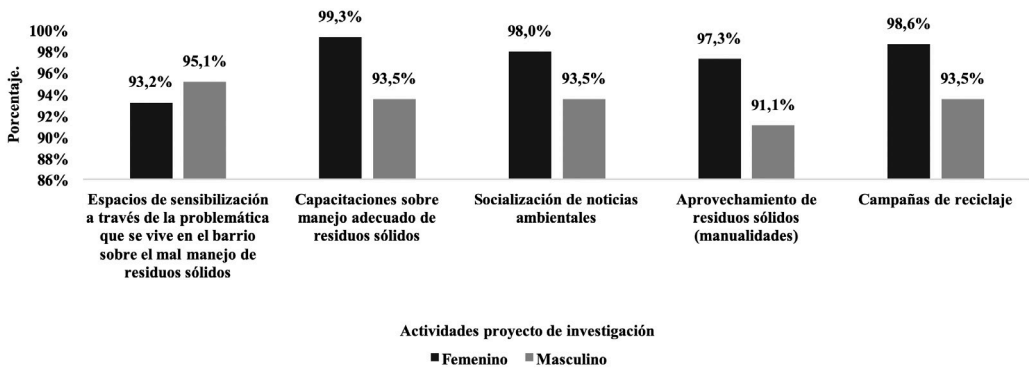


Figura 3. Actividades reconocidas en el proyecto de investigación según el género del grupo 2, Institución Educativa Llano Verde sede San Luis.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4 se observa que el 98,8% del grupo 2, identificó la diferencia entre basura y residuo, considerando que “la basura es aquello a lo que ya no se le puede dar otro uso y residuo es algo que puede ser reutilizado”. Menos del 1% de la población aún no identifica la diferencia entre basura y residuo. Por lo tanto, el proyecto de investigación fortaleció el PRAE e incidió de forma directa en los conocimientos ambientales y aplicación de ellos por parte de la comunidad educativa.

De acuerdo con el Decreto 1743 de 1994, de la Ley General de Educación Nacional de Colombia, este tipo de proyectos encaminan a los estudiantes y demás personal a desarrollar conciencia, conocimientos, actitudes, aptitudes y capacidad de autoevaluación y participación permanentes en las actividades que se proponen en la institución.

**TÓPICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL:
ENLAZANDO CIENCIA, SOCIEDAD Y EDUCACIÓN**

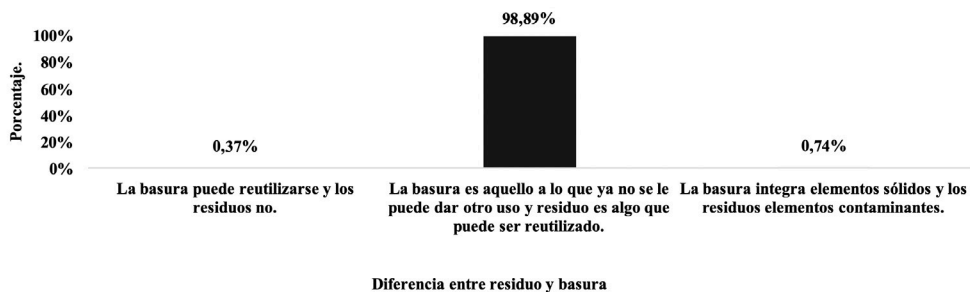


Figura 4. Diferencia entre basura y residuo del grupo 2, Institución Educativa Llano Verde sede San Luis.

Fuente: Elaboración propia.

Comportamientos y actitudes

Un hallazgo importante en esta investigación, fue que las mujeres reconocen en el pre test en la categoría alta (52,8%) la importancia del manejo de los residuos, en comparación a los hombres (40%). En este sentido, los estudios de Martimportugués, Canto, Hombrados. (2007) y el de Pavez-Soto, León-Valdebenito y Triadú-Figueras (2016) plantean la capacidad de las mujeres de tener mayores comportamientos proambientales y ser mucho más sensibles y comprometidas a las problemáticas ambientales en comparación con los hombres.

Los resultados de la investigación coinciden con la investigación de Heyl, Moyano y Cifuentes (2013) en la cual se observó más actitudes proambientales en mujeres que en hombres. Sin embargo, en el post test, el grupo 1, asume que la importancia de los problemas ambientales pasa a un nivel medio y bajo, dado que para ellos el problema ambiental del manejo de los residuos sólidos ya fue mitigado y pierde relevancia como problema ambiental actual.

Según los estudios realizados por Lamiño (2017), existe una relación positiva entre conocimientos y actitudes. Esto, se refleja en la intervención educativa realizada desde el proyecto de investigación, al permitir que las capacitaciones sobre el manejo de residuos sólidos, fueran un puente ideal para promover actitudes proambientales, con el fin de generar un cambio positivo en el manejo de los residuos sólidos como parte de nuevos hábitos saludables con el planeta.

Alegre (2007) indica la importancia de involucrar a las personas en espacios participativos como las capacitaciones ambientales que desde sus acciones individuales pueden aportar a la mitigación de un problema ambiental colectivo de su contexto. Con un 85% para estudiantes y un 81% para docentes son consideradas las capacitaciones como las acciones más relevantes para reducir o mitigar los problemas ambientales. A diferencia de administrativos, directivos y servicios generales que con un rango entre el 33% y el 100% consideran que las acciones de ahorro de agua y energía son relevantes para reducir o mitigar los problemas ambientales.

En las acciones sugeridas para el manejo de los residuos sólidos en el pre test, en las que se indican que ambos géneros tienen rangos mayores al 50% “[...] en llevar y depositar la basura a los sitios donde se encuentran los recipientes asignados para los residuos sólidos”. Similarmente Martimportugués, Canto y Hombrados (2007) también resaltan que la adecuada separación en la fuente es la principal solución para mejorar hábitos proambientales con relación al manejo de residuos sólidos.

Posterior a la intervención, el género femenino se inclinó por la acción de “utilizar ambos lados de la hoja para imprimir” (55,6%) y el género masculino por la acción de “separar materia orgánica e

inorgánica y ubicarla en los recipientes correspondientes” (80%). Todo lo anterior permite evidenciar el grado de apropiación que se alcanzó por parte de la comunidad educativa en cuanto a la necesidad de fortalecer en su contexto una cultura de reciclaje.

En los resultados del grupo 2, también se evidencia que ambos géneros realizaban acciones para reducir el problema de manejo de los residuos sólidos en una frecuencia de siempre, con un rango entre el 80% y 96 %. Para el género femenino la principal acción para mitigar o reducir el problema de manejo de residuos sólidos fue *conservar los residuos del descanso hasta encontrar una caneca para reciclarlos (96,7%)*, mientras que para el género masculino fue *separando correctamente los residuos sólidos en el salón de clase (95,1 %)*. En este sentido, estas acciones permiten promover diferentes tipos de comportamiento para construir estilos de vida más acordes al medio ambiente (Calixto y Herrera, 2010).

En la tabla 4 se evidencian los hábitos proambientales del grupo 2, estos se ubican principalmente en la categoría siempre. También se observa en los resultados que tanto las mujeres como los hombres realizan los hábitos proambientales en la categoría “muy buena”. Algunos autores indican que los hábitos proambientales se encuentran influenciados por factores sociodemográficos, cognitivos, de intervención ambiental y psicosociales (Lamiño, 2017). Según lo anterior en esta investigación se evidencia que al realizar la intervención ambiental se obtuvo en la institución una apropiación favorable de la cultura de reciclaje en los estudiantes, reflejada en sus conocimientos, actitudes y hábitos proambientales.

Tabla 4. Hábitos proambientales grupo 2, Institución Educativa Llano Verde sede San Luis.

Hábitos proambientales	A veces	Con Frecuencia	Siempre
Caracteriza los residuos (plástico y papel) en las canecas artesanales	0,37%	4,07%	95,56%
Recolecta tapas como labor social para la fundación Carlos Portela	0,37%	9,63%	90,00%
Realiza manualidades con residuos sólidos reciclables	0,74%	16,67%	82,59%
Socializa noticias de interés ambiental	0,37%	4,44%	95,19%

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, otras investigaciones señalan que, a mayor nivel de conocimiento ambiental, habrá una mayor tendencia hacia actitudes proambientales (Pavez-Soto, et al. 2016). Tales actitudes fueron reflejadas en el proyecto de investigación al involucrar a los estudiantes en actividades proambientales relacionadas con el reciclaje, para generar conductas ambientales como lo propone la investigación de Martimportugués, Canto y Hombrados (2007).

El grado de participación del grupo 2 en las actividades del proyecto de investigación, se encuentran en la categoría “siempre”. Las actividades más realizadas por este grupo fueron la caracterización de los residuos (95,93%), las capacitaciones (94,81%) y las campañas de

reciclaje (92,59%). Hasta este punto, se entiende que los estudiantes reconocen a través de las actividades planteadas en el proyecto de investigación, la influencia positiva que pueden ejercer para mejorar el entorno y su calidad de vida desde una cultura de reciclaje. Estos resultados permiten identificar cómo los estudiantes reconocen y dan valor al cuidado de la naturaleza y su contexto como lo plantea la investigación de Barazarte, Neaman, Vallejo y García (2014). Además, cuando los estudiantes se capacitan pueden permear en su entorno (casa, barrio) los hábitos proambientales que adquiere en la institución. Los resultados representan un trabajo indirecto que involucra a la familia en cuanto a poner en práctica los hábitos proambientales aprendidos en sus hogares. Siendo los estudiantes los que transmiten esta información más allá de las aulas (Barraza, 1998).

Implementación de las TIC

En la sociedad actual, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) giran en torno a todos los procesos de la información y de la comunicación, destacando los procesos telemáticos y los de carácter comunicativo. Esto es así hasta tal punto que la sociedad de este siglo viene a ser la denominada como Sociedad de la Información, Generación Web o Generación I (Álvarez, Bartra, López y Sandoval, 2015). Por lo anterior, la integración de las TIC en la educación ambiental se ha convertido en un proceso lento, debido a que paulatinamente logra alcanzar pleno potencial en su utilización dentro de las aulas de clase (Ramboll Management, 2006). La investigación de Parry (2002) presenta a la educación ambiental desde una mirada tecnológica con el apoyo de las TIC como instrumento importante para construir una alfabetización ambiental. Considera que tanto el contexto del aprendizaje como

el uso de las tecnologías favorece los conocimientos ambientales. En tal caso, la educación ambiental debe ir adaptándose al cambio tecnológico que actualmente se presenta en las aulas de clase, para mantener su relevancia en el impacto social que pueda generar desde la escuela hasta sus alrededores.

La educación debe fomentar la preocupación por todo el género humano. Concebirse como “ciudadanos del mundo”, fomentar una cultura ciudadana y democrática universal, no circunscrita a un minúsculo grupo, sea familia, barrio, ciudad o país. En este mismo sentido, el aprendizaje es la capacidad de enfrentar las contingencias que un mundo complejo y fragmentado presenta a cada paso. El reto está en transformar la contingencia en compromiso y responsabilidad, para ello se hace indispensable despertar en los niños y jóvenes la sensibilidad para descifrar los signos que emiten las situaciones cotidianas (Agredo, Martínez, Medina, Cuellar y Cano, 2017).

Otras investigaciones (Perales, y Adam, 2006; Shehy, Wylie, McGuinness, y Orchard, 2000) muestran el desarrollo de la educación ambiental desde contextos virtuales con programas funcionales con internet en los que se presentan problemas ambientales y los procesos de la naturaleza difíciles de ver y explicar. Además, el uso de videojuegos hace parte de la dinámica impartida desde la educación ambiental.

Cabe resaltar que la intervención realizada en la institución educativa, fue más didáctica con el uso de las TIC, debido a que estas facilitaron el uso de la divulgación de la información y de la intervención. Asimismo, es evidente que las TIC hay que saber usarlas como un motor para los múltiples cambios que se están dando en la sociedad

digital actual (Álvarez, Bartra, López, y Sandoval, 2015). Se logró difundir en la institución el cambio cultural del manejo de residuos sólidos a través de las TIC. Siendo esto posible con la participación de toda la comunidad educativa a través de la red social de Facebook para la divulgación de las campañas de reciclaje, capacitaciones de entidades externas y la socialización de noticias. Además, se usaron los ordenadores, televisores, tablets y sonido interno en la Institución para las capacitaciones en las que se buscó promover la caracterización y aprovechamiento de los residuos sólidos.

El grupo 2 participó a través de los tres mecanismos en el proyecto (tabla 5). Dentro de estos resultados se encontró el mayor porcentaje para “El voz a voz entre familia y vecinos” (86,67%) y “El buen ejemplo ante los compañeros de primera infancia sobre la caracterización de los residuos” (82,22%). Se observó que los estudiantes compartían sus hábitos proambientales en sus hogares a través de las actividades que se evalúan en la institución desde las 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke). Lo anterior muestra cómo el compartir ideas entre la familia y vecinos es una manera para promover la educación ambiental, tal y como lo sugiere Lamiño (2017) quien resalta la importancia de compartir experiencias entre pares para promover la educación ambiental.

Tabla 5. Mecanismos de participación en el proyecto de investigación del grupo 2, Institución Educativa Llano Verde.

Mecanismo de participación	A veces	Con frecuencia	Siempre
Compartiendo y comentando noticias ambientales a través de la red social (Facebook)	0,74%	32,59%	66,67%

Mediante “el voz a voz” entre la familia y vecinos	0,74%	12,59%	86,67%
Con el buen ejemplo ante los compañeros de primera infancia sobre la caracterización de los residuos sólidos	0,37%	17,41%	82,22%

Fuente: Elaboración propia.

Otro resultado hallado fue el porcentaje de participación de los estudiantes en la página que se habilitó en la red social Facebook, encontrando para la categoría “siempre” el 66,67% y en la categoría “con frecuencia” el 32,59%. Este mecanismo de participación fue creado con el fin de promover y publicar las actividades ambientales que se desarrollaron durante la intervención en la Institución Educativa.

La red social Facebook implementada en el proyecto de investigación, permitió socializar con toda la comunidad educativa a través de San Luis Llano Verde www.facebook.com/llanoverde.9 las actividades ambientales que abarcaron el proyecto de investigación. A la fecha el perfil cuenta con más de 1000 contactos, entre ellos estudiantes, padres de familia/acudientes, docentes, directivos, administrativos y personal de servicios generales, los cuales siguen las actividades que se registran en la red social. Se tienen más de 1.000 “me gusta” en las publicaciones realizadas. Semanalmente se registran de 5 a 10 solicitudes de amistad y con una frecuencia de 2 a 3 veces se evidencian publicaciones de algunos usuarios en la página del proyecto. Algunas publicaciones son comentadas y compartidas con los usuarios ante las actividades que se difunden al público (Figura 5).

**TÓPICOS DE GESTIÓN AMBIENTAL:
ENLAZANDO CIENCIA, SOCIEDAD Y EDUCACIÓN**



Figura 5. (A) Publicaciones que siguió la comunidad educativa en la red social de Facebook. (B) Implementación de las tablets para la socialización de videos publicados en la red social de Facebook.

Fuente: Elaboración propia.

Se resalta la red social Facebook como mecanismo importante para la difusión del proyecto. En este sentido, el uso de redes sociales es muy común observar en los estudiantes desde sus celulares, por tal motivo la implementación de la red social Facebook para la difusión del proyecto de investigación fue pertinente en la medida que se apoya el PRAE.

Algunas investigaciones como las de Arias, Estrada y Rendón (2015); Iriarte Diazgranados (2006) y Parra, Gómez y Pintor (2015) señalan que la implementación de las TIC mejora la comunicación entre personas y favorece la investigación. Además, es importante que dentro del contexto que se desarrolla una problemática, el uso de las TIC ayude a desarrollar en las personas las competencias que se requieren para un buen desempeño en el campo personal, social y laboral.

Intervención educativa

Sensibilización a la comunidad educativa

Se ejecutó la proyección de videos de sensibilización, con los cuales se logró para el grupo 1 la participación y la plena atención de los intervenidos. Posteriormente, se realizó un conversatorio de percepciones positivas y negativas, conceptos importantes, acuerdos e inquietudes en cuanto a la problemática ambiental del manejo de residuos sólidos en la institución educativa.

Lo anterior fue posible debido a que la institución pasó en el año 2017 por una inundación en la que varios barrios de la comuna 6 se vieron afectados, esto resultó muy significativo en el momento que se presentó el video dado que el problema de los residuos sólidos de la institución, taponó los canales del sistema de alcantarillado y ocasionó la desescolarización.

Los acudientes y padres de familia de los estudiantes también fueron sensibilizados a través del video y el conversatorio. Ellos participaron de la intervención aportando ideas para contribuir al PRAE desde la educación ambiental impartida desde el hogar. Asumiendo compromisos de separación de sólidos como se realiza en la Institución y el apoyo a las campañas de reciclaje de cada mes.

Por otra parte, el grupo 2 participó de la proyección de videos por tres niveles de escolaridad correspondientes a: de transición a tercero (5 a 8 años), de cuarto a séptimo (9 a 12 años) y de octavo a once (13 a 16 años). Fue posible evidenciar, que los estudiantes menores de 10 años estaban muy motivados y atentos antes los videos; y los estudiantes de 11 a 17 años demostraron una mayor participación en cuanto a las preguntas referentes al manejo de residuos sólidos (Fi-

gura 6). Según Calixto y Herrera (2010) la sensibilización ambiental permite que los intervenidos reconozcan su contexto a través de los sentidos. De esta manera la intervención educativa en la institución permitió que se generará un espacio reflexivo en el que las actitudes positivas y negativas frente al problema ambiental del manejo de residuos sólidos, se contrastaran en una balanza para reconocer el impacto que se genera por cada persona en el espacio que comparten a diario.



Figura 6. (A) Proyección de videos en estudiantes de transición y (B) Proyección de videos en estudiantes de grado primero a tercero de la institución Educativa llano Verde, Sede San Luis.

Fuente: Elaboración propia.

Taller teórico práctico

Posterior a la sensibilización se realizó una retroalimentación de lo vivido en el taller teórico práctico, en la que las personas tuvieron una disposición muy positiva por parte de los participantes de los grupos 1 y 2. El taller permitió realizar de forma didáctica la clasificación de los residuos sólidos reciclables y no reciclables con productos de la canasta familiar y disponerlos en las canecas correspondientes.

En el grupo 1 se encontró que tanto directivos, administrativos y personal de servicios generales acertaron la mayoría de las veces en la clasificación correcta de los residuos sólidos reciclables y no reciclables. Los docentes y estudiantes de este grupo acertaron en menor proporción en la clasificación. En este sentido, el nivel de estudios como variable sociodemográfica influye en el conocimiento y actitudes del reciclaje, teniendo en cuenta que, a mayor nivel de estudios, mayor probabilidad de reciclar todo tipo de residuos y de realizarlo correctamente. Investigaciones como la de Arango, García y Sánchez (2013) presentan esta variable entre las que más favorecen el reciclaje.

Se evidenció durante la intervención educativa, el nivel superior de conocimiento de la población adulta en comparación con los estudiantes. Estos últimos no cuentan con la experiencia y nivel de escolaridad que directivos, administrativos, docentes y personal de servicios generales tienen. La relación del nivel de conocimiento con el reciclaje, se identifica en el estudio realizado por Agulló, González y Abellán (2011) en el que se presenta una asociación positiva entre estos dos, fundamentando que las personas que están más informadas, poseen mayor conciencia ambiental de los problemas ambientales y cómo las personas contribuyen para mitigarlos a través del reciclaje.

Se observó que en los estudiantes menores de 10 años del grupo 2 estuvieron muy motivados en clasificar, aunque en su mayoría desconocían cómo debían separar en la fuente los productos de la canasta familiar. Por el contrario, los estudiantes mayores a 10 años se mostraron muy temerosos en cuanto a equivocarse en la clasificación de los productos, pero finalmente, se generó un ambiente de retroalimentación con colaboración entre pares (figura 7).

Es importante para la continuidad del proyecto de investigación que la Institución disponga espacios para capacitar más a los padres de familia / acudientes de los estudiantes en cuanto al manejo asertivo de los residuos sólidos, como lo recomienda el estudio realizado por Rojas, et al. (2015).



Figura 7. Taller teórico práctico de residuos sólidos con estudiantes mayores a 10 años, Institución Educativa Llano Verde sede San Luis. Fuente: Elaboración propia.

Capacitaciones al grupo ecológico de la institución

La investigación realizada en la Institución, permitió generar espacios para fomentar una cultura de reciclaje a través de las capacitaciones en la que se destacaron los conocimientos y actitudes de los participantes en cada una de las estrategias. En este sentido, la cultura ambiental para Isaac-Márquez et al. (2011) se define como el conjunto de actitudes y conocimientos ambientales que posee una persona.

Las capacitaciones impartidas al grupo ecológico por parte de entidades externas –el DAGMA, la Secretaría de Salud Municipal y la Junta de Acción Comunal (JAL) y los docentes líderes del PRAE–,

permitieron capacitar los beneficios y los efectos negativos en la salud y en el ambiente de los residuos sólidos que se generaban en la Institución (figura 8).



Figura 8. Capacitación grupo ecológico por parte de la Secretaría de Salud Municipal de Cali, Institución Educativa Llano Verde sede San Luis.

Fuente: Elaboración propia.

Acompañamiento caracterización de los residuos sólidos

Los estudiantes de bachillerato fueron quienes mostraron una participación más activa y más comprometida con el proceso de acompañamiento para la caracterización de los residuos. Este grupo refleja los conocimientos y habilidades adquiridas para tomar decisiones asertivas y responsables con el ambiente. El grupo ecológico se encargó de reportar si la caracterización de los residuos era realizada de manera correcta o incorrecta (figura 9).

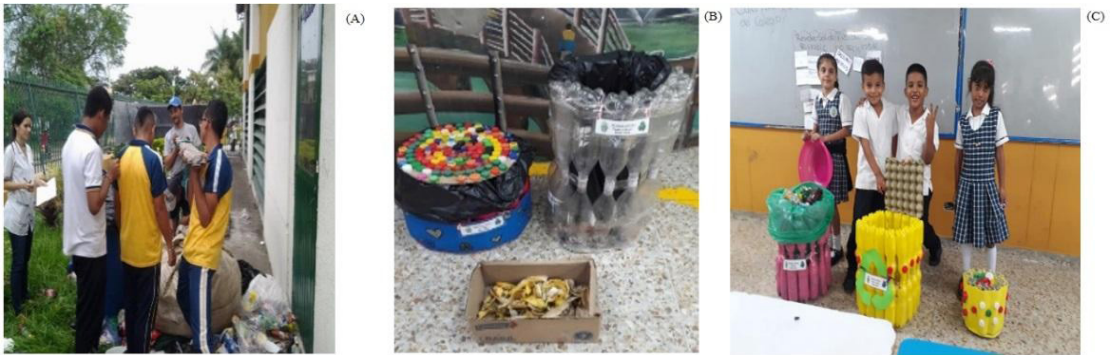


Figura 9. (A) Acompañamiento de estudiantes de bachillerato y líder del PRAE para el pesaje y venta del reciclaje. (B) Canecas artesanales disponibles en cada salón de la Institución Educativa Llano Verde sede San Luis. (C) Separación en la fuente de residuos sólidos por los estudiantes menores de 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

Campañas de reciclaje

Los estudiantes apoyaron durante el año escolar las campañas de reciclaje en cuanto a materiales como papel de oficina, libros, cuadernos, cajas de cartón, pilas, tapas, chatarra y envases plásticos (figura 10). Esta actividad consistió en separar los residuos que se generaban en la institución o aquellos que provenían de los hogares de los estudiantes en apoyo a las campañas de reciclaje. Con lo anterior se logró involucrar a toda la comunidad educativa en el proceso de reciclaje.



Figura 10. (A) Entrega a representante de la Fundación Carlos Portela de las tapas recicladas en la Institución Educativa Oficial Llano Verde sede San Luis. (B) Estudiantes menores a 10 años participando de las campañas de reciclaje.

Fuente: Elaboración propia.

En el mes de marzo de 2018 se alcanzó la rentabilidad más alta para la venta del reciclaje. Las ganancias de cada mes fueron utilizadas en el 2019 para la compra de las canecas reglamentarias (azul para plástico y gris para papel). Se llevó un registro de la cantidad de residuos (kilos) que se recolectaban en las canecas de la institución y en las campañas, para posteriormente venderlos a una empresa recolectora. En el registro se tiene que, en primer lugar, el papel es el residuo que más se recicla, en segundo lugar, los tarros plásticos y, en tercer lugar, las tapas plásticas.

Los datos registrados demuestran que el residuo que generó mayor rentabilidad en las campañas de reciclaje realizadas fue el papel, el cual es común en las actividades del día a día dado que el lugar es una entidad educativa, la cual maneja actividades académicas y de oficina que obliga hacer uso de este residuo en los deberes de cada dependencia. Algunos estudios concuerdan en que el papel

es uno de los residuos que más se caracteriza en las instituciones educativas que practican el hábito de reciclar (Armijo de Vega, et al. 2006; Quintero, Teutli, González, Jiménez y Ruiz, 2011; Vargas, Alvarado, López y Cisneros, 2015). Estos estudios consideran que la caracterización de residuos sólidos es muy importante porque desde ella se puede potenciar la recuperación del papel y otros residuos para ser aprovechados como reciclaje y adquirir ganancias. Además, consideran que el reto en la actualidad implica un manejo integral desde una adecuada separación en la fuente hasta la entrega a una empresa responsable como política institucional.

Rincón ecológico

Cada 15 días se contaba con el espacio entre docentes, directores de grupo y estudiantes en cada salón para la socialización de noticias y talleres relacionados con el manejo de residuos sólidos y talleres de manualidades con material reciclable. Según Pérez, Porras y González (2007), las instituciones deben generar espacios que logren interacciones entre los sujetos, manteniendo, a su vez, una relación dinámica con su entorno, tal y como se presentó en la intervención educativa.

En estas actividades los estudiantes se mostraron muy animados en participar y crear desde tarjetas hasta productos artesanales para decoración del hogar o jardines. Los docentes y estudiantes del grupo 1 motivaron constantemente a los estudiantes del grupo 2 en cada una de las actividades propuestas en el rincón ecológico en sus respectivos salones (figura 11).



Figura 11. (A) Elaboración de manualidades en material reciclable en el espacio del rincón ecológico. (B) Socialización de noticia ambiental entre director de grupo y estudiantes mayores a 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

En la actualidad, el proyecto de investigación ha permitido generar estrategias para mejorar el impacto individual en un contexto, como lo es la Institución. En estudios como el de Andraca y Sanpedro (2011) se presenta la importancia de concebir la educación ambiental como un factor clave, para construir estrategias que incidan en los factores socioculturales con el fin de mejorar los problemas ambientales. En la Institución se generó un espacio reflexivo en el que se identificaron actitudes entre los intervenidos, generando propuestas que apoyaran el PRAE con nuevas ideas. Según Calixto y Herrera (2010), lo anterior es posible si las personas tienen una formación ambiental para cambiar sus hábitos poco saludables con el planeta.

Por lo tanto, la educación ambiental impartida en el proyecto, generó cambios entre la comunidad educativa y según Martínez (2010) los cambios deben llegar hasta una mejora en la calidad de vida, en la conducta personal y en las relaciones humanas, que lleven a la solidaridad y el cuidado hacia todas las formas de vida. Dichos

cambios deben contemplarse desde la educación ambiental como el camino para fomentar el compromiso de contribuir al cambio social, cultural y económico. Por lo cual, la formación en cultura de reciclaje, permite en los intervenidos asumir la responsabilidad en sus acciones diarias y desempeñar un papel constructivo para el medio ambiente.

Referencias bibliográficas

- Agulló, V., González, G., y Abellán, C. (2011). Percepción social sobre la gestión de residuos urbanos: el caso del municipio de Puçol (Valencia). *Observatorio Medioambiental*, 14, 95-106.
- Agredo, P., Martínez, A., Medina, M., Cuellar, T., Cano, M. (2017). Proyectos ambientales escolares en Instituciones Educativas del sector oficial en el Municipio de Santiago de Cali. En: Martínez, A., Paz, A. Acosta, C., Pérez, C., Chavarro, G., González, H., Villota, J., Guevara, L., Betancur, L., Granja, L., Tamayo, L. Giraldo, L., Miranda, M., Cano, M., Medina, M., Guerrero, M., Villota, M., Lozano, P., Medina, P., Cruz, R. y T. Cuellar. *El prisma de la formación docente en Colombia. Teoría pedagógica y experiencias didácticas*. 187-229. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.
- Alea, A. (2006). Diagnóstico y potenciación de la educación ambiental en jóvenes universitarios. *Odiseo, revista electrónica de pedagogía*, 3(6), 1-29.
- Alegre, S. I. (2007). La importancia de la participación ciudadana a través de la educación ambiental para la mitigación del cambio climático a nivel local”. *DELOS Desarrollo Local Sostenible*, 3(7).
- Álvarez, F., Bartra, F., López, E., y Sandoval, Y. (2015). *Experiencias universitarias en escenarios virtuales formativos*. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.

- Andraca, C., y Sampedro, M. L. (2011). Programa de Educación Ambiental para incidir en la actitud del manejo de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de estudiantes del nivel medio superior. *Revista Iberoamericana de Educación*, (56/3).
- Arango, M. A., García, J. A., y Sánchez, M. T. (2013). Actitudes y comportamiento hacia el medio ambiente natural. Salud medioambiental y bienestar emocional. *Universitas Psychologica*, 12(3), 845-856.
- Arias, A. M., Estrada, E. P., y Rendón, L. M. (2015). Caracterización de los procesos educomunicativos de las instituciones educativas que conforman la red de proyectos ambientales escolares (red PRAE). *Producción+limpia*, 10(1), 105-118.
- Armijo de Vega, C., Ojeda-Benítez, S., Ramírez-Barreto, E., y Quintanilla-Montoya, A. (2006). Potencial de reciclaje de los residuos de una institución de educación superior: el caso de la Universidad Autónoma de Baja California. *Ingeniería*, 10(3).
- Aula365 [Aula365-los Creadores]. (2016, 18, 01). ¿Por qué el reciclaje es tan importante? Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=-UFFFUTMlCw>
- Banco Mundial (2014). Indicadores económicos. Washington: Banco Mundial
- Barazarte, R., Neaman, A., Vallejo, F., y García, P. (2014). El conocimiento ambiental y el comportamiento proambiental de los estudiantes de la Enseñanza media, en la Región de Valparaíso (Chile). Santiago de Chile: Ministerio de Educación.
- Barraza, L. (1998). Conservación y medio ambiente para niños menores de 5 años. *Especies*, 7(3), 19-23.
- Barraza, L. (2001). Perception of social and environmental problems by English and Mexican school children. *Canadian Journal of Environmental Education (CJEE)*, 6(1), 139-157.

- Borroto, M., Rodríguez, L., Reyes, A., y López, B. A. (2011). Percepción ambiental en dos comunidades cubanas. *M+ A, revista electrónica de medioambiente*, (10), 13-29.
- Bustamante, N. D. C., Cruz, M. I., y Vergara, C. (2017). Proyectos ambientales escolares y la cultura ambiental en la comunidad estudiantil de las instituciones educativas de Sincelejo, Colombia. *Revista Logos, Ciencia y Tecnología*, 9(1), 215-229.
- Calixto, R., Herrera, L. (2010). Estudio sobre las percepciones y la educación ambiental. *Tiempo de Educar*, 11 (22), 227-249.
- Martínez, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica Educare*, 14(1), 97-111.
- Cerrillo, J. A. (2010). Medición de la conciencia ambiental: Una revisión crítica de la obra de Riley E. Dunlap. *Athenea Digital. Revista de pensamiento e investigación social*, (17), 33-52.
- Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 99 del 22 de diciembre de 1993 “por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”*. Bogotá. Recuperado de: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf> [Consulta: 20 mayo 2019]
- CORANTIOQUIA. (2009). *Construcción de una cultura ambiental responsable y ética. Lineamiento propuesta pedagógica para el desarrollo de procesos de educación ambiental y participación social en la jurisdicción de Corantioquia*. Medellín.
- Coya, M. (2001). *La ambientalización de la Universidad* (Tesis de doctorado). Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela: Alicante, España.
- Desalentadoras cifras de Reciclaje en Cali (Jueves, mayo de 2017). *Diario occidente*, p. 5.

- Díaz, D. M., Castillo, L. E., y Díaz, P. C. (2014). *Educación ambiental y primera infancia: estudio de caso institución educativa Normal Superior y Fundación Educadora Carla Cristina del Bajo Cauca* (Tesis de pregrado). Universidad de Antioquia Seccional Bajo Cauca. Antioquia, Colombia.
- Eschenhagen, M. L. (2007). Las cumbres ambientales internacionales y la educación ambiental. *Oasis: Observatorio de Análisis de los Sistemas Internacionales*. (12), 39-76.
- Espino-Román, P., Olaguez-Torres, E., y Davizon-Castillo, Y. A. (2015). Análisis de la Percepción del Medio Ambiente de los Estudiantes de Ingeniería en Mecatrónica (México). *Formación universitaria*, 8(4), 45-54.
- Jaramillo, J. C. y Quijano, S. A (2013). Manual del comportamiento ambiental como herramienta para la educación ambiental en Medellín, Colombia. En S.N. Cogollo (Ed.), *Responsabilidad Social, perspectivas para la acción en Colombia* (155). Medellín, Colombia: Fondo Editorial FUNLAM.
- García, M. J., y Navarro, E. P. (2011). ¿Qué piensan y cómo dicen que actúan los alumnos y profesores de un centro de educación secundaria sobre la gestión del agua, la energía y los residuos? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(1), 61-74.
- Granados, I. G. (2012). Educación para el manejo de residuos” en la región occidental del Valle Central. *Pensamiento Actual*, 12(18-19).
- Heyl, M., Moyano, E., y Cifuentes, L. (2013). Actitudes y comportamientos ambientales de estudiantes universitarios: estudio de caso de una universidad chilena. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 45(3), 489-503.
- Hoornweg, D y Giannelli, N. (2007). Managing municipal solid waste in Latin America and the Caribbean- Integrating the private

- sector, harnessing incentives. *Gridlines*, (28). World Bank, Washington, DC.
- Indicadores de cultura ciudadana. Medellín, (2013). Recuperado de: <http://www.manosvisibles.org/documentos3/repositorio-laboratorio-de-innovacion-politica-para-la-paz/lecturas-base/39-encuesta-cultura-ciudadana-medelli-n-2013-1/file> [Consulta: 20/05/2019]
- Iriarte, F. (2006). Incorporación de TIC en las actividades cotidianas del aula: una experiencia en escuela de provincia. *Zona próxima: Revista del instituto de Estudios Superiores en Educación* (7), 62-85.
- Isaac-Márquez, R., Salavarría, O. O., Eastmond, A., Ayala, M. E., y Arteaga, M. A., Isaac-Márquez, A. P., Sandoval, J. L. & Manzanero, L. A. (2011). Cultura ambiental en estudiantes de bachillerato: Estudio de caso de la educación ambiental en el nivel medio superior de Campeche. *Revista electrónica de investigación educativa*, 13(2), 83-99.
- Jackson, M. [Michael Jackson] (2009,10,02). Michael Jackson- Earth Song (official video) Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=XAi3VTSdTxU>
- Jha, A. K., Singh, S. K., Singh, G. P., y Gupta, P. K. (2011). Sustainable municipal solid waste management in low income group of cities: a review. *Tropical Ecology*, 52 (1), 123 – 131.
- Lamiño, P. S. (2017). *Estudio comparativo de actitudes y comportamiento ambiental entre los estudiantes de las Universidades Texas y la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano* (Tesis de pregrado). Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras.
- Torres, E. I. (2011). *Medio ambiente y proyecto ambiental escolar (PRAE) en el Colegio Nicolás Esguerra* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.

- Malluk, A. L. (2016). La cultura ambiental y su mirada interdisciplinaria: análisis desde los componentes técnico, social, pedagógico y comunicacional. Estudio de caso: Universidad Pontificia Bolivariana Montería-UPB. *Revista Boletín Redipe*, 5(8),115-133.
- Marcén, C. (2004). Guía de Recursos Didácticos. Proyecto Educativo Greenpeace España: Escuelas Amigas de los Bosques. Madrid: Greenpeace. Recuperado de: <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/gu-a-de-recursos-didacticos.pdf> [consulta:20/05/2019].
- Martimportugués, C., Canto, J. M., Hombrados, M. I. (2007). Habilidades pro-ambientales en la separación y depósito de residuos sólidos urbanos. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*. 8(1y2), 71-92.
- Martínez, M. (2016). La cultura del reciclaje. *Revista Ambientum: Suelos y residuos*, Párr. 1, 2. Edición Octubre – Noviembre 2016. España.
- Badillo, M. E. (2011). Estrategia de comunicación y educación mediada por TIC para el fomento del desarrollo sostenible en cinco colegios de Palmira. *Entramado*, 7(1), 128-145.
- Ministerio de Educación Nacional. (1994) Decreto 1743 de 1994 “Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal, se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación nacional y el Ministerio del Medio Ambiente”. Bogotá. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Decretos/dec_1743_030894.pdf [Consulta: 20 de mayo 2019]
- Muñoz, C., y Sánchez, F. J. (2008). Percepción y aplicación de la Ley de Residuos Sólidos del DF en su fase de recolección en una co-

- lonia de la Ciudad de México. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria: Revista de Investigación de la Universidad Simón Bolívar*, (7), 4, (70-79).
- Murillo, G. (2016). Campaña de educación ambiental para reducir la contaminación por desechos sólidos en el recinto La Unión, del cantón Durán. *Universidad de Guayaquil. Facultad de Comunicación Social. Carrera de Publicidad y Mercadotecnia.*
- Novo, M. (2009). La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible. *Revista de Educación*, (1), 195-217.
- Parra, S. R., Gómez, M. G., y Pintor, M. M. (2015). Factores que inciden en la implementación de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje en 5° de Primaria en Colombia. *Revista complutense de educación*, 26, 197-213.
- Parry, J. (2002). The Mediating Role of Creating Storyboards for Multimedia Presentations in Relation to Local Wildlife Sites. *Environmental Education Research Education Research* 8, pp.354-372.
- Pavez-Soto, I., León-Valdebenito, C., y Triadú-Figueras, V. (2016). Jóvenes universitarios y medio ambiente en Chile: Percepciones y comportamientos. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 14(2), pp. 1435-1449.
- Perales, V. y Adam, F. (2006). El contrato natural: Aproximaciones desde el videojuego. *ICONO 14: Revista de Comunicación y Nuevas Tecnologías* (8), pp. 1-16.
- Pérez, M. R., Porras, Y. A., y González, R. A. (2007). Identificación de las representaciones de ambiente y educación ambiental que circulan en la escuela. *Tecné Episteme y Didaxis TED*, (21).
- Quintero, C., Teutli, M., González, M., Jiménez, G., Ruiz, A. 2004. *Manejo de residuos sólidos en instituciones educativas.* BUAP. México, pp. 8, 9.
- Ramboll Management (2006). *E-Learning Nordic 2006: Impact of ICT on education.* Dinamarca: Autor: <http://www.rambollmanagement.com>

- Ramírez, O. (2015). Identificación de problemáticas ambientales en Colombia a partir de la percepción social de estudiantes universitarios localizados en diferentes zonas del país. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 31(3), 293-310.
- Ramírez-Vargas, C. A., Paredes, D., y Guerrero, J. (2014). Sostenibilidad financiera y económica de plantas de manejo de residuos sólidos urbanos en Colombia. *Ingeniería y competitividad*, 16(2), 65-77.
- Rojas, A., Rodríguez, R., Álamo, U., Pacheco, L. E., Treviño, S., y Márquez, M. (2015). Experiencia de participación comunitaria para el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos en México. *Global Health Promotion*, 22(2), 96-106.
- Sánchez, M. D. P. (2015). ¿Le apuestan los sistemas de manejo de residuos sólidos en el mundo al Desarrollo Sostenible? *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 445-450.
- Sauvé, L. (2010). Miradas críticas desde la investigación en educación ambiental. En *CORANTIOQUIA: La política nacional de educación ambiental en Colombia: un marco para la exploración y la reflexión, sobre las necesidades investigativas en educación ambiental*. 13-22.
- Shehy, N. P., Wylie, J. W., McGuinness, C. y Orchard, G. (2000). How Children Solve Environmental Problems: using computer simulations to investigate systems thinking. *Environmental Education Research* 6, pp. 109-126.
- Tatiana. [Siguelamagia Tatiana]. (2010, 05, 03). El planeta hay que cuidar. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=L-tTfHKBH6Rg>
- Torres, A., Pérez, M., Hernández, C., y Escobar, J. (2016). Articulando capacidades a través de la formulación de un PRAES: Caso Instituto San Carlos de la Salle, Medellín, Colombia.
- Ull, M. A., Minguet, P. A., Martínez, M. P., Palacios, B. & Piñero, A.

- (2010). Conocimiento y actitudes del profesorado universitario sobre problemas ambientales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 28(3), 433-446.
- Usaquén, M. I, y Sánchez, M. D. P. (2014). Determinantes de la generación de residuos sólidos en diez municipios representativos del departamento de Cundinamarca 2007-2012. *Revista Criterio Libre*, 12(20), 140-161.
- Vargas, O., Alvarado, E., López, C., y Cisneros, V. (2015). Plan de manejo de residuos sólidos generados en la Universidad Tecnológica de Salamanca. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. ISSN, 2334-2501.
- Velásquez, C. A. (2016). *Diseño de una propuesta metodológica basada en investigación, acción y participación, para la enseñanza de la educación ambiental en el marco del Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), Colegio Campestre La Colina* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín. Medellín, Colombia.
- Vergara, S.E., y Tchobanoglous, G. (2012). Municipal solid waste and the environment: a global perspective. *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 277-309
- Zamorano, B., Parra, V., Peña, F., Vargas, J. I., y Castillo, Y. (2011). Compromiso ambiental de los estudiantes del nivel Medio superior. *Revista Desarrollo Local Sostenible, Red Académica Iberoamericana Local Global*, 4, (11), 1-13.

ACERCA DE LOS AUTORES

About the authors

María Eufemia Freire Tigreros

① <https://orcid.org/0000-0002-9091-1793>

✉ maria.freire00@usc.edu.co

Docente de tiempo completo de la Facultad de Educación, Universidad Santiago de Cali. Adscrita a los grupos de investigación ECONACUA y ECOBIO. Actual coordinadora del Semillero de Investigación PAECN (Pedagogía Articulada para la Enseñanza de las Ciencias Naturales). Investigador Asociado (I) categorizada por MinCiencias. Actual Presidenta del Capítulo Valle de la ACCB (Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas). Doctoranda en Investigación, en Humanidades, Artes y Educación con la Universidad Castilla-La Mancha, Toledo España. Magíster en Educación con el Tecnológico de Monterrey-México y en convenio con la Corporación Universitaria Minuto de Dios-Uniminuto con doble titulación. Especialista en Educación Ambiental y Licenciada en Biología y Química de la Universidad Santiago de Cali. Pasante de Investigación en la Universidad de Sao Paulo (Brasil, 2017), Universidad Autónoma de Nuevo León (México, 2019) y el Instituto de Investigaciones /INIE de la Universidad de Costa Rica (Costa Rica, 2021).

Carlos Andrés Rodríguez-Perafán

✉ carlos.rodriguez17@usc.edu.co

① <https://orcid.org/0000-0002-7647-1939>

Doctor en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sostenible por el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR, México), desde el 2017 es docen-

te del Programa de Maestría en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible, y del Programa de Doctorado en Educación en la Línea Educación Ambiental, en la Facultad de Educación de la Universidad Santiago de Cali (USC).

Mauricio Quintero Ángel

✉ mauricio.quintero@correounivalle.edu.co

© <http://orcid.org/0000-0003-3680-7458>

Ingeniero Agrícola, Doctor en Ciencias Ambientales. Profesor de la Universidad del Valle- Sede Palmira, Colombia. En los últimos años se ha centrado en el estudio de los sistemas socio-ecológicos, particularmente en el uso y transformación de los ecosistemas para la producción de alimentos y los conflictos ambientales derivados. Es líder del grupo de investigación en Sistemas Socio-ecológicos sustentables de la Universidad.

Carlos Guevara-Fletcher

✉ cefletcher8@hotmail.com

© <https://orcid.org/0000-0003-3955-8231>

Biólogo, Universidad del Valle. Magíster y Doctor en Biodiversidad, Funcionamiento y Gestión de Ecosistemas, Universidad del País Vasco. Ha laborado en temas de pesca, acuicultura, educación ambiental e impacto ambiental en instituciones públicas y privadas a nivel nacional e internacional. Director y docente Maestría Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible Universidad Santiago de Cali. Miembro de Ecología y Conservación de la Biodiversidad (ECOBIO).

Alejandra Salazar Lozada

✉ nscripcioncursoasproambiental@gmail.com

🌐 <https://orcid.org/0000-0003-3383-3052>

Técnica en Saneamiento Ambiental, abogada y magíster en Educación Ambiental de la Universidad Santiago de Cali. Representante legal empresa Asproambiental. Capacitadora y Consultora en Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para compañías del sector privado en el suroccidente colombiano y eje cafetero.

Silvia Andrea Quijano Pérez

✉ silvia.quijano00@usc.edu.co

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-6371-3038>

Bióloga de la Universidad de Antioquia y Doctora en Ciencias, mención Sistemática y Ecología de la Universidad Austral de Chile. Docente de Tiempo completo en Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ciencias Básicas. He participado en proyectos de investigación relacionados con ecología de poblaciones y comunidades, con interés especial en biodiversidad, específicamente en uso y selección del hábitat. Otros de mis intereses investigativos son la salud ambiental y en el fortalecimiento del Sistema de Gestión ambiental relacionada con residuos sólidos, huella hídrica, y educación ambiental. Miembro de Ecología y Conservación de la Biodiversidad (ECOBIO).

Gina Jiménez Enríquez

✉ ginacali@hotmail.com

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-9360-0085>

Licenciada en Educación Básicas con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Ha laborado como docente de Biología en

primaria y bachillerato. Pertenece y lidera el equipo de docentes del Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) de la Institución Educativa oficial Llano Verde. Actualmente es estudiante de la Maestría en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible de la Universidad Santiago de Cali e integrante del semillero de investigación en Ciencias Ambientales, Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible (SEAMBIENTAL) perteneciente al grupo de investigación en Grupo de investigación Ecología y Conservación de la Biodiversidad (ECOBIO).

Jonathan S. Pelegrín Ramírez

✉ jonathan.pelegrin00@usc.edu.co

© <https://orcid.org/0000-0001-5954-5476>

Biólogo Zoólogo, magíster en Biología Evolutiva y Doctor en Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid. Profesor de tiempo completo de la Facultad de Educación de la Universidad Santiago de Cali. Sus intereses de investigación están relacionados con la ecología evolutiva, la macroevolución, la paleoecología y la bioquímica ambiental desde un enfoque de la biodiversidad animal. Actualmente es el Líder del Grupo de investigación Ecología y Conservación de la Biodiversidad (ECOBIO) y su Semillero en Paleobiología, Ecología y Evolución (PaleoEco).

Jairo Roberto Suárez Galíndez

✉ jaisual@yahoo.com

© <http://orcid.org/0000-0002-9771-9403>

Ingeniero Químico, magíster en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible de la Universidad Santiago de Cali. Con amplio interés en los sistemas de gestión ambiental a nivel industrial y conocimiento acerca del impacto de la industria química en el medio ambiente. Docente Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).

Diego Gerardo Cuadros Gutiérrez

✉ dicuagu@hotmail.com

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-6391-7268>

Químico Farmacéutico de la Universidad de Cartagena. Magíster en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible de la Universidad Santiago de Cali. Experiencia docente en la Universidad Santiago de Cali. Actualmente se desempeña como químico farmacéutico del Hospital San Juan De Dios de Cali.

Fredy Prado Cartagena

✉ freddy.prado@cvc.gov.co

✉ freddy.prado59@gmail.com

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-2477-0582>

Administrador Ambiental y de los Recursos Naturales. Especialista en Gerencia Ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial. Magíster en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible de la Universidad Santiago de Cali. Técnico experto en administración de los recursos naturales en la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). Auditor de calidad.

PARES EVALUADORES

Peer evaluators

Marcela América Roa

Investigador Asociado (I)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1481-211X>

Universidad de Boyacá

Jean Jader Orejarena

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0401-3143>

Universidad Autónoma de de Puebla, México

Mildred Alexandra Vianchá Pinzón

Investigador Asociado (I)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9438-8955>

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Alexander Luna Nieto

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9297-8043>

Fundación Universitaria de Popayán

David Leonardo Quitián Roldán

Investigador Junior (IJ)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2099-886X>

Uniminuto, Villavicencio.

Jairo Vladimir Llano Franco

Investigador Senior (IS)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4018-5412>

Universidad Libre de Colombia - Seccional Cali

Nelson Contreras Coronel

Investigador Junior (IJ)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2264-8225>

Universidad Tecnológica de Pereira

Hoover Albeiro Valencia Sánchez

Investigador Asociado (I)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9193-2089>

Universidad Tecnológica de Pereira

Ricardo Antonio Torres Palma

Investigador Senior (IS)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4583-9849>

Universidad de Antioquia, Medellín

Luis Alfredo González Monroy

Investigador Junior (IJ)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7249-4677>

Universidad del Magdalena

Jorge Ladino Gaitán Bayona

Investigador Junior (IJ)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9539-4660>

Universidad del Tolima

Maury Almanza Iglesia

Investigador Senior (IS)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3880-4683>

Universidad Simón Bolívar de Barranquilla

**Distribución y Comercialización /
Distribution and Marketing**

Universidad Santiago de Cali
Publicaciones / Editorial USC

Bloque 7 - Piso 5

Calle 5 No. 62 - 00

Tel: (57+) (2+) 518 3000

Ext. 323 - 324 - 414

✉ editor@usc.edu.co

✉ publica@usc.edu.co

Cali, Valle del Cauca

Colombia

Diagramación / Design & Layout by:

Diana María Mosquera Taramuel

diditaramuel@hotmail.com

diagramacioneditorialusc@usc.edu.co

Cel. 3217563893

Este libro fue diagramado utilizando fuentes tipográficas Literata en sus respectivas variaciones a 11 puntos en el contenido y Fira Sans para capitulares a 44 puntos.

Foto de portada: © Voltamax / Pixabay

Impreso en el mes de noviembre de 2021,
se imprimieron 100 ejemplares en los
Talleres de SAMAVA EDICIONES E.U.

Popayán - Colombia

Tel: (57+) (2) 8235737

2021

Fue publicado por la
Facultad de Educación de la
Universidad Santiago de Cali.