



**4ta JORNADA DE DIFUSIÓN DE LOS  
RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN,  
EXTENSIÓN, INNOVACIÓN Y  
CREACIÓN ARTÍSTICA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ADMINISTRACIÓN  
“FIA INNOVA”**

*19 y 20 de octubre de 2017  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Palmira*

# MEMORIAS

*Organiza:*



**Universidad Nacional de Colombia  
Universidad Santiago de Cali**

**Facultad de Ingeniería y Administración-  
Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales-  
Universidad Santiago de Cali  
Primera Edición**

**Comité Editorial:  
Grupo de estudios en gestión empresarial,  
tecnología, innovación y conocimiento-  
GETIC**

**Organiza:**

## COMITÉ CIENTÍFICO

**Boris Alejandro Villamil Ramírez** Magíster en Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia.

**Carlos Adolfo Cisneros Rojas** Doctor en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia.

**Diego Iván Ángel Sánchez** - Doctor en Agroecología. Universidad Nacional de Colombia.

**Edgar Enrique Madero Morales**- Doctor en Ciencias Agropecuarias- Manejo de Suelos y Aguas. Universidad Nacional de Colombia.

**Eliana Castro Silva**

Magister en Salud y Seguridad en el Trabajo. Universidad Nacional de Colombia.

**Guillermo Duque Nivia**

PhD. Oceanography and Coastal Sciences. Universidad Nacional de Colombia.

**Hugo Alexander Martínez Correa** Doctor en Ingeniería de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia.

**Jesús David Perdomo**

**Jacanamejoy**

Magister en Administración. Universidad Santiago de Cali.

**Joel Tupac Otero Ospina**

Ph.D. Biology (Ecology). Universidad Nacional de Colombia.

**José Igor Hleap Zapata**

Doctor en Ingeniería de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia.

**Lina Marcela Vargas García** Magíster en Administración. Universidad Santiago de Cali.

**Lucena Vásquez Gamboa** Doctorado en Producción Animal. Universidad Nacional de Colombia.

**Luz Aleidy Ortega Castañeda** Magister en Administración. Universidad Santiago de Cali.

**Luz Stella Cadavid Rodríguez** Doctorado en Ingeniería. Universitario Universidad Nacional de Colombia.

**Margarita María Andrade Mahecha**

Doctorado en Ingeniería de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia.

**Mario Sergio Salerno**

Doctor en Ingeniería de Producción. Universidad de Sao Paulo

**Oscar Chaparro Anaya** Doctorado en Mecanización y Tecnología Agraria. Universidad Nacional de Colombia.

**Patricia Rodríguez Vélez** Magíster en Dirección y Administración de Empresas. Universidad Santiago de Cali.

**Nélida Ramírez Trián**

Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales, Universidad Nacional de Colombia.

**Saul Dussan Sarria**

Doctorado en Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional de Colombia.

**John Josephraj Selvaraj**

Doctorado en Manejo de Recursos Pesqueros

Universidad Nacional de Colombia

**Luis Octavio González Salcedo** Doctorado en Ingeniería Universidad Nacional de Colombia

**Ibeth Adriana Castellano**

Magister en Investigación Social Interdisciplinaria

**Memphis Ronald Viveros Tafur** Doctorado en Ciencias Sociales Universidad Pontificia Bolivariana.

Angela María Londoño Motta Doctorado en Agroecología. Universidad Nacional de Colombia.

**José Ader Gómez Peñaranda** Doctorado en Ciencia Animal Universidad Nacional de Colombia

## COMITÉ CIENTÍFICO

**Creucí Maria Caetano** Doctorado en Ciencias Biológicas  
Universidad Nacional de Colombia.

**Oscar Yovany Checa Cerón**  
Doctorado en Ciencias – física Universidad Nacional de Colombia.

**Myriam del Carmen Salazar Villarreal**  
Doctorado en Agroecología Universidad Nacional de Colombia.

**Carlos Humberto Mora Bejarano** Doctorado en Ingeniería Mecánica  
Universidad Nacional de Colombia.

## COMITÉ ORGANIZADOR

**ELIANA CATRO SILVA**  
Decana Facultad de Ingeniería y Administración  
Universidad Nacional de Colombia

**ALEXANDRA EUGENIA ARELLANO GUERRERO**  
Profesora Asociada - Facultad de Ingeniería y Administración  
Universidad Nacional de Colombia- Sede Palmira

**NEICY JOHANA SUÁREZ MACEDO**  
Investigadora  
Grupo de Investigación GETIC

**IVONNE GONGORA LEMOS**  
Decana Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad Santiago de Cali.

**JESÚS DAVID PERDOMO JACANAMEJOY**  
Director del Departamento de Administración y Mercadeo  
Universidad Santiago de Cali

## EQUIPO DE APOYO

**DIEGO ARMANDO GALVIS SERNA**  
Estudiante Maestría en Administración  
Grupo de Investigación GETIC  
Universidad Nacional de Colombia

**CLAUDIA LORENA GIRALDO**  
Estudiante Maestría en Administración  
Grupo de Investigación GETIC  
Universidad Nacional de Colombia

**LUISA MARÍA TABARES OCAMPO**  
Estudiante de Administración de Empresas  
Grupo de Investigación GETIC  
Universidad Nacional de Colombia

**NICOLAS FELIPE URBANO VILLAMIL**  
Estudiante de Ingeniería Agroindustrial  
Grupo de Investigación GETIC  
Universidad Nacional de Colombia

**JEFFERSON LOPEZ JOYA**  
Estudiante de Administración de Empresas  
Grupo de Investigación GETIC  
Universidad Nacional de Colombia

**ANDERSSON MONTES BOLAÑOS**  
Estudiante de Administración de Empresas  
Grupo de Investigación GETIC  
Universidad Nacional de Colombia

**SANDRA MILENA MÉNDEZ CICERI**  
Estudiante de Administración de Empresas  
Grupo de Investigación GETIC  
Universidad Nacional de Colombia



**FIA INNOVA**  
**2017**

# ARTÍCULOS

Organiza:

**USC**  
UNIVERSIDAD  
SANTIAGO  
DE CALI



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# Análisis de precipitación ante variabilidad y cambio climático en la cuenca del río Guabas-Colombia

DANIEL DAVID MONTENEGRO<sup>1</sup>, VIVIANA VARGAS FRANCO<sup>2</sup>

## RESUMEN

**El principal objetivo de este trabajo es presentar un análisis de datos de precipitación en la cuenca del río Guabas, ubicada en el sur occidente del departamento del Valle del Cauca. Se realizaron análisis estadísticos descriptivos e inferenciales para estudiar la variación temporal de la precipitación y se estudiaron las anomalías de precipitación en 4 estaciones de monitoreo, con información desde los años 1975 a 2013, 38 años de datos. Del análisis de resultados se pudo establecer que las precipitaciones medias máximas se dan en los meses de marzo ( $188 \pm 100\text{mm}$ ); abril ( $230 \pm 120\text{ mm}$ ); octubre ( $245 \pm 150\text{ mm}$ ); noviembre y diciembre. Y medias mínimas se dan en los meses de junio ( $87 \pm 20\text{ mm}$ ); julio ( $55 \pm 15\text{mm}$ ) y agosto ( $58 \pm 1$ ). Este análisis permitió conocer las tendencias de precipitación y evidenció que a través de los años la tendencia es al aumento significativo en las precipitaciones.**

**Palabras Clave— Anomalías, variabilidad climática, índice de concentración de precipitación**

## I. INTRODUCCIÓN

La variabilidad y cambio climático son fenómenos aceptados por la comunidad científica y la sociedad en general. Actualmente no duda de que las diversas actividades antrópicas están alterando de diversas formas el balance de radiación del sistema superficie-atmosfera; dicha alteración es producida por las emisiones de gases de efecto invernadero y si bien hay muchos factores que contribuyen al cambio climático, los gases de efecto invernadero (GEI) han jugado un papel importante (IPCC, 2014).

Uno de los grandes problemas del cambio climático es el calentamiento global, el cual es una de las mayores amenazas que sufre nuestro planeta, ya que genera problemáticas como el cambios en el ciclo hidrológico, por esta razón, el análisis de las precipitaciones en las cuencas hidrográficas es un requisito indispensable, ya que permite establecer medidas de adaptación y de esta manera disminuir pérdidas en producción de cultivos, identificar zonas de riesgo, prevenir posibles desastres, entre otros (Posada,2007)

Colombia al ser un país enfocado en la agricultura y no tener tanto nivel de desarrollo como los países del primer mundo, la contribución al cambio climático no es tan significativa haciendo necesario que el enfoque sea más de adaptación que de mitigación. El cual deberá ir encaminado a cambiar y corregir las disfunciones en el modelo socio ambiental, por medio de la construcción social del territorio con el objetivo de reducir la deforestación, la exposición a la amenaza y los conflictos entre uso y aptitud del suelo.

El monitoreo constante realizado por entidades como el IDEAM y la CVC, ha permitido realizar estudios frente al cambio en la precipitación y temperatura que se presenta en el valle del cauca, por esta razón es de gran importancia generar estrategias que permitan una adaptación de los mismos (CVC,2009).Este trabajo tiene como principal objetivo es realizar análisis de estadística descriptiva, anomalías y la tendencia en la acumulación de precipitaciones en la cuenca hidrográfica del río Guabas y de esta manera una visión más clara del comportamiento de la precipitación lo que permitirá tener una visión más clara de cuáles son los puntos que requieren más inversión en cuanto a mitigar los efectos de la variabilidad en la misma.

Daniel David Montenegro Murillo: ddmontenegrom@unal.edu.co, estudiante de pregrado - Ingeniería ambiental, Universidad Nacional de Colombia.

Viviana Vargas Franco: vvargasf@unal.edu.co, Profesor, Departamento de Ciencias básicas, Universidad Nacional de Colombia

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Zona de estudio

Como se muestra en la fig. 1. la cuenca hidrográfica del río Guabas se encuentra ubicada en el sur occidente del departamento del Valle del cauca, sobre el flanco occidental de la cordillera occidental de Colombia, esta limita al sur con la cuenca del río Zabaleta, al norte con las cuencas del río Sonso y Guadalajara, por el oriente con las cuencas hidrográficas de los ríos Amaine y Tuluá y al occidente con el río cauca donde se encuentra su desembocadura. Esta cuenca tiene una extensión de aproximadamente 23.774,032, con alturas que van desde los 940 hasta los 4000 msnm. (CVC,2009).

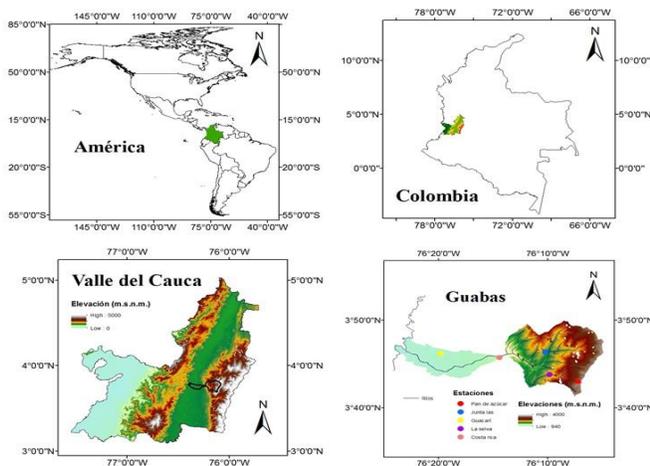


Fig. 1. Ubicación geográfica Cuenca guabas

Este estudio se enfoca en presentar un análisis de los datos de precipitación en la cuenca Guabas, ubicada en el Valle del Cauca. (CVC,2009). Se estudiaron las anomalías y el Índice de concentración de precipitación (ICP) en 4 estaciones de monitoreo en la cuenca hidrográfica, con diferentes años de monitoreo: Costa Rica (1975-2013), La Selva (1971-2013), Juntalás (1975-2013) y Guacari (1972-2015). Las dos primeras estaciones son monitoreadas por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y las dos posteriores por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (ver Fig. 2)

En la tabla 1 se describe la ubicación geográfica de cada una de estas estaciones, junto con el municipio en el cual están establecidas las mismas.

Tabla 1. Ubicación estaciones pluviométricas empleadas

| Nombre de la estación | Municipio | Altitud | Long  | Lat.   |
|-----------------------|-----------|---------|-------|--------|
| Costa Rica            | Ginebra   | 1.192   | 3.45  | -76.14 |
| La Selva              | Ginebra   | 1.704   | 3.73  | -76.16 |
| Guacari               | Guacari   | 972     | 3.77  | -76.33 |
| Las juntas            | Ginebra   | 1850    | 3.773 | -76.17 |

En la tabla 2, se describe el periodo de registro de cada estación junto con el operador encargado de su monitoreo y distribución de los datos, a partir de la misma se puede establecer la fecha de inicio de análisis, ya que como se puede evidenciar las estaciones evaluadas para el año de 1975 ya están en funcionamiento.

Tabla 2. Fecha de inicio y entidad encargada del monitoreo y funcionamiento de cada estación.

| Nombre de la estación | Inicio     | Suspensión | Operador |
|-----------------------|------------|------------|----------|
| Costa Rica            | 01/03/1975 |            | CVC      |
| La Selva              | 01/02/1971 |            | CVC      |
| Guacari               | 01/01/1972 |            | IDEAM    |
| Las juntas            | 01/03/1975 |            | IDEAM    |

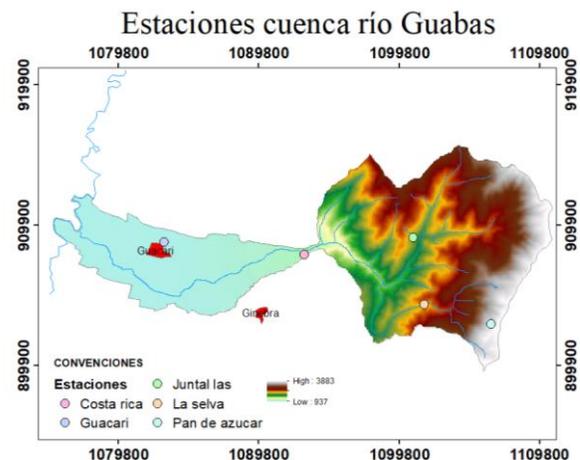


Fig. 2. Ubicación estaciones Cuenca guabas, Fuente adaptación GeoCVC

## MANEJO DE DATOS

Para el manejo de datos estadísticos se evaluará la variabilidad climática a partir de las anomalías de precipitación y el índice de concentración de las precipitaciones (ICP) el cual fue propuesto inicialmente por Heras en el año de 1983, donde se

relaciona el trimestre más lluvioso con los otros trimestres restantes, estos análisis permiten conocer cuál es la zona más afectada por las variaciones climáticas.

La anomalía de precipitación se reconoce como la diferencia entre la precipitación promedio de todos los años y la precipitación de cada año (1).

$$AP = \bar{X} - X_{i \text{ año}} \quad (1)$$

El índice de concentración de precipitaciones (ICP), permite conocer que tan estacional son las precipitaciones permitiendo conocer los trimestres más lluviosos y los años con mayor intensidad de precipitación (2) [4].

$$ICP = \frac{\sum_1^3 P_j}{0.5 * \sum_4^{12} P_j} \quad (2)$$

Donde

$\sum_1^3 P_j$ : Mayor suma de tres meses consecutivos

$\sum_4^{12} P_j$ : Suma del resto de los meses

### III. RESULTADOS

Se puede establecer que las precipitaciones medias máximas en la cuenca se dan en los meses de marzo ( $188 \pm 100\text{mm}$ ); abril ( $230 \pm 120 \text{ mm}$ ); octubre ( $245 \pm 150 \text{ mm}$ ); noviembre y diciembre. Y las precipitaciones medias mínimas se dan en los meses de junio ( $87 \pm 20 \text{ mm}$ ); julio ( $55 \pm 15\text{mm}$ ) y agosto ( $58 \pm 18\text{mm}$ ). En los años con eventos ENSO niño se conserva la anterior tendencia, pero las precipitaciones medias se incrementan significativamente, encontrándose diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,001$ ), con relación a un año normal. De igual forma se encontraron diferencias significativas estadísticas para los años con evento de la niña ( $p < 0,0001$ ), con medias menores a la de la tendencia normal. La comparación entre meses con años niño y niña presentan diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,0001$ ). Las anomalías de precipitación se presentan con valores superiores a la media con marcada tendencia en los años 2005 a 2011. (ver Fig.3).

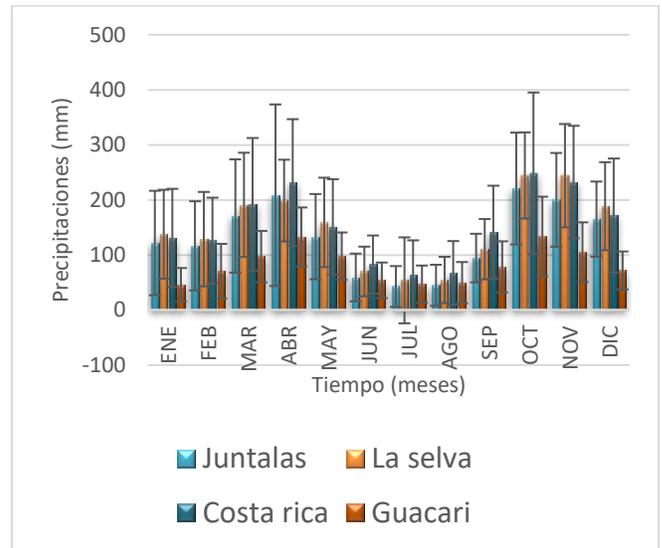


Fig. 3. Precipitaciones cuenca Guabas

### Anomalías de precipitación

El estudio de las anomalías en las estaciones estudiadas en la cuenca del río Guabas, evidencia que existe una mayor variabilidad climática en la zona media y baja de la cuenca, es decir; las estaciones de Guacarí y costa rica. Esta variabilidad se asocia al fenómeno del niño, excepto entre los años 2005 y 2008 que están asociados al fenómeno de la niña; en los años niños se presentan valores menores de precipitación y en los años niña se presentan valores mayores de precipitación. (Ver Fig. 4, ver Fig. 5, ver Fig. 6 y ver Fig.7.)

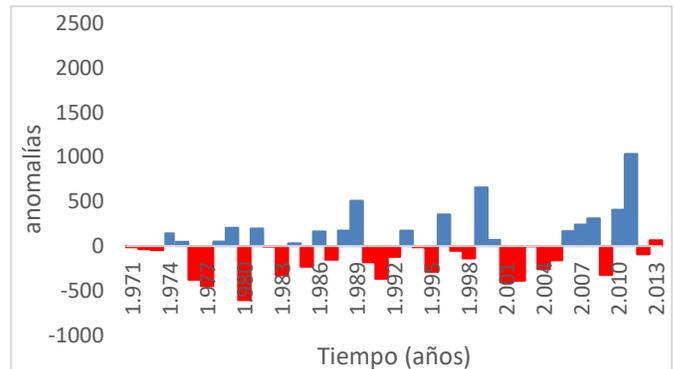


Fig. 4. Anomalías anuales estación la selva años 1971-2013.

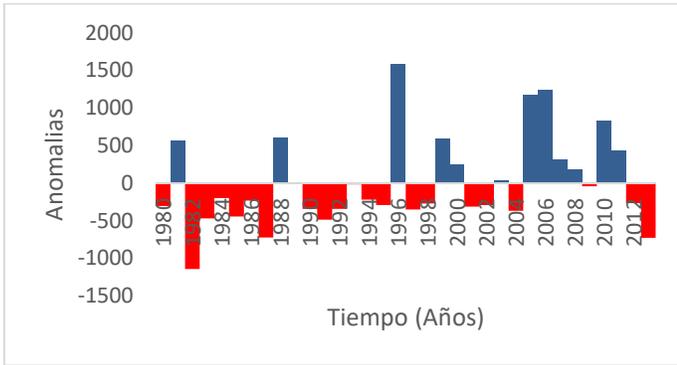


Fig. 5. Anomalías anuales estación Costa rica. 1990-2013

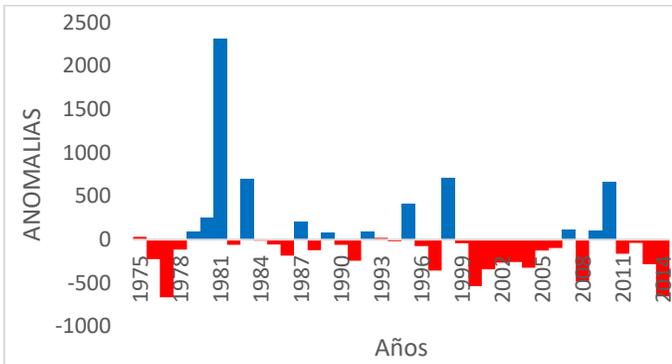


Fig. 6. Anomalías anuales estación la Juntalas años 1975-2014.

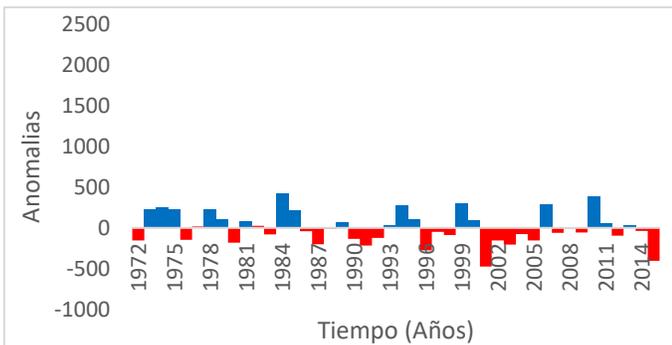


Fig. 7. Anomalías anuales estación Costa rica. 1972-2013

### Índice de concentración de las precipitaciones

La Fig. 8, es una representación gráfica de los trimestres más lluviosos por estación, los cuales serán usados para la obtención de ICP.

El índice de concentración de precipitación (ICP), se logra establecer que las zonas con mayor concentración de precipitaciones son las que están en la zona alta de la cuenca donde se encuentra las estaciones de La selva y Juntalas, Los resultados expresan que existe una tendencia al crecimiento en las precipitaciones con el pasar del tiempo (ver Fig. 8., ver Fig. 9. y ver Fig. 10)

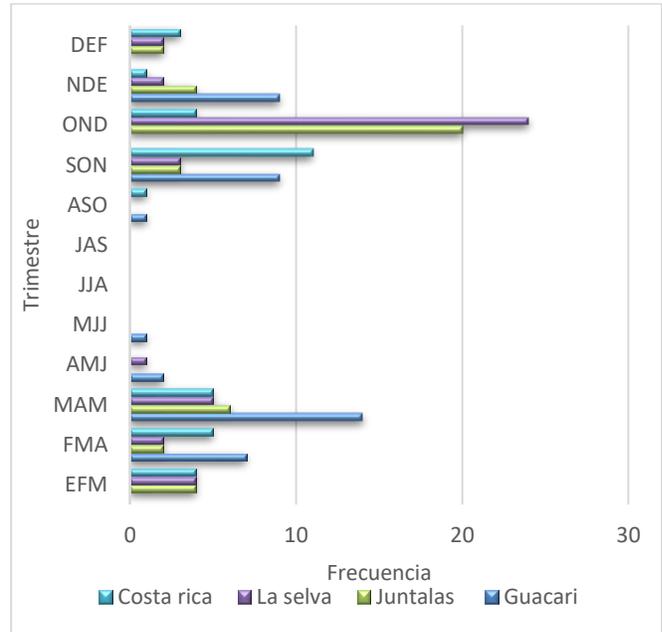


Fig. 8. Concentración de precipitaciones en cada trimestre

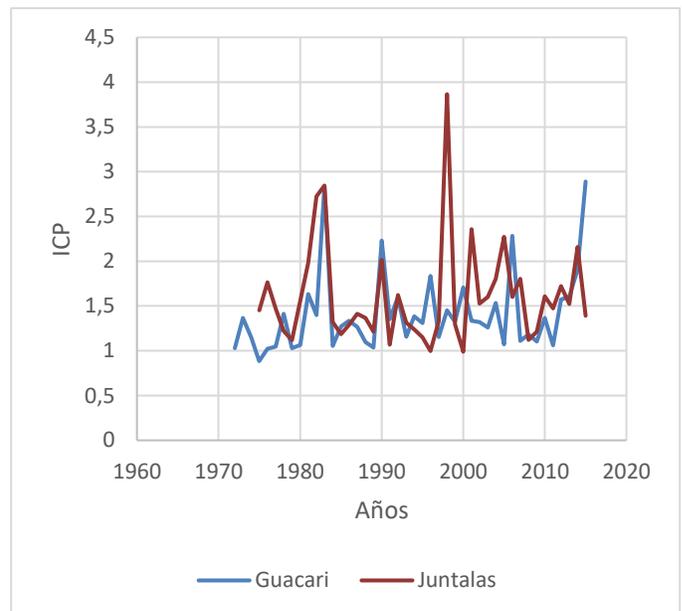
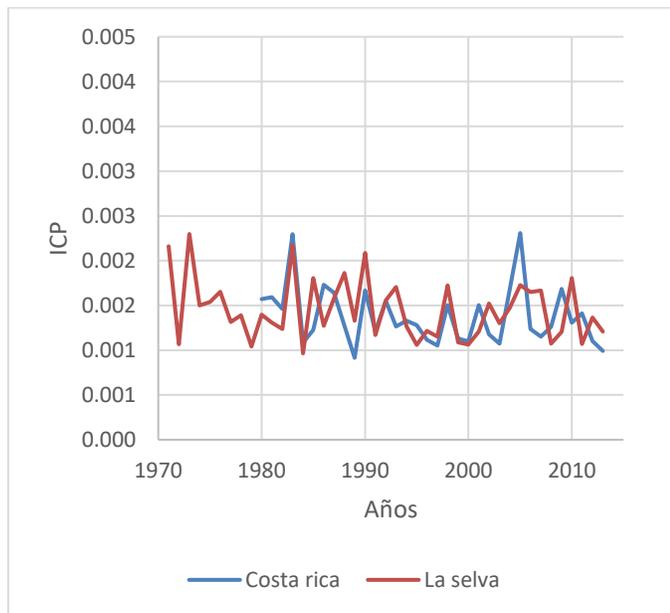


Fig. 9. Índice de concentración de precipitaciones estaciones IDEAM.



**Fig 10.** Índice de concentración de precipitaciones estaciones CVC.

IPCC, 2014 Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change

Posada C.C. 2007. La adaptación al cambio climático en Colombia. Revista de ingeniería Universidad de los Andes 26:74–80. Available from

<http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/26a9.pdf>

#### IV. CONCLUSIONES

A partir de los resultados se puede inferir que para la cuenca del río Guabas, las fases extremas de los ENOS (El niño y la niña) se presentan con mayor magnitud en las zonas media y baja de la cuenca, por lo cual se puede afirmar que estas zonas requieren un mayor cuidado, en términos de estrategias de adaptación como el aumento de cobertura vegetal entre otros.

El ICP evidenció que a través de los años en la cuenca Guabas, existe un aumento significativo en la concentración de precipitaciones principalmente en la zona alta de la misma, esto trae beneficios para el área agrícola; sin embargo, uno de los grandes problemas de la cuenca es la ganadería en altas montañas, lo cual aumenta el riesgo de deslizamientos, entre otros desastres.

#### V. BIBLIOGRAFÍA

CVC, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, and Asoguabas. 2009. Plan de Ordenación Y Manejo de La Cuenca Hidrográfica Del Río Guabas 2009-2019. Edited by Marta Isabel Tenorio Tascon. 1sted.

Gentili, Jorge O., and Verónica Gil. 2013. "Variabilidad Temporal de Las Precipitaciones En Vertientes" 22: 147–66.

# Análisis estadístico de la precipitación ante variabilidad climática en la cuenca del río Amaime

Luis Fernando Orobio Reyes, Viviana Vargas Franco

## RESUMEN

La cuenca hidrográfica del río Amaime es de gran importancia debido a los recursos naturales que en ella se encuentran, por ello se realizó un análisis estadístico de la precipitación en 3 estaciones ubicadas en la zona alta, media y baja del lugar de estudio, con el objetivo de determinar la variabilidad climática, para que establezcan planes de adaptación. Para cumplir con el objetivo planteado se utilizaron anomalías las cuales indicaron que la estación ubicada en la zona media de la cuenca presento menor variabilidad climática, en comparación con las zonas media y alta.

**Palabras Clave:** Variabilidad climática, precipitación y cuenca del río Amaime.

## I. INTRODUCCIÓN

La variabilidad y el cambio climático tiene como principales consecuencias el aumento de la temperatura y variaciones en la precipitación, lo cual se genera por el aumento en la emisión de gases de efecto invernadero [1]. Las variaciones anormales de precipitación causan un gran impacto sobre las comunidades, ya sea por sequías; que disminuyen la cantidad del recurso hídrico, o por exceso de lluvias que pueden causar desastres naturales.

La cuenca del río Amaime presenta una gran variedad de recursos naturales, tales como Áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Áreas de Reserva Forestal y Áreas de Especial Importancia. Igualmente presenta tanto fuentes de agua superficial que brindan caudales abundantes, como también agua subterránea la cual se caracteriza por ser la mayor fuente de agua dulce disponible, de excelente calidad natural y ampliamente distribuida no sólo en las partes altas de la cuenca sino también en una extensa zona plana [2].

Por lo mencionado en el párrafo anterior, se realizó un análisis estadístico en las precipitaciones históricas de la cuenca del río Amaime con el objetivo de determinar las anomalías y las tendencias de este fenómeno y así poder establecer medidas de adaptación.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

La cuenca del río Amaime se encuentra ubicada en el departamento de Valle del Cauca, sobre la vertiente occidental de la cordillera Central, entre las coordenadas planas 870.000 - 910.000 N y 1.065.000 - 1.125.500 E [2]. Figura 1

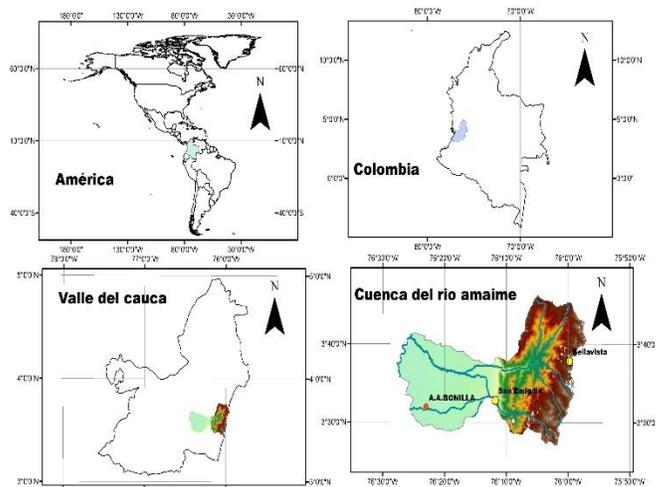


Fig. 1. Ubicación de la cuenca hidrográfica del río amaime.

El estudio se realizó para 3 estaciones de monitoreo de la cuenca hidrográfica con diferentes años de monitoreo; Aeropuerto Bonilla Aragón (1972 - 2016) monitoreada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). posicionada en la parte baja del área de estudio, San Emigdio (1965 - 2016) y Bellavista (1970 - 2016) ubicadas en la parte media y alta de la cuenca respectivamente, siendo estas administradas por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). Figura 2

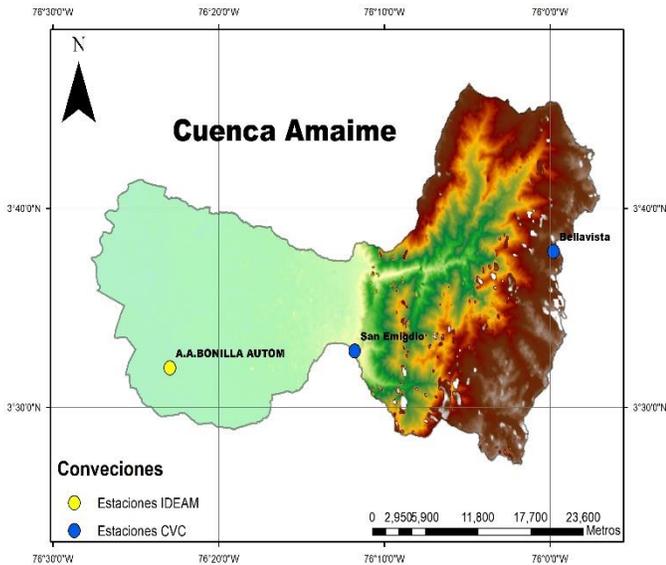


Fig. 2 Ubicación de las estaciones del estudiadas.

Se realizó análisis de anomalías de precipitación. La anomalía de precipitación se define como la diferencia entre la precipitación promedio del periodo y la precipitación de cada año, la cual expresa el comportamiento de pluviométrico de un año en relación al comportamiento que se considera normal de dicho año [3].

$$AP = \bar{X} - X_{\text{año}} \quad (1)$$

Donde:

$AP$  = anomalía de precipitación

$X_{\text{año}}$  = precipitación del año

$\bar{X}$  = precipitación media en el periodo de estudio

### III. RESULTADOS

A partir de la figura 3 se puede evidenciar que la estación San Emigdio (Zona media de la cuenca) es donde se presentan las precipitaciones medias más altas en la mayoría de los meses del año y en la estación aeropuerto Bonilla (zona baja) se presenta las más bajas. También de esta figura se puede

determinar que los meses más secos de la cuenca son; junio, julio y agosto y los meses en donde se presentan precipitaciones más altas son; marzo, abril, octubre y noviembre.

La cuenca posee un comportamiento de precipitaciones bimodales, teniendo dos periodos de altas precipitaciones y dos periodos de baja como se puede establecer en la figura 3, el cual es normal para la región en donde se encuentra ubicada.

El plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Amaime establece que las mayores precipitaciones medias se dan en los meses de marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre y como meses más secos junio, julio y agosto, de lo cual se puede decir que en la información analizadas tiene el mismo comportamiento.

En el análisis de las anomalías se determinó que en la zona baja de la cuenca la variabilidad climática es menor que en la zona media y alta. En la zona alta o estación bellavista la mayor parte del tiempo estudiado, las precipitaciones se encontraron por encima de la media a excepción de algunos años en donde se presentado fenómenos niños como en el año 1982 donde las precipitaciones estuvieron muy por debajo de la media, mientras en la zona media o estación san Emigdio se estableció que en los últimos años las precipitaciones no han estado por debajo de la media. Figura 4,5 y 6.

De la figura 4 que representa las anomalías de la estación del Aeropuerto Bonilla Aragón se observa que la variabilidad climática no tiene una tendencia clara a presentar periodos secos o lluviosos, mientras en las figuras 5 y 6 de la estación Bellavista y San Emigdio la tendencia muestra que la parte alta y media de la cuenca han aumentado las precipitaciones.

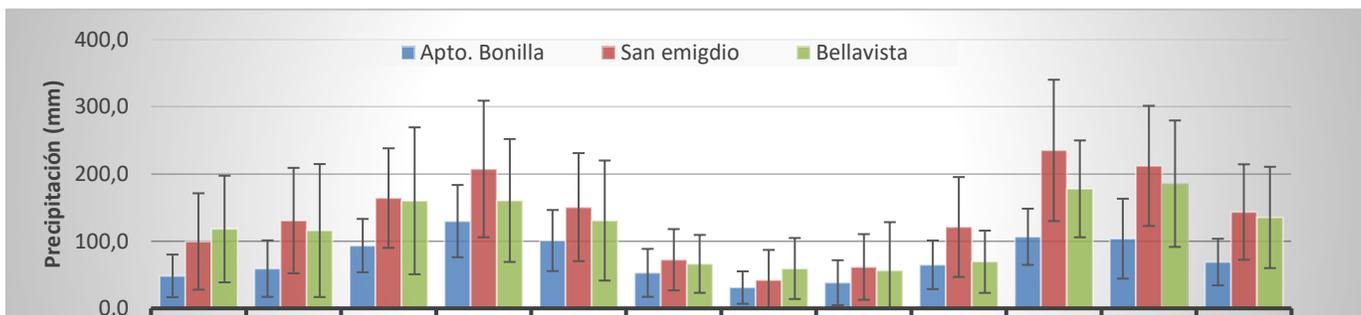


Fig. 3 Precipitaciones medias de la Cuenca Amaime.



Fig. 4. Anomalías anuales estación la Apto. Bonilla años 1972-2016

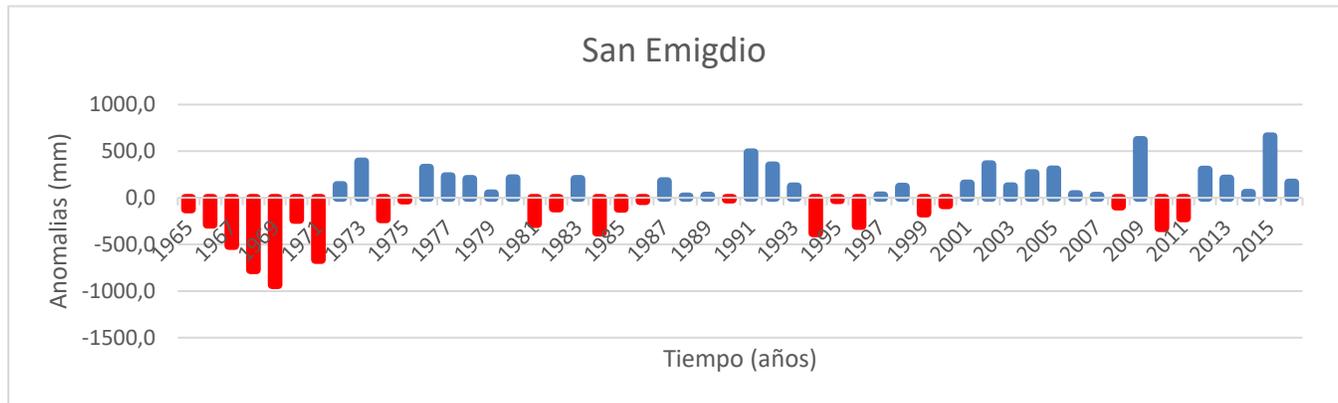


Fig. 5. Anomalías anuales estación San Emigdio. 1965-2013



Fig. 6. Anomalías anuales estación la Bellavista años 1970-2016

Considerando las medidas de centralidad y dispersión en las estaciones estudiadas, se presenta menos dispersión en la estación Bonilla Aragón que en las estaciones San Emigdio y Bellavista, como se puede observar en las tablas 1, 2 y 3. De las tablas también se puede evidenciar que los valores mínimos más extremos se presentan en los meses de junio, julio y agosto en las tres estaciones analizadas.

#### IV. CONCLUSIONES

A partir de los resultados se puede inferir que los fenómenos ENSO se presentan con mayor

frecuencia en la parte alta y media de la cuenca del río Amaime. Mientras, en las anomalías de precipitación se evidencia que los casos más extremos se presentan en la parte alta de la cuenca, ya sea por encima o por debajo de la media.

Los resultados también nos indican que la zona media y alta de la cuenca son los lugares en donde se presenta mayor variabilidad climática y por ende son los lugares en el cual se debe trabajar los planes de adaptación.

**Tabla 1.** Medidas de dispersión y centralidad para la estación Apto. Bonilla

|                          | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   | Anual  |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media (mm)               | 48.3  | 59.1  | 93.4  | 129.9 | 101.0 | 52.8  | 31.0  | 38.2  | 64.8  | 106.5 | 103.7 | 68.9  | 893.5  |
| Maximos (mm)             | 121.7 | 171.4 | 174.9 | 256.7 | 204.8 | 158.1 | 105.3 | 119.3 | 145.7 | 219.6 | 381.2 | 139.9 | 1251   |
| Minimos (mm)             | 0     | 2.7   | 15.8  | 20.3  | 26.5  | 3.7   | 0     | 0.1   | 2.3   | 32.8  | 15.9  | 3     | 493.7  |
| Desviación estándar (mm) | 31.74 | 42.02 | 39.69 | 53.77 | 45.45 | 35.72 | 24.14 | 33.49 | 36.16 | 41.84 | 59.49 | 34.64 | 171.59 |
| N. datos                 | 45    | 45    | 45    | 44    | 45    | 44    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45    | 45     |

**Tabla 2.** Medidas de dispersión y centralidad para la estación San Emigdio

|                          | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT    | NOV   | DIC   | ANUAL  |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
| Media (mm)               | 99.6  | 130.6 | 164.2 | 207.4 | 150.7 | 72.4  | 42.2  | 61.6  | 121.1 | 235.1  | 212.1 | 143.4 | 1640.2 |
| Maximos (mm)             | 287.0 | 375.0 | 294.0 | 611.0 | 394.0 | 225.0 | 253.0 | 209.0 | 358   | 560.0  | 481.0 | 433.0 | 2574.9 |
| Minimos (mm)             | 2.0   | 8.0   | 36.0  | 3.0   | 23.0  | 12.0  | 0.0   | 0.0   | 10.0  | 75.0   | 68.0  | 34.0  | 981.0  |
| Desviación estándar (mm) | 71.71 | 78.51 | 74.07 | 101.6 | 80.36 | 45.5  | 44.81 | 48.86 | 74.3  | 105.20 | 89.40 | 71.06 | 321.16 |
| N. datos                 | 52    | 52    | 52    | 52    | 52    | 52    | 52    | 52    | 52    | 52     | 52    | 52    | 52     |

**Tabla 3.** Medidas de dispersión y centralidad para la estación Bellavista.

|                           | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   | ANUAL  |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Media (Mm)                | 118.1 | 115.8 | 160.1 | 160.6 | 130.7 | 66.2  | 59.3  | 56.3  | 69.4  | 177.8 | 185.5 | 135.3 | 1423.5 |
| Maximos (Mm)              | 280.0 | 420.0 | 540.0 | 552.0 | 542.0 | 191.0 | 226.0 | 423.0 | 219.0 | 326.0 | 502.0 | 350.0 | 2846.0 |
| Minimos (Mm)              | 5.0   | 6.0   | 17.0  | 20.0  | 21.0  | 0.0   | 4.0   | 0.0   | 2.0   | 37.0  | 49.0  | 28.0  | 653.0  |
| Desviación estándar. (Mm) | 79.4  | 99.0  | 109.3 | 91.5  | 89.3  | 43.1  | 45.4  | 72.0  | 46.4  | 72.1  | 94.1  | 75.4  | 442.6  |
| N. eatos                  | 46    | 46    | 47    | 47    | 47    | 47    | 47    | 47    | 47    | 46    | 47    | 46    | 47     |

## V. REFERENCIAS

[1] Campos, Daniel. 2014. Búsqueda de tendencias en la precipitación anual del estado de Zacatecas, México; en 30 registros con más de 50 años. *Ingeniería, investigación y tecnología. Volumen XVI* (número 3), julio-septiembre 2015: 355-368

[2] CVC, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. 2013. Plan de Ordenación Y Manejo de La Cuenca Hidrográfica Del Rio Amaime.

[3] Clima Sig. septiembre de 17. Anomalías de precipitación. Recuperado de: <http://www.climasig.es/>.

## Avanços do projeto de aproveitamento de Biomassa de dejetos suínos para produção de biogás.

Stéfany Ancker da Silva Lima<sup>1</sup>, Maysa Vera Matos<sup>1</sup> e Luís Octavio Salcedo González<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Federal de Rondônia – IFRO, Campus-Ariqueme, Ariqueme, Brasil; <sup>2</sup> Universidade Nacional da Colômbia Campus-Palmira, Palmira, Colômbia. Contato: logonzalezsa@unal.edu.co

### RESUMO

As fortes transformações dos sistemas de produção de animais, tem se alcançado avanços significativos, embora isso também tenha causado uma série de problemas ambientais. O presente trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho de biodigestores, considerando a destinação dos efluentes e aproveitamento do potencial energético de dejetos animais. No entanto a busca por novas alternativas para mitigar o problema e também agregar valor aos resíduos gerados, a criação e o aproveitamento do biogás a partir desses resíduos se mostra como uma alternativa interessante pois permite o aproveitamento do biogás gerado como fonte de energia térmica e elétrica reduzindo os custos provenientes da demanda energética.

**Palavras chave-** Alojamentos porcinos, Biodigestores, Biodigestão Resíduos animais.

### I. INTRODUÇÃO

A produção de animais tem sofridos grandes modificações, o sistema de produção dos suínos confinados visa principalmente reduzir os custos de produção e aumentar a eficiência do processo. No entanto há a necessidade de alternativas que permitam minimizar o problema, caracterizados pela produção de uma grande quantidade de dejetos (veja figura 1), que na maioria dos confinamentos não recebem um tratamento adequado para a estabilização de matéria orgânica e redução do seu potencial poluidor. A geração e a utilização do biogás têm se mostrado uma opção cada vez mais popular, a biodigestão anaeróbica é um processo importante para a produção de biogás para a conversão de energia de cozimento, iluminação e entre outros. Os biodigestores consistem em resolver os problemas através do gerenciamento de estrume dos suínos. As bactérias existentes no

esterco ou outros materiais de origem orgânica promovem a degradação desses resíduos, produzindo metano, dióxido de carbono e outros gases graxos. Essa mistura de gases é denominada biogás que, devido ao seu elevado poder de combustão, pode ser utilizado como fonte calorífica para o uso de diversas atividades (veja figura 2).



Figura 1. Incorporação de pisos com ranhuras para coleta de esterco em alojamento de porco (Própria fonte).



Figura 2. Uso de biogás para cozinhar (MARTÍ, 2008).

Segundo LUCAS-JUNIOR (1998), torna-se necessária a adoção de métodos e técnicas para manejar, estocar, tratar, utilizar e dispor dos resíduos, dentro do sistema de produção, com o objetivo da manutenção da qualidade ambiental, reutilização dos resíduos em outros sistemas agrícolas e entre outros, torna maior rentabilidade na produção. A geração de biogás através de resíduos animais, depende, além da temperatura, pH, alcalinidade e do manejo adotado e também da própria característica do resíduo, que é o substrato para o crescimento dos microrganismos no biodigestor, todos esses fatores estão associados na dieta dos animais e o sistema digestivo dos mesmos, fazendo com que sejam produzidos os resíduos de características distintas capazes de produzir o biogás.

## II. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho pretende-se fazer um estudo de caso em um dos dois alojamentos para porcos, selecionado da Fazenda Mario Gonzalez Aranda, Centro Experimental em produção animal, que fica localizado em Palmira- Colômbia com uma extensão de 3.5 hectares, onde pretende-se desenvolver três tipos de biodigestores, que serão projetados das seguintes formas, um tipo balão (veja figura 3), outro em forma de sino fixo e outro em forma de sino móvel (veja figura 4), para comparar a produção das excretas e o volume de biogás que serão estimados.



Figura 3. Biodigestor tipo balão (GONZÁLEZ, 2010).

Biodigestores são equipamentos herméticos e impermeáveis dentro dos quais se deposita material orgânico para fermentar por um determinado tempo de retenção, no qual ocorre um processo bioquímico denominado biodigestão anaeróbica, que tem como resultado a formação de biofertilizante e produtos gasosos, principalmente o metano e o dióxido de carbono (MAGALHÃES, 1986).



Figura 4. Biodigestor em forma de sino (GONZÁLEZ, 2010).

## III. RESULTADOS ESPERADOS.

Espera-se com os projetos técnicos dos três biodigestores diferentes, bem como a comparação na produção de biogás em cada um, para a mesma quantidade de esterco estimado de porco. Da mesma forma, isso nos permitirá inferir sobre qual dos três tipos de biodigestores, é mais eficiente, em relação a produção de dejetos suínos, que pretende, ser convertida em uma fonte alternativa de energia, que agrega benefícios econômicos e para o meio ambiente.

## IV. CONCLUSÕES ESPERADAS.

Os biodigestores quando administrados adequadamente, pode produzir biogás com uma eficiência de produção variando entre 0,35 a 0,60 m<sup>3</sup> de biogás por m<sup>3</sup> de biomassa. Para uma produção economicamente aceitável de biogás, o manejo dos dejetos na unidade produtora de suínos deve buscar obter a maior concentração possível de sólidos.

Com estudos desenvolvidos por LA FARGE (1995) e BLEICHER (2000), citados por OLVEIRA, 2004, que avaliaram a geração de energia elétrica com o uso do biogás, em propriedades produtoras de suínos, concluíram a viabilidade técnica e econômica deste tipo de geração de energia. Que segundo OLIVEIRA, 2004: A geração de energia elétrica com o uso de biogás como combustível pode ser dividida nas seguintes tecnologias disponíveis no momento.

Assim conclui-se que a produção de biogás é eficiente e gera benefícios e tem chamado a atenção dos produtores rurais, pela possibilidade de agregação de valor aos resíduos animais. Espera-se com essa pesquisa, alcançar excelentes

resultados em relação aos três biodigestores que serão projetados na granja Mario Gonzalez Aranda, com elevada produção de biogás e que essa seja uma alternativa plenamente viável e ao alcance do pequeno, médio e grande produtor rural.

#### REFERÊNCIAS

- ASSIS, F., (2006) Poluição hídrica por dejetos suínos: um estudo de caso na área rural do município de Quilombo, Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba,. 182p.
- BARRERA, P., (1993). Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. São Paulo: Ícone.
- GONZÁLEZ SALCEDO, L. O., (2010). Lectura de introducción a las fuentes alternas de energía y su aplicación en la explotación agropecuária. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- KUNZ, A.; OLIVEIRA, P.A.V.; HIGARASHI, M.M., (2005) Biodigestor para o tratamento de dejetos de suínos: influência da temperatura ambiente. Comunicado Técnico, Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 416, 1-5. 5 p. (Comunicado Técnico, 416).
- MARTÍ HERRERO, (2008). Jaime. Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares. GTZ PROAGRO, La Paz, Bolivia
- OLIVEIRA, P.A. (1993) Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 188 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos no 27).
- OLIVEIRA, P.A.V & HIGARASHI, M.M. (2006) Utilização do biogás no aquecimento ambiental de aviário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA João Pessoa, PB. Anais... Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, João Pessoa, PB. João Pessoa: SBEA, 35.

# **Creación de un plan de marketing para los productos y servicios derivados de la biodiversidad del corregimiento de La Quisquina, municipio de Palmira-Valle del Cauca-Colombia.**

**Alexandra Eugenia Arellano Guerrero, Jesús David Perdomo Jacanamejoy, Neicy Johana Suarez Macedo, Nicolás Felipe Urbano Villamil, Hugo Saúl Niño Lozano, Cristina Isabel Beleño Padilla, María Alejandra Bocanegra Reyes**

## **RESUMEN**

El estigma de zona vulnerable que tiene el Corregimiento de La Quisquina debido a que se presentaron hechos relacionados con el conflicto armado, ha generado un atraso en términos de desarrollo humano, sin embargo su potencial en recursos naturales despierta e impulsa la idea del ecoturismo como herramienta de desestigmatización. En este estudio se realizó la identificación territorial y estudio de marca, teniendo como principal resultado el plan de marketing de los productos y servicios derivados de la biodiversidad de La Quisquina, buscando con el que las unidades productivas se beneficien en términos de promoción, difusión y aumento de ventas y así influir en el mejoramiento de la calidad de vida de las familias. Adicionalmente, el hacer presencia como Universidad en zonas con este tipo de problemáticas, contribuye a la construcción de paz y reconciliación por el que atraviesa Colombia.

### **Palabras Clave**

Marketing, Ecoturismo, Desarrollo sostenible.

## **I. INTRODUCCIÓN**

II. A medida que el mundo se vuelve cada vez más interdependiente y frágil, el futuro depara, a la vez, grandes riesgos y grandes promesas. Para seguir adelante, debemos reconocer que, en medio de la magnífica diversidad de culturas y formas de vida, somos una sola familia humana y una sola comunidad terrestre con un destino común. (Iniciativa Carta de la Tierra, s.f.), a raíz de esto se plantea la estrategia de implementación del desarrollo sostenible en los países y a su vez en cada uno de sus regiones. La riqueza de Colombia en materia de biodiversidad la posiciona en un lugar privilegiado para lograr una adecuada utilización de recursos de la biodiversidad y asumiendo que el mercado mundial de productos y servicios provenientes de recursos biológicos suma más de USD 900 billones a nivel mundial y está en un continuo crecimiento (Concervacion social y equidad social, 2005), hace pensar que el

aprovechamiento sostenible de estos recursos generarían una oportunidad para el mejoramiento económico y social de la población, y aquí en donde entra el Biocomercio que consiste en actividades de recolección, producción, transformación y comercialización de bienes y servicios derivados de la biodiversidad nativa, (UNACTAD, 2007), el cual se ha venido posicionando a nivel nacional como la principal herramienta de aprovechamiento de los recursos de la biodiversidad en Colombia. El biocomercio se divide en cuatro grupos de bienes y servicios: Ecoturismo, productos naturales maderables, sistemas agropecuarios y productos naturales no maderables (Becerra & Ramos, 2002), y busca mediante estas cuatro categorías la aplicación del desarrollo sostenible en cada una de las regiones, entre ellas, el departamento del Valle del Cauca. El corregimiento de La Quisquina, ubicado a las afueras de la ciudad de Palmira, departamento Valle del cauca, fue una de las regiones del país flageladas por el conflicto armado, el cual vino acompañado de violencia, abandono estatal, desplazamiento forzado y estigmatización. Sin embargo esta zona cuenta con una gran variedad de recursos naturales, lo que la convierte en una región con un alto potencial de desarrollo que puede ser aprovechado en términos ambientales, económicos, sociales y culturales, con una adecuada implementación de actividades sostenibles que sigan los lineamientos del biocomercio y que generen condiciones que mejoren la calidad de vida de las comunidades rurales. Por lo tanto, esta investigación busca generar impacto impulsando a las asociaciones de productores de esta zona, para que realicen productos con características excepcionales y que cumplan con requerimientos mínimos de calidad exigidos por el mercado y las entidades competentes, permitiendo así, responder a las necesidades de los consumidores en mercados nacionales e internacionales y llevando a que se retire el estigma de zona violenta antiguamente instaurado. Para el desarrollo de estas iniciativas se implementó la metodología triple hélice (universidad-empresa-estado) y se aplicaron conceptos de marketing, innovación, modelo de

negocio y emprendimiento como estrategia de fortalecimiento empresarial.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Cuando hablamos de diseño en la investigación social nos estamos refiriendo al cómo y al qué estrategia hemos de adoptar en el abordaje del objeto de conocimiento a fin de alcanzar explicaciones y respuestas a las cuestiones e interrogantes planteados en el estudio (Marcos & Colón, 2014). El abordaje de esta investigación es cualitativo, el cual proporciona profundidad a los datos, dispersión, riqueza interpretativa, contextualización del ambiente, detalles, experiencias únicas y que permitió describir el corregimiento y conocer su problemática social y económica, identificando cuales son las condiciones geográficas y demográficas específicas del territorio en un periodo aproximado de seis meses, donde lo realizó por un grupo de estudiantes de pregrado y postgrado de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, pertenecientes a los programas curriculares de administración de empresas, Ingeniería agroindustrial, Ingeniería ambiental y Diseño industrial. Cabe resaltar que la elección del corregimiento de La Quisquina fue a partir de un trabajo realizado en un periodo anterior por el grupo de investigación "Gestión Empresarial, Tecnología, Innovación y Conocimiento (GETIC)" en la ciudad de Palmira titulado: "Propuesta de formulación de estrategias de competición y activación económica del sector biocomercio para el municipio de Palmira-Valle del Cauca".

Se realizó una socialización del proyecto con la comunidad exponiéndoles los alcances, objetivos del proyecto, análisis del contexto local y una concertación con la comunidad lo cual arrojó como resultado que el ecoturismo es la iniciativa articuladora de biocomercio en la zona, de aquí surgieron 13 unidades productivas interesadas en participar, a las cuales se le realizaron visitas de observación y evaluación del estado actual de las mismas donde se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: Ubicación geográfica, integrantes de las unidades productivas, productos y/o servicios ofertados, y cuáles de estos encajan dentro del concepto del biocomercio y más específicamente en el ecoturismo.

Posteriormente se caracterizaron los procesos que hacen parte de cada unidad productiva, junto con las competencias de sus integrantes en cuanto al manejo y aprovechamiento integral de los

recursos de la biodiversidad lo que permitió la inclusión profunda por parte de la academia con esquemas de investigación e innovación de procesos.

El 5 de Julio del año 2016, se realizó una reunión donde se expusieron los avances del proyecto y la cual tuvo como objetivo principal la aplicación de Investigación acción participativa para la identificación de una marca territorial que represente los recursos más significativos de La Quisquina y que sea la imagen de este territorio. Para la recolección de la información se utilizaron herramientas como entrevistas semiestructuradas, para identificar las principales debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas que afronta este corregimiento en materia de ecoturismo y así asesorar en la construcción de estrategias efectivas de mejoramiento y fortalecimiento de la iniciativa ecoturística de La Quisquina, adicionalmente se realizó un análisis del entorno con una perspectiva desde la academia, que contribuyó en gran medida para la elaboración del plan de marketing.

### IV. RESULTADOS

#### Definición de marca territorial

La participación ciudadana fue el elemento principal de la investigación, la cual se configura como uno de los pilares básicos para lograr los objetivos de la Agenda 21, considerando que para una buena planificación y gestión sostenible local es imprescindible y necesaria incorporar la participación ciudadana con la finalidad de obtener su corresponsabilidad (Moreno Gallego FJ, 2007), gracias a esto los resultados fueron obtenidos con una perspectiva de comunidad local y con un lenguaje académico debido a la participación de la universidad.

Fueron cuatro sesiones de encuentro para la identificación de símbolos que representen al corregimiento de La Quisquina, las cuales fueron: Un desayuno de trabajo realizado en la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, en el cual se siguió la metodología de la triple hélice la cual se centra en el análisis de las relaciones e interacciones mutuas entre las universidades y los entornos científicos como primera pala de la hélice, las empresas e industrias como segunda pala y las administraciones o gobiernos como tercera pala, (Fe, 2009) y tres sesiones en la zona en cuestión con la comunidad y utilizando Mapas de percepción territorial y lluvia de ideas, como herramientas dinamizadoras el encuentro. De estas sesiones se

obtuvieron los siguientes símbolos visuales de La Quisquina.



Figura 1: Elementos propuestos por la comunidad como símbolos del territorio

Habiendo identificado los símbolos y recibido los insumos suficientes para la elaboración de los componentes de marca territorial, se pasó a la identificación y clasificación de los productos y servicios derivados de la biodiversidad de La Quisquina que existen actualmente, los cuales se muestran en la tabla 1 donde se muestran tres columnas; Propietario de la unidad productiva, tipo y vocación de la unidad productiva y su clasificación según el Instituto Alexander Van Humboldt. Adicionalmente en la Tabla 2 se clasifican los mismos con respecto a los lineamientos del marketing turístico.

| Propietario       | Tipo y vocación de unidad productiva | Clasificación        |
|-------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Ana Libia Garcia  | Finca: Agricultura                   | Sistema Agropecuario |
| Nobelti Sarasti   | Finca: Agricultura y ganadería       | Sistema Agropecuario |
| Nelson Morales    | Finca: Agricultura y avicultura      | Sistema Agropecuario |
| ASOAGROD INAMARCA | Finca: Agricultura                   | Sistema Agropecuario |

|                               |  |                                   |
|-------------------------------|--|-----------------------------------|
| ASONATU RALES                 | Producción, Recolección y Comercialización de Productos naturales a base de aceite esenciales. | Productos Naturales No Maderables |
| Tejiendo la red del Guacamayo | Operador turístico, ecología y arte.   | Ecoturismo                        |
| Fabián Andrés Muñoz           | Finca: Agricultura   | Sistema Agropecuario              |
| Danilo Valencia               | Finca: Avistamiento de aves.   | Ecoturismo                        |

Según (Becerra M.T, 2002) los productos derivados de la biodiversidad generan oportunidades en los mercados nacionales e internacionales, sin embargo no están siendo bien aprovechados ya que factores como la producción en pequeña escala, la variación de la calidad, la falta de capacidades empresariales y de gestión, la carencia de información de mercados y el alto costo requerido para validar o certificar las buenas prácticas en la producción, dificultan consolidar mercados internacionales y agrega que para que Colombia responda a este escenario se hace indispensable el desarrollo de programas nacionales integrados que fomenten el uso de los recursos biológicos.

| Elementos constitutivos del proyecto                        | Composición de los elementos constitutivos           | Productos y servicios del corregimiento de La Quisquina         |
|---|--|---|
| Atractivos turísticos (generan la atracción hacia el lugar) | Naturales (Topografía, Flora, Fauna, Clima, Paisaje) | Avistamiento de aves<br>Rutas ecoturísticas<br>Vivero de flores |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  |   | Participación en actividades agropecuarias (Siembra, cosecha, ordeña, etc).   |
|  | Humanos (Manifestaciones de la cultura local)                         | Historias ancestrales<br>Talleres de cerámica<br>Museo de La Quisquina        |
| Facilidades turísticas (facilitan la permanencia y el disfrute de los atractivos). | Alojamiento (Hoteles y moteles<br>Albergues<br>Campamentos (camping)) | Zonas de camping<br>Fincas campestres   |
|  | Alimentación (Restaurantes, Cafeterías, Bares)                        | Mujeres dedicadas a la alimentación informal.<br>El embrujo<br>Donde Fidelito |
|  | Recreación (Teatro, cine<br>Deportes<br>Paseos, excursiones)          | Rutas de ciclomontañismo<br>Recorridos a caballo                              |
| Infraestructura de acceso al lugar (permite el desplazamiento)                     | Caminos y carreteras (Transporte terrestre)                           | Transporte en chiva   |
|  | Puertos   | No aplica   |

|                       |                                 |           |
|-----------------------|---------------------------------|-----------|
| o y acceso al lugar). | (Transporte marítimo y fluvial) |           |
|                       | Aeropuertos (Transporte aéreo)  | No aplica |

Tabla 2: Composición del producto turístico adaptado al corregimiento de La Quisquina. FUENTE: Fundamentos de marketing turístico. Miguel Ángel Carranza.

Los productos que se contemplan dentro de la tabla 2, fueron identificados realizando entrevistas semiestructuradas a los integrantes de la comunidad de La Quisquina, adoptando la observación de las instalaciones donde operan y evaluando parámetros mínimos de calidad, ya que esta es una gran falencia que tienes estos productos y servicios.

#### Ecoturismo como Herramienta principal de desarrollo

Durante la investigación surge la necesidad de que la comunidad defina qué línea de las que componen el turismo de naturaleza desean trabajar como pilar fundamental para su territorio con base en sus potencialidades, por lo que eligen el ecoturismo, debido a la importancia que refiere en el cuidado del ambiente y en el manejo de los recursos naturales para el logro de un desarrollo sostenible, (Dickinson J & Pinkus Ma, 2015). A continuación se muestra una relación entre las actividades que relaciona el concepto de ecoturismo y los actores participantes del corregimiento de La Quisquina.

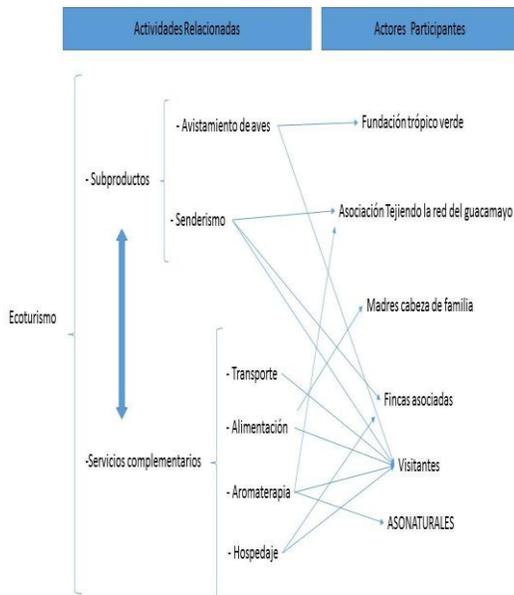


Figura 1. Estructuración del ecoturismo como producto que permite la inclusión de actores presentes en el área de estudio (Fuente: Elaboración propia).

Según la observación realizada por los investigadores se concluyó que el ecoturismo es la principal y más indicada herramienta de inclusión social para el corregimiento de La Quisquina debido al gran potencial en materia de recursos naturales. Adicionalmente la comunidad a manifestado su especial interés en trabajar en el sector turístico, gracias al acompañamiento que la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, en cabeza del grupo de investigación GETIC, ha brindado. Elaboración del plan de marketing

## V. CONCLUSIONES

Los paisajes del Valle del Cauca, la presencia de fincas con vocación agrícola, clima agradable, calidad humana, saberes locales, recurso hídrico, fauna y flora nativa hacen de La Quisquina un área con potencial de estudio para el uso de la biodiversidad de manera sostenible.

De las cuatro clasificaciones dadas por el instituto y por vocación de las actividades a las cuales se dedican las unidades productivas entrevistadas, el ecoturismo se constituye como eje articulador para productos derivados de la biodiversidad en el corregimiento por tanto se justifica una propuesta de marketing, capacitación de habitantes para desarrollar habilidades en gestión adecuada de recursos entorno a los productos y servicios a ofrecer pues si y sólo así, es posible encaminar todo a la sostenibilidad y el mejoramiento de su calidad de vida.

Becerra, M., & Ramos, A. (2002). Biocomercio sostenible. Procedimientos de apoyo de biocomercio sostenible. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Bringas R., N. L., & González A., J. I. (2004). El turismo alternativo: una opción para el desarrollo local en dos comunidades indígenas de Baja California. *Economía, Sociedad y Territorio*, 551-590.

Dickinson J, P. M., & Pinkus Ma, R. C. (2015). Depredación y ecoturismo. Realidades de los prestadores de servicios en la reserva de la biosfera Ria Celestún, Yucatan. *Peninsula-Science Direct*, 145-161.

Fe, G. d. (2009). El modelo de triple helice de relaciones universidad, industria y comercio: Un analisis critico. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura* ISSN: 0210-1963, 739-755.

IISD. (Marzo de 2016). International Institute for sustainable development. Obtenido de <http://www.iisd.org/>

Iniciativa Carta de la Tierra. (s.f.). La carta de la Tierra. Obtenido de <http://cartadelatierra.org/descubra/la-carta-de-la-tierra/>

Marcos, A. P., & Colón, J. Z. (2014). Capítulo 3 – El diseño en la investigación cualitativa. En A. P. Marcos, & J. Z. Colón, *El diseño en la investigación cualitativa* (págs. 29-43). Elsevier España.

Moreno Gallego FJ, D. R. (2007). La Agenda 21 como instrumento de participacion ciudadana y desarrollo sostenible: La experiencia de la provincia de Cuenca. XI Congreso internacional de ingenieria de proyectos.

UNACTAD. (2007). Principios y criterios de Biocomercio. Conferencia de las Naciones Unidas sobre comercio y desarrollo, (pág. 16).

**Alba Mery Garzón García, Saúl Dussán Sarria y Raúl Emilio Melo Sevilla**

RESUMEN

Fue diseñado un prototipo para la medición de color y temperatura de los alimentos con sensores conectados a una tarjeta de adquisición de datos. Se compararon las medidas entre el prototipo, el colorímetro y las cartas de color PANTONE, evaluando los colores Yellow C, Orange 021 C y 1205 C, encontrándose errores promedio menores con este nuevo sistema, del 15.40%, 6.11% y 25.20%, respectivamente. También se analizó la cinética de degradación del yacón a las temperaturas de 10 °C, 20 °C y 30 °C, calculando velocidades de reacción de 0.00023 s<sup>-1</sup>, 0.00003 s<sup>-1</sup> y 0.00005 s<sup>-1</sup>, respectivamente y una energía de activación igual a 56113 J/mol. Finalmente se comprobó el efecto de la temperatura en el aumento del índice de pardeamiento (8.94-17.00), la diferencia total de color (0.85-15.09) y el factor Q10 (de 0.149 a 1.423).

**Palabras Clave**— Parámetros cinéticos, Sistema de Adquisición de datos, Sistema de Color, *Smallanthus sonchifolius*.

I. INTRODUCCIÓN

El color es un fenómeno físico y sensorial, captado por la percepción humana de la luz reflejada por un objeto y se ve afectado por el objeto, el observador, el iluminante, la geometría óptica, el área, fondo, superficie, brillo y temperatura (Delmoro, Muñoz, Nadal, Clementz, & Pranzetti, 2010). Asimismo, es la primera sensación que el consumidor percibe y usa a la hora de rechazar o aceptar un alimento (Pathare, Opara & Al-Said, 2013).

La evaluación del color en los alimentos se realiza con sistemas visuales humanos o instrumentos (Afshari-Jouybari & Farahnaky, 2011). La medición de color con instrumentos se hace comúnmente con un colorímetro, espectrofotómetro, espectrocolorímetro y con visión computarizada (Pathare, 2013). Sin embargo, a nivel de planta piloto o laboratorio es

Segundo Autor: [sdussan@unal.edu.co](mailto:sdussan@unal.edu.co), Profesor, Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia  
Tercer Autor: [remelos@unal.edu.co](mailto:remelos@unal.edu.co), Profesor, Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia.

importante disponer de instrumentos y equipos que permitan medir atributos en los alimentos, como su color que no demanden grandes costos. He ahí el porqué del desarrollo y diseño de prototipos a escala piloto.

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es un vegetal con raíces dulces ricas en fructooligosacáridos. Durante su pelado y procesamiento, sufre de una rápida reacción enzimática al contacto de la pulpa con el oxígeno, debido a la actividad de la polifenoloxidasas y a su contenido de compuestos fenólicos (Rodríguez, Asquieri & Orsi, 2014). Es por esto que medir su color se nota necesario y se puede automatizar con el objetivo de que este proceso se realice de forma óptima (Narendra & Hareesha, 2010). Sin embargo, con esta evaluación efectuada a diferentes temperaturas es posible emplear modelos cinéticos para el diseño de nuevos procesos y productos de alta calidad. Los parámetros cinéticos, entre ellos la constante de velocidad de reacción o constante cinética y la energía de activación, son importantes para la predicción de la calidad final del producto y minimizar los cambios no deseados en productos deshidratados (Urrea, Eim & Roselló, 2012); o que posean otro tipo de tratamiento térmico.

Con respecto a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue construir un prototipo de medición de color y temperatura de bajo costo empleando sensores y tarjetas electrónicas. Además se probó en un material promisorio como lo es el yacón, a temperaturas de 10 °C, 20 °C y 30 °C para calcular diferentes parámetros cinéticos, analizar el efecto de la temperatura en la reacción, y las variaciones del índice del pardeamiento y de la diferencia total de color.

II. METODOLOGÍA

Se fabricó un prototipo para la medición de temperatura y color, el cual consistía en una caja con dimensiones 20 cm x 20 cm x 20 cm y paredes de color negro. Se adaptaron el sensor de temperatura DHT11

en la base y el sensor de color TCS230-3200 por encima del material a evaluar. Como se nota en la Fig. 1., estos se conectaron a un Arduino Nano, que tenía el rol de tarjeta de adquisición de datos (DAQ) y con una conexión serial, se estableció la transferencia de los datos para ser procesados en un ordenador con la ayuda de un programa de fácil acceso llamado PXL-DAQ. Los valores obtenidos por medio del sistema de adquisición de datos, se llevaron a un archivo en Microsoft Excel® 2013 para realizar la conversión del sistema RGB al sistema CIE L\*a\*b\* según la referencia (Saldaña, Siche, Castro, Huamán & Quevedo, 2014).

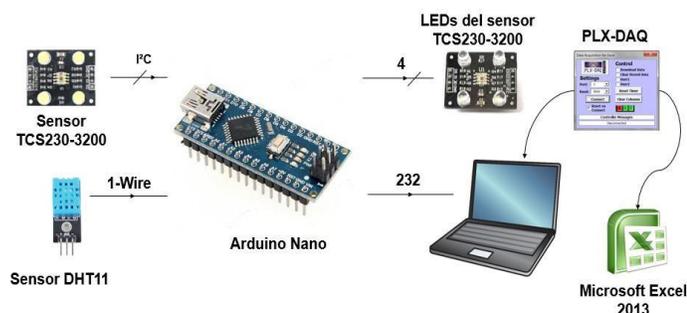


Fig. 1. Diagrama de bloques para la medición de color y temperatura.

#### II.I. Comparación de mediciones de color entre el prototipo y un colorímetro

Para la comparación de mediciones de color entre el prototipo y un colorímetro, se empleó una carta de color PANTONE, la cual poseía la descripción del color en el sistema CYMK. Los colores valorados fueron Yellow C (C: 0, M: 0, Y: 100, K: 0), Orange 021 C (C: 0, M: 51, Y: 87, K: 0) y 1205 C (C: 0, M: 0, Y: 27, K: 0). Los valores de las coordenadas L\*, a\* y b\* de estos colores fueron se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Colores evaluados en el sistema CIE L\*a\*b\*.

| Color        | L* | a*  | b* |
|--------------|----|-----|----|
| Yellow C     | 97 | -22 | 94 |
| Orange 021 C | 67 | 45  | 67 |
| 1205 C       | 99 | -10 | 33 |

En el Laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, se empleó un colorímetro CR-400 Konica Minolta como instrumento estándar y un software denominado Espectro Magic NX. Este equipo se calibró a un observador de 2° y un iluminador D65. Para evaluar cada color, se realizaron 30 repeticiones de su medición y bajo las mismas condiciones, el mismo número de datos se consignaron al usar el prototipo para la medición de color.

Se realizó un análisis ANOVA de un factor ( $\alpha=0,05$ ) y Tukey en Microsoft Excel 2013, para establecer si existían diferencias significativas en las mediciones en el colorímetro, el prototipo y los datos de la tabla de color. También se calculó el error porcentual que poseían los datos hallados por el prototipo en las coordenadas L\*, a\* y b\* con la ecuación (1), donde  $e_n$  es el error porcentual de una coordenada del sistema CIE L\*a\*b\*,  $n_c$  la coordenada obtenida de la tabla de color y  $n_p$  la coordenada dada en la medición con el colorímetro o prototipo.

$$e_n = \left[ \frac{n_c - n_p}{n_c} \right] \times 100 \quad (1)$$

Con la ecuación (2) se halló el error medio para los valores obtenidos con el prototipo, conociendo el error en las tres coordenadas CIE L\*a\*b\* en cada repetición (Afshari-Jouybari & Farahnaky, 2011). Siendo  $\bar{e}$  el porcentaje de error medio,  $e_{L^*}$  el porcentaje de error en la coordenada L\*,  $e_{b^*}$  el porcentaje de error en la coordenada b\* y  $e_{a^*}$  el porcentaje de error en la coordenada a\*, todos en una repetición.

$$\bar{e} = \frac{e_{L^*} + e_{a^*} + e_{b^*}}{3} \quad (2)$$

#### II.II. Medición de color y temperatura del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) mínimamente procesado

La calibración del prototipo se desarrolló con la ayuda de un convertidor de color, una carta de códigos de color con valores de RGB en línea, las cartas de color PANTONE y un termopar. Por otro lado, el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) utilizado se obtuvo del supermercado La 14 de la ciudad de Cali, se seleccionaron los tubérculos sanos y se clasificaron por tamaño, escogiendo los que tenían un peso aproximadamente de 450 g y un diámetro promedio de 8 cm. Se siguió la metodología indicada en la referencia (Afshari-Jouybari & Farahnaky, 2011) para el tratamiento de las unidades escogidas antes de su almacenamiento durante 18 horas a 4 °C aproximadamente, pelado manual y corte en rodajas de 0,5 cm.

La evaluación de color del yacón adecuado se llevó a cabo desde una temperatura de 10 °C hasta que alcanzara una temperatura cercana al ambiente (aproximadamente 30 °C), teniendo las lecturas cada 5 segundos, según lo que se programó en la tarjeta de adquisición de datos.

#### II.III. Evaluación de la cinética de degradación, índice de pardeamiento y diferencia total de color del yacón

En cuanto a la cinética de degradación, las temperaturas de análisis fueron 10 °C, 20 °C y 30°C. Para determinar el cambio de color de los alimentos

como función del tratamiento térmico, muchas ecuaciones han sido publicadas en la literatura, pero para la mayoría de los alimentos, la dependencia con el tiempo está descrita por cinética de orden cero o de primer orden, como se nota en la ecuación 3 (Ordoñez-Santos, Tanganan & Mendez-Molano, 2014). Calculándose con respecto a la coordenada L\* (luminosidad) con un una regresión lineal y sus respectivos coeficientes de determinación. Siendo k la constante cinética (s<sup>-1</sup>), C la medida de color a un tiempo t, C<sub>0</sub> la medida de color a un tiempo inicial y t es el tiempo de tratamiento (s).

$$C = C_0 e^{-kt} \quad (3)$$

También se cuantificó la dependencia de la constante de degradación con la temperatura con la ecuación 4, en donde E<sub>a</sub> es la energía de activación (J/mol), R la constante de los gases ideales (8,31434 J/mol k) y T es la temperatura absoluta (k).

$$k = e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (4)$$

El parámetro Q<sub>10</sub> se definió como la razón entre la constante de velocidad de reacción a una temperatura (T) y la constante de velocidad de reacción otra temperatura (T+10°C) (Guzmán Carrillo, Martínez Duque, Martínez Zuluaga, Acevedo & Montero, 2016). Se representa con la ecuación 5, donde k<sub>T</sub> es la constante de velocidad de reacción a la temperatura T y k<sub>T+10</sub> la constante de velocidad de reacción a la temperatura T + 10 °C.

$$Q_{10} = \frac{k_{T+10}}{k_T} \quad (5)$$

Finalmente, se cuantificó el pardeamiento enzimático con el índice de pardeamiento (IB) a las diferentes temperaturas del estudio (Lunadei, Galleguillos, Diezma, Lleó & Ruiz-García, 2011) y se aplicó un análisis ANOVA de un factor (α=0,05) en Microsoft Excel® 2013 a los datos obtenidos a las diferentes condiciones. Asimismo, se halló la diferencia total de color basándose en las ecuaciones indicadas en la referencia (Jha, 2010).

### III. RESULTADOS

#### III.I. Comparación de mediciones de color entre el prototipo y un colorímetro

Se notó una diferencia significativa entre las medias de los datos obtenidos por medio de la carta de color, el colorímetro y el prototipo para el color Yellow C como para el Orange 021. Cuando se evaluó el 1205 C por medio de la prueba de Tukey (p <0,05), se encontró que todas las medias eran diferentes entre sí, a excepción de las referentes a la coordenada b\* del colorímetro y de la tabla de color

(Tabla 2). En el estudio de referencia (Afshari-Jouybari & Farahnaky, 2011), midieron color con una cámara digital para adquirir imágenes, realizar su análisis con el software Photoshop y proporcionar una forma más versátil para evaluar este parámetro en los alimentos. A pesar de la alta correlación que encontraron entre las mediciones por Hunter L\*a\*b\* y Photoshop, los valores no son iguales; por lo tanto, vieron necesario hallar una forma adecuada para la calibración del equipo.

Tabla 2. Coordenadas del sistema CIE L\*a\*b encontradas para los colores con la tabla de color PANTONE, el colorímetro y el prototipo de medición de color y temperatura.

| Color        | Coordenada | Instrumento            |                          |                                |
|--------------|------------|------------------------|--------------------------|--------------------------------|
|              |            | Tabla de color PANTONE | Colorímetro              | Prototipo de medición de color |
| Yellow C     | L*         | 97 <sup>c</sup>        | 83.14 <sup>a</sup> ±0.36 | 89.21 <sup>b</sup> ±0.84       |
|              | a*         | -22 <sup>c</sup>       | -9.06 <sup>a</sup> ±0.04 | -15.29 <sup>b</sup> ±0.88      |
|              | b*         | 94 <sup>c</sup>        | 67.10 <sup>a</sup> ±0.33 | 86.78 <sup>b</sup> ±0.66       |
| Orange 021 C | L*         | 67 <sup>c</sup>        | 58.60 <sup>a</sup> ±0.03 | 65.25 <sup>b</sup> ±1.13       |
|              | a*         | 45 <sup>b</sup>        | 47.40 <sup>a</sup> ±0.06 | 40.65 <sup>a</sup> ±1.58       |
|              | b*         | 67 <sup>c</sup>        | 41.12 <sup>a</sup> ±0.05 | 63.60 <sup>b</sup> ±2.24       |
| 1205 C       | L*         | 99 <sup>b</sup>        | 83.06 <sup>a</sup> ±0.42 | 92.52 <sup>b</sup> ±0.95       |
|              | a*         | -10 <sup>b</sup>       | -2.87 <sup>a</sup> ±0.02 | -15.67 <sup>c</sup> ±0.87      |
|              | b*         | 33 <sup>a</sup>        | 33.50 <sup>a</sup> ±0.27 | 37.67 <sup>b</sup> ±1.13       |

Las letras en el subíndice indican diferencia significativa entre factores (p < 0.05).

Los errores porcentuales en las coordenadas y los errores medios expresados en la Tabla 3, fueron

menores para los datos que se obtuvieron durante la medición con el prototipo a excepción del error de la coordenada a\* en el color Orange 021 C. Esto sucedió porque al momento de evaluar cada color, se debía considerar si el sensor estaba funcionando en una posición adecuada y adquiriendo datos congruentes. En la referencia (Saldaña, et al, 2014) establecieron mediciones con una videocámara y una interfaz gráfica de usuario (GUIDE). Observaron pequeñas diferencias entre los valores de los parámetros de color conseguidos con el colorímetro y un sistema de visión computarizada, con errores promedio bajos con la relación entre los dos dispositivos.

Tabla 3. Error en las coordenadas del sistema CIE L\*a\*b de las mediciones de los colores Yellow C, Orange 021 C y 1205 C obtenidas con el colorímetro y el prototipo.

| Color    | Tipo de error (%) | Instrumento |                                |
|----------|-------------------|-------------|--------------------------------|
|          |                   | Colorímetro | Prototipo de medición de color |
| Yellow C | e <sub>L*</sub>   | 14.29±0.37  | 8.03±0.87                      |
|          | e <sub>b*</sub>   | 58.81±0.19  | 30.49±3.98                     |
|          | e <sub>a*</sub>   | 28.61±0.35  | 7.69±0.70                      |
|          | $\bar{e}$         | 33.90±0.28  | 15.40±1.83                     |
|          | e <sub>L*</sub>   | 12.53±0.05  | 2.71±1.49                      |

|                 |           |            |            |
|-----------------|-----------|------------|------------|
| Orange<br>021 C | $e_{b^*}$ | 5.32±0.14  | 9.67±3.52  |
|                 | $e_{a^*}$ | 38.62±0.07 | 5.95±1.00  |
|                 | $\bar{e}$ | 18.83±0.08 | 6.11±0.77  |
| 1205 C          | $e_{L^*}$ | 16.10±0.42 | 4.75±1.09  |
|                 | $e_{b^*}$ | 71.25±0.19 | 56.71±8.70 |
|                 | $e_{a^*}$ | 1.51±0.82  | 14.15±3.43 |
|                 | $\bar{e}$ | 29.62±0.10 | 25.20±2.80 |

III.II. Evaluación de la cinética de degradación, índice de pardeamiento y diferencia total de color del yacón

Para la determinación de la cinética de degradación del yacón a las temperaturas de 10 °C, 20 °C y 30 °C, se observó una pérdida de luminosidad en el material debido al desarrollo del

oscurecimiento enzimático. Los valores de esta coordenada se exponen en la Tabla 4.

Tabla 4. Efecto de la temperatura en la luminosidad ( $L^*$ ) del yacón en rodajas.

| Temperatura= 10 °C |            |
|--------------------|------------|
| Tiempo (s)         | $L^*$      |
| 0                  | 80.78±2.45 |
| 60                 | 80.14±3.05 |
| 120                | 79.21±3.48 |
| 180                | 77.47±3.42 |
| Temperatura= 20 °C |            |
| Tiempo (s)         | $L^*$      |
| 2150               | 75.76±3.01 |
| 2210               | 75.06±2.36 |
| 2270               | 74.08±3.41 |
| Temperatura= 30 °C |            |
| Tiempo (s)         | $L^*$      |
| 3520               | 68.56±5.00 |
| 3580               | 67.84±5.46 |
| 3645               | 67.34±5.84 |

Se empleó la cinética de primer orden en orden de segundos, porque el cambio de luminosidad ocurre rápidamente después del corte y los coeficientes de determinación fueron mayores a 0,9. Además, se encontraron unas constantes cinéticas iguales a  $0.00023 \text{ s}^{-1}$ ,  $0.00003 \text{ s}^{-1}$  y  $0.00005 \text{ s}^{-1}$  para las temperaturas de 10 °C, 20 °C y 30 °C respectivamente, tal como se muestra en la Fig. 2. Con la energía de activación se tuvo un alto valor por el corto tiempo de evaluación, lo cual confirmó que la pérdida de luminosidad del yacón posee una alta dependencia a la temperatura. Para la razón entre las constantes de velocidad de reacción de las temperaturas de 10 °C y 20 °C, se tuvo que el factor  $Q_{10}$  fue igual a 0.149; mientras, que el de la reacción de degradación entre 20 °C y 30 °C fue de 1.423 (Tabla 5). Entonces se estableció este parámetro como relevante para predecir la calidad de un alimento y cómo se acelera el deterioro al aumentarse 10 °C (Oliveira, Ramos, Minim, & Chaves, 2012).

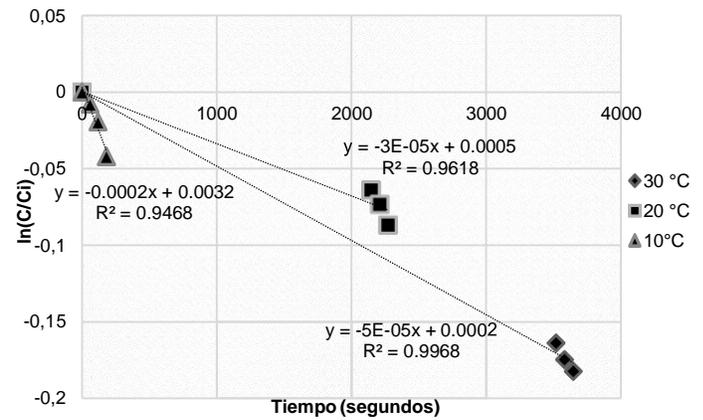


Fig. 2. Cinética de degradación de primer orden del yacón en rodajas a diferentes temperaturas.

Tabla 5. Parámetros cinéticos de la descripción del efecto de la temperatura en el yacón en rodajas.

| Temperatura (°C) | $k \text{ (s}^{-1}\text{)}$ | $R^2$  | Q10   | Ea (J/mol) |
|------------------|-----------------------------|--------|-------|------------|
| 10               | 0.00023                     | 0.9923 | -     | 56113      |
| 20               | 0.00003                     | 0.9998 | 0.149 |            |
| 30               | 0.00005                     | 0.9988 | 1.423 |            |

De igual forma, se encontró que existía una diferencia significativa entre los índices de pardeamiento encontrados a las temperaturas de 10 °C, 20 °C y 30 °C, y el aumento de esta variable junto al tiempo inciden en el color del material biológico, como se muestra en la Tabla 6. Investigaciones previas muestran que la medición del pardeamiento de un fruto es más efectivo con las ecuaciones derivadas de espacio de color que visualizando el área o superficie en donde se desarrolla este proceso, y esta medida puede ser correlacionada con la actividad de la polifeniloxidasasa (PPO) (Ding & Ling, 2014).

Tabla 6. Efecto de la temperatura en el índice de pardeamiento (IB) del yacón en rodajas.

| Temperatura= 10 °C |            |
|--------------------|------------|
| Tiempo (s)         | IB         |
| 0                  | 8.94±1.51  |
| 60                 | 8.88±2.12  |
| 120                | 9.52±2.55  |
| 180                | 10.92±1.62 |
| Temperatura= 20 °C |            |
| Tiempo (s)         | IB         |
| 2150               | 11.88±2.05 |
| 2210               | 12.16±1.07 |
| 2270               | 12.95±1.84 |
| Temperatura= 30 °C |            |
| Tiempo (s)         | IB         |
| 3520               | 16.09±3.93 |
| 3580               | 16.81±5.02 |
| 3645               | 17.00±5.38 |

Para la determinación de la diferencia total de color, se tomaron unos valores estándar para  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de 80.78, 6.03 y 2.90 respectivamente, siendo los datos registrados al inicio de la medición de color del yacón.

En la Tabla 7, se visualiza un incremento de este parámetro de 2.57 a 13.23 por efecto de la temperatura y el tiempo. Las muestras perdieron luminosidad, se tornaron rojas y más amarillas. Estos mismos resultados se encontraron en la investigación de referencia (Saldaña, et al, 2014), en la que se diseñó, implementó y calibró un sistema de visión por computador (CVS) para su uso en tiempo real, con el fin de adecuar el color a las rodajas de yacón mínimamente procesadas.

Tabla 7. Efecto de la temperatura en la diferencia total de color del yacón en rodajas.

| Temperatura= 10 °C |              |              |              |                   |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| Tiempo (s)         | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta E_{ab}^*$ |
| 60                 | -0.64        | 0.39         | -0.40        | 0.85              |
| 120                | -1.57        | 1.12         | -0.50        | 1.99              |
| 180                | -3.31        | 1.99         | -0.17        | 3.86              |
| Temperatura= 20 °C |              |              |              |                   |
| Tiempo (s)         | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta E_{ab}^*$ |
| 2150               | -5.02        | 3.58         | -0.72        | 6.21              |
| 2210               | -5.72        | 3.72         | -0.67        | 6.86              |
| 2270               | -6.70        | 4.30         | -0.62        | 7.98              |
| Temperatura= 30 °C |              |              |              |                   |
| Tiempo (s)         | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta E_{ab}^*$ |
| 3520               | -12.22       | 6.70         | -0.85        | 13.96             |
| 3580               | -12.94       | 6.81         | -0.61        | 14.63             |
| 3645               | -13.44       | 6.83         | -0.60        | 15.09             |

#### M. CONCLUSIONES

El diseño de un prototipo de medición de color y temperatura permitió mostrar una forma diferente de evaluar estos parámetros; siendo fácil, accesible y se puede implementar sin inconvenientes debido a su bajo costo. Al comparar las mediciones del prototipo y el colorímetro, con el prototipo se encontró un error promedio del 15,57 % para los colores evaluados de la carta de color PANTONE.

El prototipo permitió medir satisfactoriamente los cambios de color y temperatura del yacón como material potencial en la industria agroalimentaria, lo que contribuyó, por un lado a la descripción del oscurecimiento enzimático por medio de la cinética de degradación de primer orden debido a la pérdida de luminosidad; y por otro lado, a notar el aumento en el índice de pardeamiento y la diferencia total de color por el efecto del tiempo y temperatura.

#### REFERENCIAS

Afshari-Jouybari, H., & Farahnaky, A. (2011). Evaluation of Photoshop software potential for food colorimetry. *Journal of Food Engineering*, 106(2), 170-175.

Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., Clementz, A., & Pranzetti, V. (2010). El color en los alimentos:

determinación de color en mieles. *Invenio*, 13(25), 145-152.

Ding, P., & Ling, Y. S. (2014). Browning assessment methods and polyphenol oxidase in UV-C irradiated Berangan banana fruit. *International Food Research Journal*, 21(4), 1667-1674.

Guzmán Carrillo, L. E., Martínez Duque, D. P., Martínez Zuluaga, D. E., Acevedo, D., & Montero, P. M. (2016). Estudio de la vida útil de jamón de cerdo mediante pruebas aceleradas. *Interciencia*, 41(7), 488-491.

Jha, S. N. (2010). Colour measurements and modeling. In *Nondestructive evaluation of food quality* (pp. 17-40). Springer Berlin Heidelberg.

Lunadei, L., Galleguillos, P., Diezma, B., Lleó, L., & Ruiz-García, L. (2011). A multispectral vision system to evaluate enzymatic browning in fresh-cut apple slices. *Postharvest Biology and Technology*, 60(3), 225-234.

Narendra, V. G., & Hareesha, K. S. (2010). Quality inspection and grading of agricultural and food products by computer vision-A Review. *International Journal of Computer Applications*, 2(1), 43-65.

Oliveira, A. D. N., Ramos, A. M., Minim, V. P. R., & Chaves, J. B. P. (2012). Sensory stability of whole mango juice: influence of temperature and storage time. *Food Science and Technology (Campinas)*, 32(4), 819-825.

Ordoñez-Santos, L. E., Tanganan, L. M., & Mendez-Molano, G. X. (2014). A study of degradation kinetics regarding green peppers (*Capsicum* spp.) surface colour. *Orinoquia*, 18(1), 15-20.

Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36-60.

Rodrigues, O. R. L., Asquiere, E. R., & Orsi, D. C. (2014). Prevention of enzymatic browning of yacón flour by the combined use of anti-browning agents and the study of its chemical composition. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(2), 275-280.

Saldaña, E., Siche, R., Castro, W., Huamán, R., & Quevedo, R. (2014). Measurement parameter of color on yacón (*Smallanthus sonchifolius*) slices using a computer vision system. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 1220-1226.

Saldaña, E., Siche, R., Huamán, R., Luján, M., Castro, W., & Quevedo, R. (2013). Computer vision system in real-time for color determination on flat surface food. *Scientia Agropecuaria*, 4(1), 55-63.

Urrea, D., Eim, V., & Roselló, C. (2012). Modelos cinéticos de degradación de carotenoides, polifenoles y actividad antioxidante durante el secado convectivo de zanahoria (*Daucus carota* V. Nantesa). *Alimentos Hoy*, 21(27), 68-101.



Madelen Panesso, Guillermo Duque, Andrés Molina, Esteban Gamboa y Pilar Cogua

## RESUMEN

La Bahía de Buenaventura es un ecosistema estuarino altamente impactado antrópicamente, pero también de gran importancia ecológica. Con el fin de evaluar variaciones espaciales en la acumulación de mercurio en la Bahía, se determinó mercurio total en cuatro sitios durante el año 2015. Las concentraciones de mercurio se encontraron en el rango de 0.0104  $\mu\text{g/g}$  y 0.1509  $\mu\text{g/g}$ . Las mayores concentraciones se presentaron en los sitios más cercanos a la desembocadura de ríos y los menores en áreas con mayor influencia marina. Se destaca que cerca del 20% de las mediciones realizadas presentaron valores iguales o superiores al máximo recomendado para sedimentos (0.1  $\mu\text{g/g}$ ) por la OMS.

**Palabras Clave**—Bahía de Buenaventura, mercurio total, sedimentos.

## I. INTRODUCCIÓN

Los sedimentos de los fondos marinos están fuertemente influenciados por la actividad antropogénica, actuando como depósitos de metales traza y contaminantes orgánicos, además junto con los organismos actúan en procesos como la resuspensión y/o bioturbación modificando la composición del sedimento. Así mismo, como el transporte y movilidad de los contaminantes. Por lo tanto este estudio permitió determinar los niveles de mercurio en los sedimentos de cuatro áreas de la Bahía de Buenaventura.

Primer Autor: [mpanessog@unal.edu.co](mailto:mpanessog@unal.edu.co), Magister en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Segundo Autor: [gduquen@unal.edu.co](mailto:gduquen@unal.edu.co), Profesor, Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Tercer Autor: [aemolinas@unal.edu.co](mailto:aemolinas@unal.edu.co), Estudiante de Doctorado en Ciencias – Biología Marina, Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe.

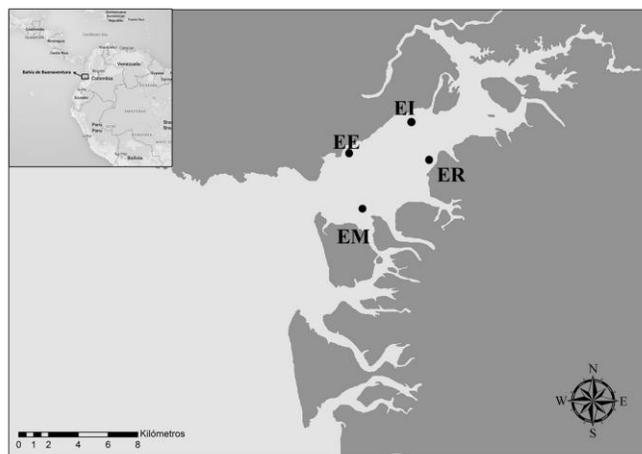
## II. METODOLOGÍA

### A. Área de estudio

La Bahía de Buenaventura (3°54' N, y 77°05' W), Pacífico colombiano, tiene una longitud de 21 km (Peña-Salamanca, 2008) y cuenta con los aportes de agua de los ríos Dagua y Anchicayá (427 m<sup>3</sup>/s), lo que le confiere características de estuario (Otero et al., 2007). Esta región cuenta con precipitaciones mayores a 6000 mm anuales (Cantera y Blanco, 2001). Se seleccionaron cuatro sitios en la Bahía (ER, EI, EE y EM) que representaran diferentes condiciones ambientales (Fig. 1).

### B. Fase de campo

Se realizaron muestreos en los cuatro sitios seleccionados en los meses de abril, junio, septiembre y noviembre de 2015. Se colectaron muestras de sedimento por triplicado de la capa superficial del sedimento, usando un corazonador de PVC de 254 mm de diámetro. Posteriormente fue llevado a laboratorio para realizar las mediciones de mercurio.



Cuarto Autor: [dgamboag@unal.edu.co](mailto:dgamboag@unal.edu.co), Magister en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Quinto Autor: [rosa.cogua00@usc.edu.co](mailto:rosa.cogua00@usc.edu.co), Profesora y directora general de investigaciones, Universidad Santiago de Cali.

Fig. 1. Bahía de Buenaventura. Los puntos negros representan las áreas de estudio seleccionadas.

### C. Fase de Laboratorio

Las muestras de sedimento para la medición de mercurio total fueron liofilizadas para retirar la humedad previa a las mediciones. Las determinaciones de mercurio se hicieron en un Analizador Directo de Mercurio (DMA-80), con un límite de detección de 0.02 ng, siguiendo la metodología 7473 de la EPA (EPA, 1998).

### D. Fase de análisis

Se realizó análisis de varianza basado en múltiples permutaciones (PERMANOVA) para determinar si hay diferencias significativas entre estaciones de muestreo en las concentraciones de mercurio total en sedimento, con una confiabilidad del 95%, los análisis se realizaron en el programa PRIMER-E V 7 (Clarke y Gorley, 2015). Estos análisis se realizaron a partir de datos transformados (raíz cuadrada) y organizados en una matriz de similitud basada en distancias euclidianas.

## III. RESULTADOS

En general se encontraron concentraciones altas de mercurio total en la Bahía de Buenaventura con diferencias significativas entre sitios de muestreo ( $p(\text{per}) < 0.05$ ). Las mayores concentraciones se encontraron en EI ( $0.10 \pm 0.03 \mu\text{g/g}$ ), seguido por ER ( $0.08 \pm 0.04 \mu\text{g/g}$ ), EE ( $0.07 \pm 0.04 \mu\text{g/g}$ ) y las menores en EM ( $0.04 \pm 0.04 \mu\text{g/g}$ ). Las estaciones EE y EM, ubicadas en la parte más externa de la Bahía y que presentaron las menores concentraciones de mercurio total, no presentaron diferencias significativas ( $p(\text{per}) > 0.05$ ). Estas diferencias posiblemente sean debidas a diferencias en las características del sedimento entre las diferentes estaciones, por la mayor sorción del mercurio por parte de sedimentos de grano fino, los cuales generalmente facilitan la capacidad de intercambio catiónico y aumentan la retención (Fox et al. 2013).

Se pudo observar un gradiente en la concentración de mercurio total en la Bahía, que va desde la parte interna, con los valores más altos, hacia la parte externa, con los valores más bajos (Fig. 2). Este gradiente posiblemente esté relacionado con los aportes de agua dulce de ríos con actividad minera, como el río Dagua (Hernandez et al., 2013) y el efecto de dilución por la influencia

marina, como se ha observado en la Bahía de Cartagena (Cogua et al., 2012). Esto podría indicar que la mayor entrada de mercurio total en la Bahía de Buenaventura puede estar relacionada con los aportes de agua del río Dagua.

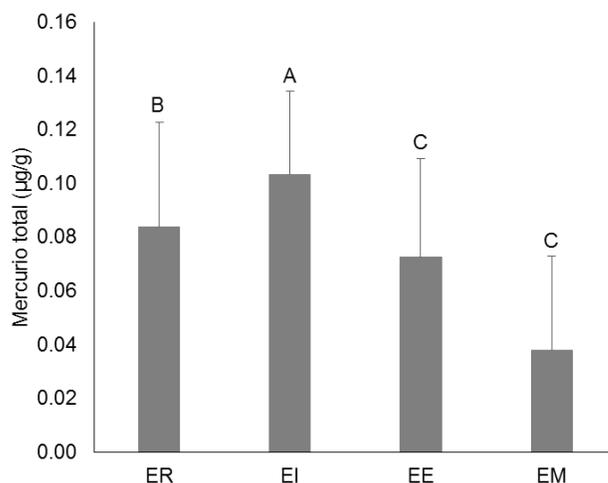


Fig. 2. Concentración de mercurio total (promedio  $\pm$  D.E.) en sedimentos en cada sitio de muestreo. Las letras representan diferencias significativas entre pares de grupos ( $p(\text{per}) < 0.05$ ).

Las concentraciones de mercurio total medidas en la Bahía de Buenaventura muestran se encontraron en el rango de  $0.0104 \mu\text{g/g}$  y  $0.1509 \mu\text{g/g}$ , lo cual indica que hay medidas (aproximadamente el 20%) que están por encima del límite recomendado por la OMS ( $0.1 \mu\text{g/g}$ ) para sedimentos. Estas concentraciones son comparables con las encontradas en estuarios de Asia (Coelho et al., 2008) y Europa (Haris et al., 2017), menores que los reportados para la Bahía de Cartagena (Cogua et al., 2012), pero mayores que los reportados con anterioridad para la Bahía de Buenaventura (Velásquez y Cortes, 1996).

## IV. CONCLUSIONES

La Bahía de Buenaventura posee concentraciones de mercurio que varían espacialmente, lo cual podría representar un mayor riesgo para organismos estuarinos que prefieran lugares con mayores concentraciones. La entrada de mercurio a la Bahía posiblemente esté relacionada con los aportes de agua hechos por el río Dagua, lo cual, junto a las concentraciones ya registradas, pueden ser condiciones propicias para que los procesos de acumulación de mercurio en

compartimentos bióticos del ecosistema ocurra de manera activa.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, por brindar los recursos necesarios para el desarrollo de esta investigación. A los laboratorios, Química General, Física del Suelo, Análisis Ambiental y sus respectivos laboratoristas por ofrecer el espacio, equipos y tiempo requeridos para el desarrollo de este proyecto. Al laboratorio de toxicología y gestión ambiental a cargo del profesor Jose Luis Marrugo de la Universidad de Córdoba por hacer posible los análisis del contaminante. Finalmente a la Universidad Santiago de Cali por el apoyo económico para los análisis de mercurio.

#### REFERENCIAS

- Cantera, J.R. y Blanco, J.F. 2001. The Estuary Ecosystem of Buenaventura Bay, Colombia. *Ecological Studies*, Vol. 144. U. Seeliger and B. Kjerfve (eds.) *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. 265-280.
- Clarke, K. R. & Gorley, R. N. (2015) *PRIMER v7: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E: Plymouth.
- Coelho J.P., Reisa, A.T., Ventura S., Pereira M.E., Duarte A.C., y Pardal M.A. 2008. Pattern and pathways for mercury lifespan bioaccumulation in *Carcinus maenas*. *Marine Pollution Bulletin*. 56, 6, 1104–1110. <http://doi.org.ezproxy.unal.edu.co/10.1016/j.marpolbul.2008.03.020>.
- Cogua, P., N.H., Campos-Campos, y G., Duque. 2012. Concentración de mercurio total y metilmercurio en sedimento y seston de la Bahía de Cartagena, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 41 (2), 267-285.
- EPA. 1998. Method 7473 (SW-846): Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry. Disponible en: <https://www.epa.gov/homeland-security-research/epa-method-7473-sw-846-mercury-solids-and-solutions-thermal-decomposition>.
- Fox A., Hughes E., Trocine R., Trefry J., Schonberg S., Mctigue N., Lasorsa B., Konar B., Cooper L. 2013. Mercury in the northeastern Chukchi Sea: Distribution patterns in seawater and sediments and biomagnification in the benthic food web. *Deep-Sea Res. II* in press, 12 p.

- Haris H., Aris A.Z., bin Mokhtar M. 2017. Mercury and methylmercury distribution in the intertidal surface sediment of a heavily anthropogenically impacted salt-water-mangrove-sediment interplay zone. *Chemosphere* 166, 323-333. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.09.045>.
- Hernández, O.D., Castro, F., Paez, M., 2013. Bioacumulación de Mercurio en larvas de anuros en la zona afectada por la minería de oro en el Río Dagua, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2):341-348.
- Otero E; Mosquera L; Silva G; Guzmán JC. 2007. Deltas y Estuarios de Colombia. Libros de la Colección Ecológica del Banco de Occidente. ISBN 978-958-95504-2-7. Recuperado de: <http://www.imeditores.com/banocc/deltas/cap7.htm>
- Peña-Salamanca E. 2008. Dinámica espacial y temporal de la biomasa algal asociada a las raíces de mangle en la bahía de buenaventura, costa pacífica de Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. ISSN 0122-9761, 37 (2), 55-70.
- Velásquez O y Cortes L, 1996. Estudio y evaluación de metales traza (Pb, Cr, Cd, Hg) en aguas, sedimentos y organismos marinos de la bahía de Buenaventura. *Boletín científico CCCP*. 5 p.

# Efecto de la adición de NaCl sobre las propiedades de hidratación de granos en remojo

Arcila-Chacua Cristian D., Rodríguez-Hurtado Norwin S., Quintana-Moreno Jesús D y Serna-Cock Liliana

Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración

## RESUMEN

**Se determinó el efecto de la adición de NaCl en el agua de remojo de frijol cargamanto (*Phaseolus vulgaris Cranberry Group*), y garbanzo (*Cicer arietinum*) sobre su capacidad de absorción de agua (CAA). Se usaron tres concentraciones de sal (0, 15, y 30 g/100ml de H<sub>2</sub>O) y se determinaron las cinéticas de CAA de los granos y la  $a_w$  de las soluciones. Los resultados indicaron que el tipo de grano y la concentración de sal tuvieron efecto estadísticamente significativo sobre la CAA. Se observó en las concentraciones utilizadas, la sal disminuyó considerablemente la CAA, a mayor concentración de sal menor fue la CAA. En garbanzo no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones 15 y 30 g/100ml. Se requiere encontrar concentraciones salinas que favorezcan la solubilidad de proteínas y por ende se aumente la CAA.**

**Palabras clave:** capacidad de absorción de agua, cinética de absorción de agua, *Phaseolus vulgaris Cranberry Group*, *Cicer arietinum*.

## I. INTRODUCCIÓN

La cocción por calor de las legumbres es muy importante ya que la temperatura elimina el contenido de inhibidores de proteasas presentes en los granos. Las proteasas hacen posible el metabolismo de los granos. Los inhibidores de proteasas impiden la acción de las enzimas proteasas y por lo tanto, dificultan la degradación de proteínas a aminoácidos. Lo anterior tiene repercusiones adversas en la dieta humana (Delgado C.; Olías, R.; Jiménez, J. y Clemente, A. 2016).

Según Divair, Sampaio, (2014), la adición de sal disminuye el tiempo de cocción de los granos. Sin embargo, Chaparro et al. (2010), indicaron que la adición de NaCl en el remojo de granos trae efectos negativos en la cocción del grano (Cerón A., Osorio O., y Garcés L. 2016). Estos resultados

contradictorios llevan a pensar que es necesario dilucidar a través de investigación científica, el efecto de la adición de sal en el agua de remojo de diferentes granos. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la adición de diferentes concentraciones de NaCl en el agua de remojo de frijol cargamanto (*Phaseolus vulgaris Cranberry Group*), y garbanzo (*Cicer arietinum*) sobre las cinéticas de la capacidad de absorción de agua (CAA).

## II. MÉTODOS Y MATERIALES

### A) SELECCIÓN DE GRANOS

Para la elección de los distintos tratamientos se escogieron frijol cargamanto (*Phaseolus vulgaris Cranberry Group*) y garbanzo (*Cicer arietinum*), granos empaquetados y distribuidos por un supermercado en el norte de la ciudad de Cali, Colombia. Se seleccionaron granos de tamaño y peso homogéneo, para posterior remojo.

### B) REMOJO DE GRANOS

Para el remojo de granos se prepararon soluciones con sal (NaCl). La sal se preparó a concentraciones de, 15 g/100 mL de H<sub>2</sub>O, y 30g/100mL de H<sub>2</sub>O. El criterio de selección de la concentración de sal fue que se encontrara debajo de su máxima capacidad de solubilidad o kps que es el producto de las concentraciones de los iones en disolución. Para el remojo se utilizó una relación 1:6 grano:agua. Como control se utilizó agua sin la adición de sal. El agua se adicionó a 25°C. El remojo se realizó por 8 horas. A las soluciones salinas se les midió la actividad de agua ( $a_w$ ) para verificar la fuerza impulsora, utilizando un equipo (Aqualab, USA).

### C) CINÉTICA DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA (CAA)

Se midió la cinética de capacidad de absorción de agua (CAA) durante ocho horas y los resultados se expresaron como g de H<sub>2</sub>O/g de grano. CAA se calculó por medio de la Ec. 1.

$$CAA = \frac{\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}}{\text{peso inicial (g)}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Cada hora se retiraron por triplicado granos remojados de los diferentes tratamientos. Los granos se secaron suavemente con papel absorbente y se pesaron en balanza analítica (Mettler Toledo, USA). En cada tiempo se calculó la CAA mediante la Ec 1.

A partir de los datos de CAA se construyeron para cada grano curvas CAA vs. t. Donde el t correspondió a la variable independiente y CAA la variable dependiente. Cada punto correspondió al promedio de los triplicados.

### III. RESULTADOS

En las Figuras 1 y 2 se presentan las cinéticas de CAA de garbanzo y frijol a diferentes concentraciones de NaCl.

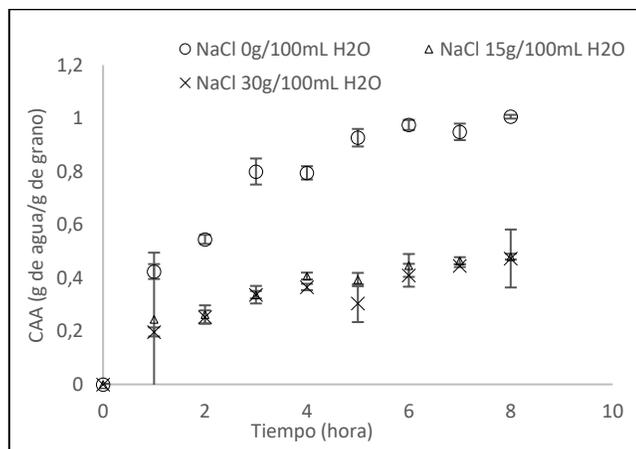


Figura 1. Gráfica cinética de absorción de agua, CAA para granos de garbanzo (*Cicer arietinum*)

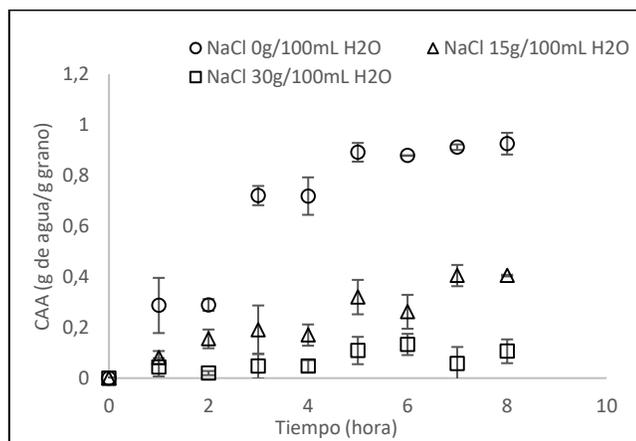


Figura 2. Cinéticas de absorción de agua, CAA para granos de frijol (*Phaseolus vulgaris Cranberry Group*)

Las gráficas mostradas en la Figura 1 y 2 demuestran que la concentración de NaCl influyó en la capacidad de absorción de agua negativamente, haciendo que el frijol y el garbanzo pierdan considerablemente su CAA durante el tiempo de remojo. Se observó que, sin la adición de sal, los garbanzos en 6-8 horas absorbieron su peso en agua. Los frijoles entre 7-8 horas absorbieron su peso en agua. El tipo de grano y la concentración de sal tuvo efecto estadísticamente significativo sobre la CAA. Se observó que la sal disminuyó considerablemente la CAA, a mayor concentración de sal menor fue la CAA. En garbanzo no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones 15 y 30 g/100ml.

La CAA se puede considerar como una propiedad funcional de las proteínas, nutriente fundamental presente en los granos utilizados en esta investigación, donde se requiere una buena interacción proteína-agua (Granito y col., 2004) pero mediante la presencia de sales en el agua de remojo la interacción se dificulta debido a que la sal y las proteínas compiten por el agua, favoreciéndose la interacción entre los componentes iónicos, lo que disminuye la CAA en los granos seleccionados. Los iones y grupos iónicos de las moléculas orgánicas restringen la movilidad de las moléculas de agua en un grado mayor que cualquier otro tipo de solutos (Owen R, 2014). Además, la fuerza de los enlaces entre agua y el NaCl son más fuertes que los enlaces de hidrógeno entre moléculas de agua, esto explica la no absorción de agua de los granos por la presencia de las sales con sus concentraciones. Los resultados se explican también por los diferenciales en la  $a_w$ . En ausencia de solutos en el agua de remojo (sin NaCl) la  $a_w$  tuvo un valor de 1, mientras que en las dos soluciones salinas a concentraciones de 15 y 30 g/100ml, las  $a_w$  fueron de 0.925 y 0.809 respectivamente. El diferencial de  $a_w$  ejerció una fuerza impulsora desde la  $a_w$  más alta hacia la  $a_w$  más baja. Lo anterior explica por qué el agua de remojo ingresa al grano y se hidrata, y no el agua del grano sale hacia el agua de remojo (caso ultimo donde ocurriría la deshidratación). Las  $a_w$  de los granos antes del remojo fueron de 0,564 para el garbanzo y 0,615 para el frijol, valores por debajo de las  $a_w$  de las aguas de remojo.

#### IV. CONCLUSIONES

Se concluyó que la capacidad de absorción de agua depende de la naturaleza del grano. A las concentraciones evaluadas la capacidad de absorción de agua en granos como frijol y garbanzo disminuye en la medida en que se aumenta la concentración de sal en el agua de remojo, sin embargo, es necesario realizar investigaciones en las cuales se utilicen concentraciones menores que estimulan la solubilidad de proteínas del grano y favorezcan la capacidad de absorción de agua.

#### V. REFERENCIAS

- Aguirre-Santos, E., Rodríguez-Miranda, J., Rosales-Serna, R., Castro-Rosas, J. and Ochoa-Martínez, L. (2017). *Citar un sitio web - Cite This For Me*. [online] Repository.uaeh.edu.mx. Available at: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/11520/17.pdf?sequence=1> [Accessed 7 Sep. 2017].
- Cerón A., Osorio O., and Garcés L. (2016). Procesamiento de arvejas (pisum sativum L). Parte 2: Cinética de Capacidad de Absorción de Agua en Semillas de Arvejas, variedad San Isidro y Sureña. [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642016000100010&script=sci\\_arttext&tln\\_g=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642016000100010&script=sci_arttext&tln_g=en)
- Delgado-Andrade, C.; Olías, R.; Jiménez-López, J.C. y Clemente, A. (2016). Aspectos de las legumbres nutricionales y beneficiosos para la salud humana. *Arbor*, 192 (779): a313. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2016.779n3003>
- García Esteban, C., Valladolid, 2015, Inhibidores de Proteasas en Leguminosas Recuperado de: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/7486/1/TFG-M-N170.pdf>
- Granito, M.; Guerra, M.; Torres, A. y Guinand, J. (2004) Efecto del Procesamiento sobre las Propiedades Funcionales de Vigna Sinensis. [en línea] [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442004000900009&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004000900009&lng=es&nrm=iso)> [consulta: 20 de octubre de 2006]
- JAIMES M, J., RESTREPO, D. and ACEVEDO C, D. (2017). *PREPARATION AND DETERMINATION OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF THE TRUPILLO CONCENTRATED (Prosopis juliflora)*. [online] Scielo.org.co. Available at: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612014000100017&lng=en&nrm=iso&tln\\_g=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612014000100017&lng=en&nrm=iso&tln_g=es) [Accessed 7 Sep. 2017].
- Mishra, P., Tripathi, J., Gupta, S. and Variyar, P. (2017). Effect of cooking on aroma profile of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*) and correlation with sensory quality. *Food Chemistry*, 215, pp.401-409.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura .2016.Beneficios Nutricionales de las Legumbres. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i5384s.pdf>
- Sandra P. Chaparro A. . Gil G. Aristizabal D. 15 de Febrero del 2010.. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v18n2/v18n2a04.pdf>.
- SCHOENINGER V., MACHADO COELHO S. R., DIVAIR CHRIST, SAMPAIO S. C. and BISPO DE ALMEIDA AJ., Pre-processing of aged carioca beans: Soaking effect in sodium salts in the cooking and nutrition quality, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, Vol.11 (1), pp. 184 - 189 (2013).
- Srinivasan Samodaran (ed. lit.), Kirk L. Parkin (ed. lit.), Owen R. Fennema (ed. lit.). 2010. *Química de los Alimentos*. Cambridge, Massachusetts Acrobia. Tercera Edición

# Efecto de tres pretratamientos biológicos en la producción de metano a partir de residuo de poda

Cadavid-Rodríguez L.S.<sup>1</sup>, Cetina-Segura A.F.<sup>2</sup>; Franco-Cadavid J.E.<sup>3</sup>, Montoya-Cárdenas D.L.<sup>4</sup>; Londoño-Mora J.D.<sup>5</sup>; Osorio-Gómez V.<sup>6</sup> & Vargas-Muñoz M.A.<sup>7</sup>

## RESUMEN

Con el fin de potencializar la producción de metano se comparó el efecto que tienen tres pretratamientos biológicos en la biodegradación del residuo de poda de las áreas verdes de la ciudad tropical de Palmira (Colombia). En el presente estudio, se evaluó la Fracción Líquida del Digestato (FLD), la Fracción Líquida del Rumen (FLR) y una pre-aireación con diferentes tiempos de duración (1, 2 y 3 días). Los resultados indicaron que el tiempo óptimo de tratamiento previo fue de 1 día, resultando un aumento en la producción de metano de 37% con la FLR, 20% con la FLD y 7,5% con la pre-aireación. Este incremento se atribuyó a una eficiente hidrólisis durante la digestión anaerobia (DA), lo cual se reflejó en una alta remoción de lignina del 45%-59%. Concluyendo finalmente que el tratamiento con la FLR fue el más eficiente debido a la biodiversidad de su población microbiana.

**Palabras Clave** — Digestión anaerobia, país tropical, pretratamiento biológico, residuo de poda.

## I. INTRODUCCIÓN

El agotamiento de los combustibles fósiles y el incremento del consumo energético en los últimos años, ha impulsado a que se dirijan los esfuerzos hacia la búsqueda de fuentes alternativas y renovables de energía, entre las cuales se encuentra la biomasa (Quintero V & Rondón C, 2012; UPME, IDEAM, Colciencias, & Santander, 2010). Uno de los procesos bioquímicos que hace posible el aprovechamiento energético de la biomasa, es la digestión anaerobia (DA). Proceso que emplea las características bioquímicas de la biomasa y la acción metabólica de un consorcio microbiano (UPME et al., 2010), para degradar y estabilizar la materia orgánica, al mismo tiempo que se produce biogás (Angelidaki et al., 2006; Raposo, De La Rubia, Fernandez C, & Borja, 2011). Dentro de los sustratos que pueden tratarse con DA están

los residuos urbanos, tales como los residuos de poda; los cuales se producen más de 40 mil toneladas al año en Colombia (Ministerio de minas y energía, 2011). No obstante, debido a la estructura lignocelulósica de la poda, estos residuos son difíciles de ser directamente utilizados por los microorganismos anaerobios. Para mejorar la eficiencia de la DA, es necesario emplear un tratamiento previo que reduzca la cristalinidad y la polimerización de la biomasa facilitando posteriormente, la hidrólisis enzimática. Frente a esto, varios métodos de pretratamiento (biológicos, físicos, químicos) han sido investigados por diversos autores en las últimas décadas (Wei et al., 2015). Destacándose principalmente el pretratamiento biológico por considerarse un método fácil de operar y además, respetuoso con el medio ambiente (Wang et al., 2013).

En este sentido, el objetivo de esta investigación fue comparar el efecto que tienen tres pretratamientos biológicos en la producción de metano del residuo de poda, determinando a su vez el tiempo de pretratamiento óptimo.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Materiales

La poda se obtuvo en la ciudad de Palmira, en el campus principal de la Universidad Nacional de Colombia. Ésta se secó durante un día en campo y se trituró posteriormente con un procesador de alimentos, hasta que las partículas alcanzaran un tamaño promedio de 2 mm. El inóculo anaerobio se obtuvo de un reactor UASB de la empresa Carnes y Derivados de Occidente S.A., del municipio de Candelaria; la cual está encargada del procesamiento de productos y subproductos cárnicos de origen bovino y porcino. El inóculo fue adaptado y aclimatado, durante 2 meses. El digestato se obtuvo de un biodigestor localizado en la granja de la misma Universidad, Este digestato fue centrifugado para extraer la Fracción Líquida del Digestato (FLD), con la cual se realizó el pre-

6: [valosoriogom@unal.edu.co](mailto:valosoriogom@unal.edu.co).

7: [maavargasmu@unal.edu.co](mailto:maavargasmu@unal.edu.co), Estudiantes de Ingeniería ambiental, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

1: [lscadavidr@unal.edu.co](mailto:lscadavidr@unal.edu.co), Profesora Asociada, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

2: [afcetinas@unal.edu.co](mailto:afcetinas@unal.edu.co), 3: [juefrancoca@unal.edu.co](mailto:juefrancoca@unal.edu.co),

4: [dilmontoyaca@unal.edu.co](mailto:dilmontoyaca@unal.edu.co), 5: [jodlondonomo@unal.edu.co](mailto:jodlondonomo@unal.edu.co).

tratamiento del residuo de poda. Así mismo, el fluido ruminal procedente de la planta de beneficio animal fue extraído directamente del estómago de reses sacrificadas, con el fin de obtener la Fracción Líquida de Rumen (FLR). Finalmente, el lodo aerobio empleado viene de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) perteneciente a la empresa Aguas del Sur S.A. E.S.P., de la ciudad de Santiago de Cali.

### B. Pre-tratamiento de la poda con FLD, FLR y Aireación

Se emplearon botellas Duran de 0,5 L mezclando los residuos de poda con la FLD y FLR. Las botellas se dejaron a temperatura ambiente ( $24^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) de acuerdo con la metodología de Hu et al. (2015). Por otro lado, el pre-tratamiento con aireación se basó en la metodología propuesta por Zhou et al. (2016). Se utilizaron botellas Duran de 2L para los respectivos tiempos de pre-tratamiento (1 día, 2 días y 3 días). Seguidamente, el sustrato se mezcló con la fracción líquida del lodo aerobio hasta alcanzar un contenido de humedad igual al 60%. La mezcla se llevó a una temperatura de  $37^{\circ}\text{C}$ , y se aireó bajo un flujo constante de 0,5 L aire/min.kg de sustrato.

### C. Evaluación del potencial de metano

Para evaluar el potencial de metano del residuo de poda luego de ser sometido a los diferentes pretratamientos, se utilizó el procedimiento estándar de Potencial Bioquímico de Metano (PBM) (Owen et al., 1979), incluyendo modificaciones en el medio mineral de acuerdo con Kim et al. (2003) y las recomendaciones propuestas por Angelidaki et al. (2009). La determinación de los parámetros carbono orgánico total (COT), sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV) y pH (método electrométrico) se realizaron siguiendo los métodos estándar (APHA, 1998). Para la determinación de la composición y degradación de la lignocelulosa se siguió el método 17 973.18 (AOAC, 2012).

El volumen de cada reactor operado en modo "Batch" fue de 0,25 L, con un volumen efectivo de 0,2 L y se trabajó una concentración de ST del 4%. Estos reactores se colocaron a una temperatura mesófila de  $37^{\circ}\text{C}$ . El montaje del experimento se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar por triplicado y se incluyeron controles para

el inóculo. El seguimiento de la prueba se realizó por 40 días.

## III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### A. Pretratamiento con FLD

El potencial de metano de la poda pre-tratada con la FLD durante 40 días de DA ( $T_{40}$ ), se muestra en la Fig. 1. Se observa que la poda pre-tratada con la FLD (D1, D2, D3) tuvo una mayor producción de metano, en comparación con la poda sin pretratar (SP). De esta manera, exponiendo el residuo de poda a la FLD durante un día, antes de la digestión, se logró en 18 días la misma producción de metano alcanzada por la poda SP en 40 días. Así mismo, se observó una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre D1 y la poda SP. Sin embargo, no se observó una diferencia significativa de D1 con respecto a D2 y D3; comportamiento similar a los pre-tratamientos de tallos de maíz de Hu et al. (2015).

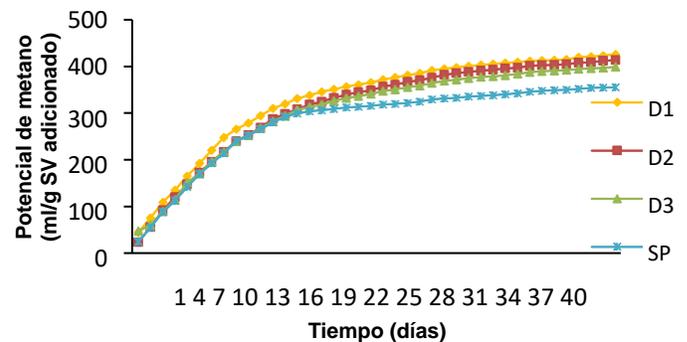


Fig. 1. Potencial de metano de residuos de poda pre-tratada con la FLD.

La razón por la cual se produjo menos metano con los pre-tratamientos de más de 1 día, se debe posiblemente a las pérdidas de materia orgánica originadas por un mayor contacto de la poda con la FLD. Por lo tanto, el tiempo de pre-tratamiento debe ser controlado para minimizar el agotamiento de los materiales orgánicos solubles, para que estén disponibles para la producción de metano (Hu et al., 2015). Por consiguiente, el PBM del pre-tratamiento de un solo día, presentó un incremento comparable al obtenido por Wei et al. (2015); quienes reportaron un aumento del 25% cuando pre-trataron los rastrojos de maíz con la FLD, durante 5 días, en un tiempo total de digestión anaerobia de 50 días ( $T_{50}$ ). El efecto positivo que tiene este tipo de pre-tratamientos, se evidencia cuando se compara el PBM de residuos de poda con y sin pre-tratamiento. Por ejemplo, Bolaños (2014) reportó un PBM de 327 ml/g SV en 60 días con residuos de poda del

municipio de Palmira; McEniry et al. (2014) evaluaron el PBM para residuos de poda, presentando rendimientos entre 344 a 383 ml/g SV durante 35 días, y Nizami et al. (2012) reportaron valores de 350 a 493 ml/g SV durante 30 y 50 días, respectivamente. Cabe resaltar que los resultados obtenidos del PBM en el presente estudio fueron mayores a los reportados en las investigaciones anteriores, a excepción del estudio de Nizami et al. (2012).

Así, una mayor eficiencia de la biogásificación anaeróbica es atribuida principalmente a la mejora en la biodegradabilidad, causada por la función de pre-descomposición que brindan las bacterias presentes en la FLD (Hu et al., 2015).

### B. Pretratamiento con la FLR

El PBM de la poda pre-tratada con la FLR durante 40 días de DA ( $T_{40}$ ), se muestra en la Fig. 2. Se observa que la poda pre-tratada con la FLR (R1, R2 y R3), tuvo también una mayor producción de metano, en comparación con la poda SP. De esta manera, exponiendo el residuo de poda a la FLR durante un día, antes de la digestión, se logró en solo 12 días la misma producción de metano alcanzada por la poda SP en 40 días. Se observó que hay una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) de R1 con respecto a la poda SP, R2 y R3. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre R2, R3 y la poda SP. Este comportamiento es similar al reportado por Zhang et al. (2016); quienes concluyeron que llevar el pre-tratamiento por más de 1 día no tiene un efecto significativo en la producción de biogás e incluso resulta contraproducente para el proceso de digestión anaerobia, debido a las pérdidas de carbono en forma de  $CO_2$  que ocurren durante un mayor tiempo de biodegradación.

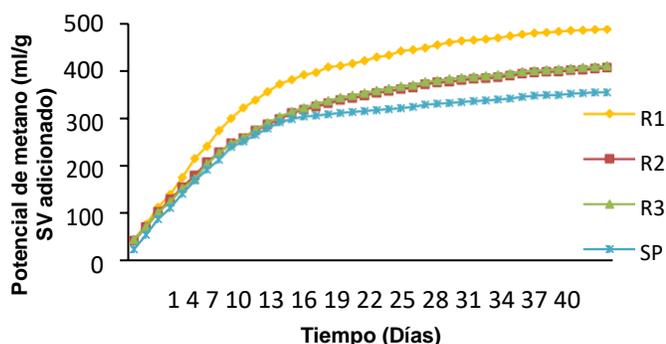


Fig. 2. Potencial de metano de residuos de poda pre-tratada con la FLR.

Los datos de la presente investigación para el día 30, mostraron un incremento del 76,2% (R1), 65,3%

(R3) y 62,6% (R2) en comparación con la producción de metano reportada por Zhang et al. (2016), durante el mes que evaluaron el efecto de este mismo pre-tratamiento con cascarilla de arroz en 1, 2 y 3 días. Por lo tanto, este resultado indica que el tratamiento previo con la FLR mejora significativamente los rendimientos de la DA de la poda.

Los microorganismos del rumen, al secretar enzimas digestivas tales como la celulasa, hemicelulasa y  $\beta$ -glucosidasa (Fang et al., 2016), exhiben una mayor capacidad hidrolítica para degradar la biomasa lignocelulósica en comparación con otros microorganismos anaerobios (Yue et al., 2013; Creevey et al., 2014), tales como las bacterias acidogénicas convencionales derivadas de las aguas residuales (Hu & Yu, 2005). En esa línea, se afirma que la degradación de la biomasa lignocelulósica por los microorganismos del rumen es mucho más rápida que la de las comunidades microbianas de vertederos o digestores anaerobios (O'Sullivan et al., 2006; Song et al., 2005). Lo cual podría explicar el hecho de que la producción de metano usando la FLD en el pre-tratamiento fuera entre un 3,0% y un 14,6% menor que cuando se usó la FLR. De hecho, se encontró una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en la producción de metano entre D1 y R1. Por último, se considera que el aporte de COT por parte del fluido ruminal (5736 mg C/l), que fue 12,4 veces mayor que el del fluido del digestato (464 mg C/l), pudo tener algún efecto en la mayor producción de metano.

### C. Pretratamiento con aireación

El PBM de la poda pre-tratada con aireación durante 40 días de DA ( $T_{40}$ ), se muestra en la Fig. 3. Se observa que la poda pre-tratada con aireación (A1, A2 y A3), presentó para todos los tiempos evaluados, un ligero aumento en la producción de metano, comparada con la poda SP. De esta manera, aireando el residuo de poda con la fracción líquida de un lodo aerobio, durante un día, antes de la digestión, se logró en 30 días la misma producción de metano alcanzada por la poda SP en 40 días. Se observó que no hay una diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre A1, A2 y A3, y la poda SP. Sin embargo, sí hubo una diferencia significativa entre A1, A2, A3 y, D1 y R1, resaltando la eficiencia del enriquecimiento microbiano sobre la preaireación.

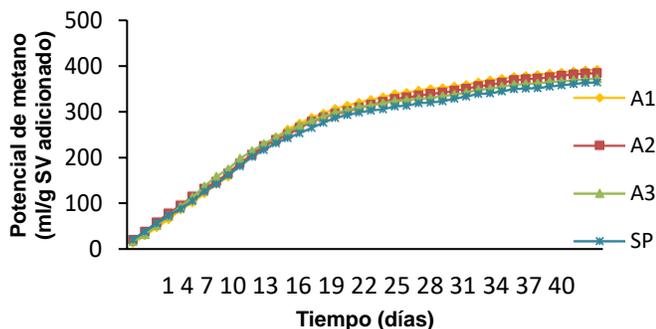


Fig. 3. Potencial de metano de residuos de poda con pre-aireación.

Los potenciales de metano encontrados para este pre-tratamiento superaron en un 10,2% a los resultados experimentales de Zhou et al., (2017), que utilizaron como sustrato lignocelulósico paja de arroz, llevando la prueba de potencial a 50 días. De igual manera, se observó que los mayores potenciales corresponden a los tiempos de pre-tratamiento de aireación más cortos. La transformación de material orgánico en CO<sub>2</sub> por acción de las bacterias aerobias, disminuye el potencial de metano a medida que las exoenzimas microbianas se acumulan en el tiempo. Por ende, entre mayor sea la duración de la aireación, menor PBM se obtendrá (Charles et al., 2009).

#### IV. CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación mostraron que todos los pretratamientos biológicos (FLD, FLR y aireación) produjeron un aumento en la producción de metano con respecto a la poda sin tratamiento previo. Los pre-tratamientos con enriquecimiento microbiano resultaron ser más eficientes que la pre-aireación para mejorar la biodegradabilidad de la poda y aumentar así, la producción de metano. El efecto de pre-descomposición logrado por la FLR fue significativamente superior a los demás pre-tratamientos, debido a la gran biodiversidad microbiana presente en el líquido ruminal. Se destacaron los pretratamientos de un día porque alcanzaron una máxima producción de metano, ya que las pérdidas de materia orgánica son altas con un tiempo de exposición más largo.

#### REFERENCIAS

Akhiar, A, Battimelli, A, Torrijos, M, & Carrere, H 2016, 'Comprehensive characterization of the liquid fraction of digestates from full-scale anaerobic co-digestion', *Waste Management*, 59, pp. 118-128.

Angelidaki, I, Alves, M, Bolzonella, D, Borzacconi, L, Campos, J, Guwy, A, & Van Lier, J 2006, 'Anaerobic Biodegradation, Activity and Inhibition (ABAI)', *University of Denmark Bygningstorvet*, 115.

Angelidaki, I, Alves, M, Bolzonella, D, Borzacconi, L, Campos, J, Guwy, A, & Van Lier, J 2009, 'Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: A proposed protocol for batch assays', *Water Science and Technology*, 59, pp. 927-934.

AOAC 2012, 'Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th Edition', Association of Official Agricultural Chemists - AOAC, Gaithersburg.

APHA 1998, 'Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition', American Public Health

Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) 2012, 'Official Methods of Analysis of AOAC International'. AOAC, 17th Edition, Gaithersburg.

Bolaños, V 2014, 'Digestión anaerobia como alternativa de manejo y aprovechamiento sostenible de los residuos de poda', Universidad Nacional de Colombia (Palmira).

Charles, W, Walker, L, & Cold-Ruwisch, R 2009, 'Effect of pre-aeration and inoculum on the start-up of batch thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste', *Bioresource Technology*, 100, pp. 2329-2335.

Creevey, C, Kelly, W, Henderson, G, & Leahy, S 2014, 'Determining the culturability of the rumen bacterial microbiome', *Microbiology Biotechnology*, 10, pp. 1751-7915.

Fang, W, Zhang, P, Gou, H, Zhang, Y, Wu, Y, Ye, J, & Zeng, G 2016, 'Volatile fatty acid production from spent mushroom compost: effect of total solid content', *International Biodeterioration Biodegradation*, 113, pp. 217-221.

Hu, Y, Pang, Y, Yuan, H, Zou, D, Liu, Y, Zhu, B, Chufo, W, Jaffar, M, & Li, X 2015, 'Promoting anaerobic biogasification of corn stover through biological pretreatment by liquid fraction of digestate (LFD)', *Bioresource Technology*, 175, pp. 167-173.

Hu, Y, Shen, F, Yuan, H, Zou, D, Pang, Y, Liu, Y, Zhu, B, Chufo, W, Jaffar, M & Li, X 2014, 'Influence of recirculation of liquid fraction of the digestate (LFD) on maize stover anaerobic digestion', *Biosystems Engineering*, 127, pp. 189-196.

- Kim, H, Han, S, & Shin, H 2003, 'The optimization of food waste addition as a cosubstrate in anaerobic digestion of sewage sludge', *Waste Management and Research*, 21, pp. 515-526.
- McEniry, J, Allen, E, Murphy, J, & O'Kiely, P 2014, 'Grass for biogas production: The impact of silage fermentation characteristics on methane yield in two contrasting biomethane potential test systems', *Renewable Energy*, 63, pp. 524-530.
- Ministerio de Minas y Energía 2011, 'Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia', Bogotá D.C.
- Nizami, A, Korres, N, & Murphy, J 2012, 'The Integrated Process for the Production of Grass Biomethane', *Environmental Science & Technology*, 40, pp. 8496-8508.
- O'Sullivan, C, Burrell, P, Clarke, W, & Blackall, L 2006, 'Comparison of cellulose solubilization rates in rumen and landfill leachate inoculated reactors', *Bioresource Technology*, 97, pp. 2356-2363.
- Owen, W, Stuckey, D, Healy, J, Young, L, & McCarty, P 1979, 'Bioassay for monitoring biochemical methane potential and anaerobic toxicity', *Water Research*, 13, pp. 485-492.
- Quintero, V, & Rondón, C 2012, 'Estudio preliminar para la producción de biogás a partir de la digestión anaerobia de mucílago de café', Universidad Industrial de Santander.
- Raposo, F, De La Rubia, M, Fernández C, & Borja, R 2011, 'Anaerobic digestion of solid organic substrates in batch mode: An overview relating to methane yields and experimental procedures', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, pp. 861-877
- Sauer, M, Marx, H, & Mattanovich, D 2012, 'From rumen to industry', *Microbial Cell Factories*, 11, p. 121.
- Taherzadeh, M & Karimi, K 2008, 'Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: A Review', *International Journal of Molecular Sciences*, 9, pp. 1621-1651.
- UPME, IDEAM, Colciencias, & Universidad Industrial de Santander 2010, 'Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia'.
- Wang, F, Xie, H., Chen, W., Wang, E, Du, F, Song, A 2013. 'Biological pretreatment of corn stover with ligninolytic enzyme for high efficient enzymatic hydrolysis', *Bioresource Technology*. 144 pp. 572-578.
- Wei, Y, Li, X, Yu, L, Zou, D, Yuan, H 2015, 'Mesophilic anaerobic co-digestion of cattle manure and corn stover with biological and chemical pretreatment', *Bioresource Technology*, 198, pp. 431-436.
- Yue, Z, Li, W, & Yu, H 2013, 'Application of rumen microorganisms for anaerobic bioconversion of lignocellulosic biomass', *Bioresource Technology*, 128, pp. 738-744.
- Zhang, H, Zhang, P, Ye, J, Wu, Y, Fang, W, Gou, X, & Zeng, G 2016, 'Improvement of methane production from rice straw with rumen fluid pretreatment: A feasibility study', *International Biodeterioration & Biodegradation*, 113, pp. 9-16.
- Zhou, Y, Li, C, Nges, I, & Liu, J 2017, 'The effects of pre-aeration and inoculation on solid-state anaerobic digestion of rice Straw', *Bioresource Technology*, 224, pp. 78-86.

# Efecto del pretratamiento térmico y químico en la producción de biogás a partir de bagazo de caña de azúcar

Marín M.A., Triviño X.A y Cadavid-Rodríguez L.S.

## RESUMEN

**El bagazo de caña de azúcar es un residuo lignocelulósico que puede ser utilizado como biomasa para la generación de energía a través de tratamientos anaerobios. Sin embargo, por su alto contenido de lignina, el bagazo de caña de azúcar es considerado un residuo de difícil degradación. Una alternativa que facilita su degradación biológica es un posible pretratamiento que permita facilitar la etapa de hidrólisis en el proceso; así optimizar la producción de biogás, a través del proceso de digestión anaerobia. En el presente trabajo pretende se evaluó el efecto del pretratamiento térmico y químico en la producción de biogás con el fin de determinar las condiciones operativas que permitan maximizar dicha producción. El pretratamiento químico mostró ser más eficiente que el pretratamiento térmico. Las condiciones óptimas de operación con pretratamiento químico, pH: 11, permitieron obtener un potencial de biogás acumulado de 0,3783 m<sup>3</sup> Biogás/kg SV.**

**Palabras Clave—** Bagazo de caña, digestión anaerobia, pretratamiento químico, pretratamiento térmico.

## I. INTRODUCCIÓN

Los residuos lignocelulósicos corresponden a una de las fracciones más representativas de los residuos sólidos orgánicos y su aprovechamiento actual se realiza por medio de tecnologías con bajo rendimiento y que generan diversidad de impactos ambientales negativos.

Como ejemplo de lo anterior, en Colombia se producen cerca de seis millones de toneladas de bagazo de caña al año (AsoCaña, 2016), las cuales se destinan para las calderas de la misma industria azucarera, a la producción de energía y la elaboración de papel, entre otras.

Desarrollar procesos viables desde el punto de vista técnico, financiero y ambiental, facilitaría el aprovechamiento de cerca de 177 millones de toneladas de biomasa residual que se presentan en Colombia cada año (Ministerio de Minas y Energía, 2011), mucha de la cual actualmente está causando impactos ambientales negativos para los ecosistemas del país.

En este sentido, la digestión anaerobia de residuos lignocelulósicos es una alternativa para la estabilización de los residuos en mención y la producción de compuestos de valor agregado tales como el biogás. Sin embargo, debido a la composición de los residuos lignocelulósicos, estos representan un material de difícil degradación y por ende bajo rendimiento en la producción de biogás. Esto se explica debido a que el bagazo, se compone de biopolímeros como lignina, celulosa y hemicelulosa, los cuales, representan un obstáculo para los microorganismos por no ser fácilmente biodegradables. Por lo anterior, se hace necesario aplicar un pretratamiento que permita liberar los azúcares reductores, es decir, facilitar la etapa de hidrólisis en el proceso de digestión anaerobia.

De acuerdo a lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de pretratamientos químicos y térmicos sobre la producción de biogás del bagazo de caña mediante procesos de digestión anaerobia.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Sustrato e Inóculo

El bagazo de caña de azúcar se obtuvo de una industria azucarera del Valle del Cauca, el cual fue sometido a un proceso de molienda, con el fin de reducir y homogeneizar su tamaño, dando como resultado el bagazo triturado. El bagazo fue almacenado a temperatura ambiente hasta su uso.

El inóculo usado fue un lodo anaerobio de la industria Carnes & Derivados de Occidente S.A. ubicada en la Central de Abastos del Valle, el cual, se aclimató constantemente durante todo el periodo de estudio, evitando aclimatación en los cuatro días anteriores a cada montaje.

### B. Montaje Experimental

El bagazo de caña de azúcar se sometió a tres tratamientos diferentes: (A) pretratamiento térmico, el cual, se llevó a cabo en autoclave; (B) pretratamiento ácido, utilizando HCl con el fin de alcanzar un pH de 2, 3 y 4; y (C) pretratamiento alcalino, utilizando NaOH con el fin de alcanzar un pH de 11, 12 y 13.

Para el pretratamiento térmico, se suspendieron 10 gramos de bagazo en 100 mL de agua destilada, los cuales se sometieron a dos condiciones térmicas elegidas en autoclave durante 60 min. Posterior a alcanzar la temperatura ambiente, los residuos se centrifugaron y se lavaron con agua destilada hasta alcanzar un pH neutro.

En el pretratamiento ácido y alcalino, se suspendieron 10 gramos de bagazo en 100 mL de agua destilada, los cuales se sometieron a las condiciones ácidas y alcalinas mencionadas anteriormente, durante 2 h por goteo de las soluciones respectivas. Después del pretratamiento, el valor de pH se ajustó nuevamente al neutro. Los residuos se centrifugaron y se lavaron con agua destilada.

La evaluación de cada pretratamiento se llevó a cabo por triplicado en un montaje de frascos Duran de 250 mL de capacidad, con un volumen efectivo de 200 mL. La concentración en cada reactor, fue de 2gSV/L. Estos, estuvieron sellados herméticamente y con sistema de válvulas para la liberación del gas. Adicionalmente, se realizó el montaje de un control y de la evaluación por triplicado del bagazo crudo. Los reactores operaron bajo condiciones mesofílicas ( $35\pm 2^\circ\text{C}$ ).

La variable respuesta principal fue la producción de biogás, la cual se determinó diariamente mediante la técnica de desplazamiento del líquido. Por ende, el experimento terminará cuando no haya producción de gas evidente o en su defecto hasta 40 días.

### C. Métodos Analíticos

La caracterización fisicoquímica de inóculo y el sustrato se realizó bajo los parámetros de sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), Celulosa, hemicelulosa y lignina. Los ST y SV se determinaron siguiendo el procedimiento 2540G de los métodos estandarizados. Los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina, se determinaron mediante el método de Van Soest.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig.1., se observa el rendimiento de biogás del bagazo de caña sometido a tratamientos químicos y térmicos.

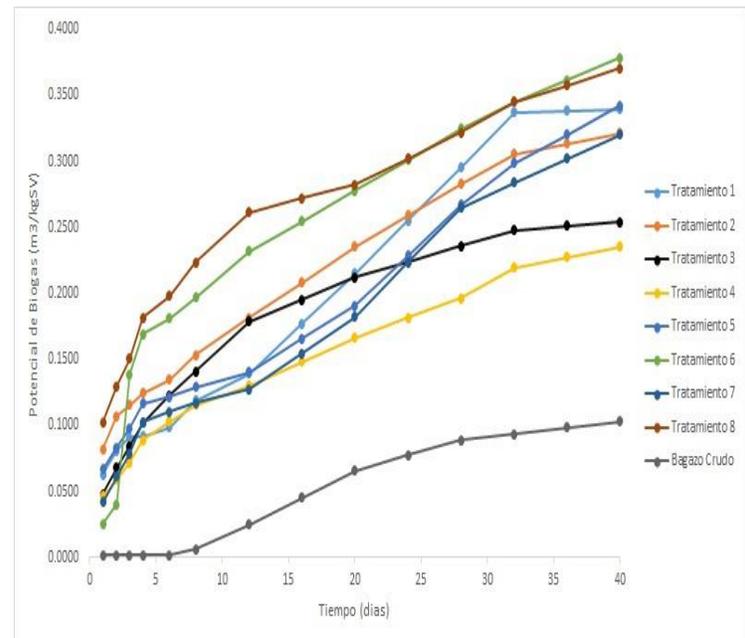


Fig. 1. Potencial de biogás del bagazo de caña sometido a diversos pretratamientos en función del tiempo.

El mayor potencial de biogás se obtuvo con pretratamiento alcalino, 0,3783 m<sup>3</sup> Biogás/kg SV., bajo condiciones de pH: 11.

Según Carvalho et al. (2016) el bagazo de caña logra un mayor desprendimiento de lignina a través de pretratamientos alcalinos. Mediante la eliminación de los enlaces químicos, el pretratamiento alcalino conduce a un aumento de la porosidad y del área superficial, produce un

hinchamiento estructural, disminuye el grado de polimerización y cristalinidad, altera la estructura de la lignina y el desglose de los enlaces entre la lignina y otros polímeros.

#### IV. CONCLUSIONES

Al momento de evaluar la alternativa de pretratamiento más eficiente, se obtiene que el mayor potencial de biogás se obtiene a partir de un pretratamiento químico de tipo alcalino. Dicha eficacia puede estar asociada con el contenido de lignina presente en el bagazo, lo que permite que este tratamiento elimine con mayor facilidad los enlaces químicos presentes.

Teniendo en cuenta que el bagazo corresponde a una fracción elevada y con alto potencial de contaminación de los residuos sólidos industriales, además de las grandes problemáticas ocasionadas por el inadecuado manejo que se le da actualmente, la técnica de digestión anaerobia se presenta como una alternativa para el aprovechamiento de este residuo, que permitiría mitigar dichos impactos, además de presentarse como una alternativa viable desde el punto de vista energético.

#### REFERENCIAS

- Angelidaki, I., Alves, M., Bolzonella, D., Borzacconi, L., Campos, J., Guwy, A., Kalyuzhnyi, S., Jenicek, P., & Van Lier, B. (2009). Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. *Water Science & Technology*. 59.5, 927 – 934
- APHA(1992) Standard Methods for the examination of water and wastewater. Washington, D.C, American Public Health Association, Water Pollution Control Federation.
- Asocaña. (2017). Aspectos generales del sector azucarero colombiano 2015 – 2016. 5p.
- Bolado-Rodríguez, S., Toquero, C., Martín-Juárez, J., Travaini, R., García-Encina, P.A., (2016). Effect of thermal, acid, alkaline and alkaline-peroxide pretreatments on the biochemical methane potential and kinetics of the anaerobic digestion of wheat straw and sugarcane bagasse. *Bioresource Technol.* 201, 182–190.
- Capecchi, L., & Wallberg, O. (2015). Combined ethanol and methane production using steam pretreated sugarcane bagasse. *Industrial Crops & Products*, 74, 255–262.
- Carvalho, D. M. de, Queiroz, J. H. de, & Colodette, J. L. (2016). Assessment of alkaline pretreatment for the production of bioethanol from eucalyptus, sugarcane bagasse and sugarcane straw. *Industrial Crops and Products*, 94, 932–941. JOUR. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.069>
- Costa, A. G., Pinheiro, G. C., Pinheiro, F. G. C., Santos, A. B. Dos, Santaella, S. T. Leitão, R. C. (2014). The use of thermochemical pretreatments to improve the anaerobic biodegradability and biochemical methane potential of the sugarcane bagasse. *Chemical engineering journal*, 248, 363–372.
- Fan LT, Gharpuray MM, Lee Y-H. Cellulose hydrolysis. In: *Biotechnology monographs*. Berlin: Springer; 1987. p. 57.
- Fernandes, G.J. Klaasse Bos, G. Zeeman, J.P.M. Sander, J.B Van Lier. (2009). Effects of thermochemical pre-treatment on anaerobic biodegradability and hydrolysis of lignocellulosic biomass. *Bioresour. Technol.* 100, 2575-2579.
- Haskel R. E. I and Case C. T, "Transient signal propagation in lossless isotropic plasmas" (Referencia de un reporte), USAF Cambridge Res. Lab., Cambridge, MA Rep. ARCRL-66-234 (II), 1994, vol. 2.
- IEEE Criteria for Class IE Electric Systems* (Referencia de normas), IEEE Standard 308, 1969.
- Jones, J. (Mayo 10, 1991). *Networks* (2da Ed.) [En Internet, Online]. Disponible en: <http://www.atm.com>. (Referencia de un Journal Online) A. Autor. (año, mes). Título. *Journal* [Tipo de medio]. Volumen (número), número de páginas. Disponible en: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)).
- Letter Symbols for Quantities*, ANSI Standard Y10.5-1968.
- Ministerio de Minas y Energía. (2011). Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia. Bogotá DC.
- Motorola Semiconductor Data Manual*, Motorola Semiconductor Products Inc., Phoenix, AZ, 1989. (Referencia de un libro o monografía en Internet) A. B. Autor. (año, mes, día). Título (edición) [Tipo de medio]. Volumen (número). Disponible en: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)).
- Rabelo, S. C., Carrere, H., Filho, R. M., Costa, A. C. (2011). Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept. *Bioresour. Technol*, 102(17), 7887–7895.

- Reber E. E., Michell R. L, and Carter C. J, "Oxygen absorption in the Earth's atmosphere" Aerospace Corp., Los Angeles, CA, Tech. Rep. TR-0200 (420-46)-3, Nov. 1988.
- Sawatdeenarutat, C., Surendra, K.C., Takara, D., Oechsner, H., Khanal, S.K. (2015). Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: Challenges and opportunities. *Bioresour. Technol.* 178, 178-186
- Sun, J.X, Sun X.F, H.Zhao, Sun R.C, (2004). Isolation and characterization of cellulose from sugarcane bagasse, *Polym. Degrad.Stab.*84, 331-339.
- Tian, H., Duan, N., Lin, C., Li, X., & Zhong, M. (2015). Anaerobic co-digestion of kitchen waste and pig manure with different mixing ratios. *Journal of bioscience and bioengineering*, 120(1), 51-57.
- Transmission Systems for Communications* (Referencia de un manual o Handbook), 3rd ed., Western Electric Co., Winston-Salem, NC, 1985, pp. 44–60.
- Vidmar, R J. (Agosto, 1992). On the use of atmospheric plasmas as electromagnetic reflectors. *IEEE Trans. Plasma Sci.* [Online]. 21(3). pp. 876—880. Disponible en: <http://www.halcyon.com/pub/journals/21ps03-vidmar>.
- Xie S, Frost J.P, Lawlor P.G, Wu G & Zhan X. (2011). Effects of thermo-chemical pretreatment of grass silage on methane production by anaerobic digestion, *Bioresour. Technol.* 102( 9), 8748-8755.

# EFFECTO POSITIVO DEL TRATAMIENTO CON ULTRASONIDOS SOBRE LA EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE RESIDUOS DE MARACUYÁ (*PASSIFLORA EDULIS*).

**Fabher Marcelo Chamorro Jurado, Jhoan Eliseo Suarez Cárdenas, Hugo A. Martínez-Correa.**

## RESUMEN

En el presente estudio se determinó el efecto causado por la aplicación de un pretratamiento en la cantidad de compuestos bioactivos presentes en las semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*). La tecnología estudiada fue ultrasonido y como medio de extracción el sistema Soxhlet. Los compuestos fenólicos se determinaron por medio de Folin-ciocalteu. Los resultados arrojados muestran que la mayor cantidad de fenoles obtenidos fue de  $(33,039 \pm 3,5 \text{ mg AG/g materia seca})$  usando amplitud de 70% durante 5 minutos y extracción con Soxhlet durante 6 horas. Los resultados demuestran que la aplicación de un pretratamiento es eficaz para la extracción de compuestos activos de residuos agroindustriales.

**Palabras Clave — semillas, Fenoles, microondas, Soxhlet.**

## INTRODUCCION

La maracuyá pertenece a la familia de *Passifloraceae* está compuesta por más de 500 especies dispuestas en 18 géneros, entre las cuales el género *Passiflora* se destaca no sólo por el número de especies que lo componen, sino también por su importancia económica (Lima, et al, 2015)

Los fenoles están asociados con efectos beneficiosos y también en condiciones tales como la enfermedad cardiovascular, la diabetes, la obesidad, y trastornos de la piel, entre otros (Tomás-Barberán, 2008). Son considerados como nutraceuticos,

ya que poseen actividades que evitan el efecto apoptosis de las células y actividad antioxidante (Durand, et al, 2010)

Las frutas y hortalizas son fuentes de antioxidantes que se pueden utilizar para la preservación del valor nutritivo previniendo el deterioro oxidativo de lípidos y para propósitos medicinales. La mayor parte de la capacidad antioxidante de los vegetales es debida a los fenoles que poseen características biológicas extensas y, particularmente a su propiedad natural de capturar radicales libres (Martínez, 2007). El maracuyá es una fuente rica en antioxidantes, este fruto presenta un importante contenido; de fenoles, flavonoides totales y propiedades antioxidantes y antibacterianas (López, 2015).

La extracción de fenoles se ha realizado con muchos tipos de solventes, pero generalmente los más usados han sido metanol, etanol y hexano. Generalmente se encamina a extraer la máxima cantidad de fenoles utilizando metanol o acetona, pero los estudios de extracción para el uso agroalimentario recomienda etanol (Turkmen, et al, 2006). Recientemente se han estudiado nuevas técnicas de extracción entre ellas; el microondas, la irradiación, el ultrasonido y el ultraturax. (Aliakbarian, Casazza, Montoya & Convert, 2010).

El objetivo de este estudio es evaluar el rendimiento de los compuestos fenólicos presentes en el extracto obtenido de la harina de semillas del maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*), y la influencia del pretratamiento en la extracción.

## METODOLOGIA

**Materia prima:** La materia prima utilizada en el presente estudio fue maracuyá (*Passiflora edulis*) de la variedad flavicarpa que fue adquirido en el municipio de Palmira (Colombia) y se almacenó a 4 °C hasta su procesamiento. Los frutos fueron lavados y desinfectados por inmersión en una disolución de hipoclorito de sodio en agua potable (50 ppm) durante 10 minutos para su posterior despulpado, recuperación y procesamiento de la semilla.



Fig. 1. Frutos de maracuyá.  
Fuente: autores

**Pretratamiento:** Se dispusieron 13,33 de gramos de harina de semilla de maracuyá en un dedal con 10 mL de agua destilada, para las condiciones del tratamiento se trabajaron amplitudes del 20% y 70% y tiempos de 1min y 5min en usando un sonicador 20 KHz (Branson ultrasonics 450, USA). Cada uno de los tratamientos se realizó por triplicado.

**Extracción solido-liquido:** La harina de semilla de maracuyá se somete a extracción con etanol (50%, v/v), en un equipo de extracción Soxhlet triple, para el enfriamiento se utilizó un sistema de recirculación de agua a 8°C. La relación harina/solvente fue 1:15. Posteriormente el sustrato de las muestras tratadas se concentró utilizando un rotoevaporador IKA RV 8 a vacío durante 5 horas a 63°C y liofilizado (FreeZone. 6 Plus) durante 24

horas, con una presión de 0,120 mbar a -80°C.

**Determinación de la concentración de compuestos fenólicos:** El contenido total de polifenoles se cuantificó utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu, de acuerdo con el procedimiento de Singleton et al. 1999. 1 ml de extracto diluido se transfirió a un matraz aforado de 25 ml que contenía 9 ml de agua destilada. Se añadió el reactivo de Folin-Ciocalteu (1 ml) y se mezcló. Después de 5 min, se añadieron 10 ml de carbonato de sodio (7%) y el volumen se completó con agua destilada, se dejó reposar durante 90 minutos a 23°C en la oscuridad, la absorbancia se midió a 750 nm en un espectrofotómetro (Genesys 10S UV-Vis) y el resultado se calculó usando una curva de calibración de ácido gálico pre-preparada (0 - 100 mg / l). El blanco se preparó usando el mismo procedimiento con 1 ml de etanol en lugar del extracto de 1 ml. Las determinaciones de los extractos y de la curva de calibración se realizaron con tres repeticiones y los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico (mg AG / g de materia seca).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Para la recuperación de los diversos compuestos de interés presentes en las materias primas, la aplicación de un pretratamiento es un factor que influye notablemente en su rendimiento.

Tabla 1. Efecto del pretratamiento en la concentración de fenoles por gramo de materia seca.

| Tiempo (min) | Amplitud (%) | fenoles (mg AG/g ms) |
|--------------|--------------|----------------------|
| -            | -            | 10,031±1,1           |
| 1            | 20           | 10,292±4,8           |
| 1            | 70           | 11,615±1,8           |
| 5            | 20           | 15,912±3,5           |
| 5            | 70           | 33,039±3,5           |

En la tabla 1 se muestran los valores obtenidos con la aplicación de ultrasonido como pretratamiento. La Fig. 2 muestra de manera más clara que bajo estas condiciones el pretratamiento aumento notable el rendimiento de extracción de los compuestos fenólicos en comparación con el control. Siendo el más alto el

obtenido con la aplicación de una amplitud de 70% durante 5 minutos, obteniéndose un aumento del 3.29 veces (329 %) en el contenido de fenoles totales en los extractos. Según Baik O.D. et al. 2012 [8], el aumento en la potencia en el ultrasonido incrementa el volumen de poro.

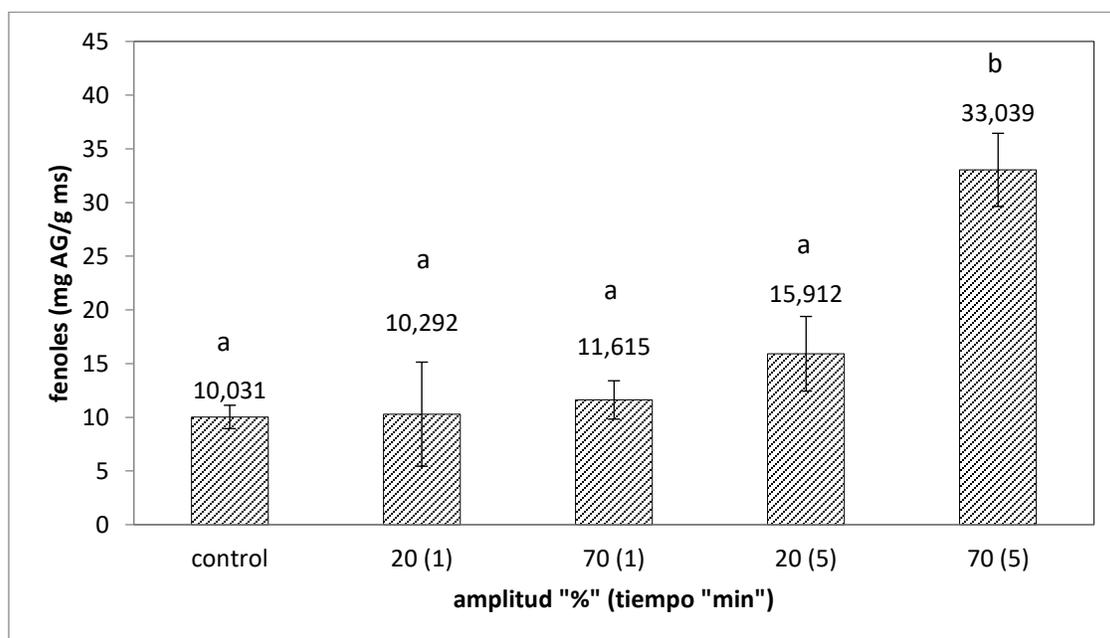


Fig. 2. Influencia del pretratamiento de ultrasonido en la obtención de compuestos fenólicos.

Una mayor superficie y volumen de poro acelerara la liberación de compuestos fenólicos contenidos dentro del cuerpo de la semilla, debido a la disrupción de la pared celular y al fácil acceso del disolvente. Sin embargo una alta potencia durante un tiempo prolongado puede producir daño irreversible en dichos compuestos, esto como consecuencia al calor generado durante el proceso de sonicación y de la alta energía del ultrasonido suministrada a la muestra.

## CONCLUSIONES

El pretratamiento con la tecnología del ultrasonidos se muestra ser una alternativa interesante en mejora del proceso de extracción de fenoles, es un técnica rápida debido a la alta superficie de contacto entre la fase sólida y líquida. La cavitación acústica intensifica la transferencia de masa y mejora el efecto de penetración del disolvente en el tejido vegetal, es por ello que se obtiene rendimientos altos de extracción en comparación al método tradicional.

## AGRADECIMIENTOS

División de investigación y extensión – DIEPAL, Coordinación de investigación y extensión facultad de Ingeniería y administración por el apoyo financiero con el proyecto Hermes 35785

## REFERENCIAS

- Aliakbarian , B . , Casazza , AA., Montoya., EJO Convert, A. (2010). "Antioxidants from winemaking wastes: A study on extraction parameters using response surface methodology." *Journal of Food Biochemistry* 36(1): 28-37.
- Baik, O. D., Zhang, C., Meda, V., & Tyler, R. (2012). Efficient Extraction of Phenolic Compounds from Wheat Distiller's Dried Grain; Ultrasound Pretreatment and Dielectric Studies (Doctoral dissertation).
- Durand T , Bultel-Poncé V , Guy A , El Fangour S , Rossi JC , Galano JM (2010) Isoprostanes and phytoprostanes: Bioactive lipids. *PudMed.gov*. Epub 2010 Jun 2. [Biochimie](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20594988/). 2011 Jan; 93(1):52-60. doi: 10.1016/j.biochi.2010.05.014. [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20594988](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20594988/)
- Ganesapillai, M., Mathew, M., Singh, A., & Simha, P. (2016). Influence of microwave and ultrasound pretreatment on solvent extraction of bio-components from walnut (*Juglans regia* L.) shells. *Periodica Polytechnica. Chemical Engineering*, 60(1), 40
- Lima Mdos. S., da Conceição Prudêncio., Dutra M., Toaldo IM., Corrêa LC., Pereira GE, de Oliveira D. Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced in industrial scale by different processes of maceration. *PudMed.gov*. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.04.014. Epub 2015 Apr 11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26041208>
- López. A., (2015). diseño y evaluación preliminar de una mezcla óptima a base de extractos de maracuyá (*passiflora edulis*) con moringa (*moringa oleifera*) para la obtención de una bebida funcional. Trabajo de Titulación. Universidad Técnica de Machala. Machala El Oro Ecuador
- Martínez. J. (2007). evaluación de la actividad antioxidante de extractos orgánicos de semillas de *heliocarpus terebinthinaceus*". Tesis doctoral. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapán De León, Oaxaca
- Tomás-Barberán FA., Gil M I. (2008). Improving the Health-Promoting Properties of Fruit and Vegetable. 1st Edition. Woodhead Publishing. 23rd April 2008. <https://www.elsevier.com/books/improving-the-health-promoting-properties-of-fruit-and-vegetable-products/tomas-barberan/978-1-84569-184-4>
- Turkmen, N, et al (2006). Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin–Ciocalteu methods, *Food Chemistry* 99 (2006) 835–841.



# ELABORACIÓN DE MOBILIARIO A PARTIR DE ESTIBAS DE MADERA, PARA EL CENTRO CULTURAL COMUNITARIO DE LA BARRA - BUENAVENTURA

Viviana Arango Duque, Robert Armando Vivas Londoño, Julián David Henao Rocha y Luis Octavio González Salcedo

## RESUMEN

Como una continuación de proyectos de extensión solidaria, realizados en La Barra – Buenaventura, conducentes a la construcción de un Centro Cultural Comunitario, se ha procedido a la consolidación del mismo. Éste denominado para la comunidad como “Mi Centro Cultural”, se ha enfocado en el empoderamiento del espacio. Para tal fin, una serie de actividades de co-participación se han propuesto entre ellas proveer mobiliario. A partir de estibas de madera, la comunidad se ha capacitado en talleres de creación, con el fin de elaborar mobiliario para el Centro Cultural. Diversos elementos se han desarrollado, complementados con otras actividades de enlucimiento.

**Palabras Clave** – Aprovechamiento de materiales, co-creación, co-participación, estibas de madera, extensión solidaria, taller de capacitación.

## I. INTRODUCCIÓN

Producto de trabajos previos desarrollados (Fúquene-Giraldo, 2015; González-Salcedo, 2016) durante el año 2015, se construyó un Centro Cultural Comunitario, con la participación de los pobladores de la Comunidad Negra de La Barra – Municipio de Buenaventura (Fig. 1). Su finalidad, fue la de fortalecer desde los valores culturales la apropiación del nuevo territorio, con un espacio cultural. Con éste, se preveía que el impacto sería muy alto al ser construido mediante actividades colaborativas y participativas y ser la primera edificación de uso común.



Fig. 1. Centro Cultural Comunitario, construido en el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de La Barra, Corregimiento No. 3, Municipio de Buenaventura.

Sin embargo, debido al proceso lento de reubicación de las familias, la falta de dotación y equipos, la falta de conocimientos sobre programaciones culturales y lúdicas, han generado desinterés por parte de la comunidad para el buen uso y aprovechamiento potencial del espacio cultural.

Este proyecto, denominado para la comunidad como “Mi Centro Cultural”, tiene por objetivo darle continuidad al esfuerzo compartido que se origina desde el año 2014, y cristalizado en el año 2015, con el Centro Cultural Comunitario. Se busca entonces, contribuir al fortalecimiento de los valores de identidad, fotografía, espacios de aprendizaje y música, logrados con anterioridad.

La nueva propuesta basada en el desarrollo de un plan pedagógico de apropiación del Centro Cultural Comunitario, en el cual se promueven una serie de actividades como conferencias sobre empoderamiento, gestión y sostenibilidad, creación de una marca región, y adecuación física del espacio. En este trabajo, para una de las actividades mencionadas en el plan pedagógico, se presenta el desarrollo del mobiliario elaborado por la

Julián David Henao Rocha: [judhenaoro@unal.edu.co](mailto:judhenaoro@unal.edu.co), Diseñador Industrial, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Colectivo TOTUMA.

Luis Octavio González Salcedo: [logonzalezsa@unal.edu.co](mailto:logonzalezsa@unal.edu.co), Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

Viviana Arango Duque: [varangod@unal.edu.co](mailto:varangod@unal.edu.co), Diseñador Industrial, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Colectivo TOTUMA.

Robert Armando Vivas Londoño: [ravivasl@unal.edu.co](mailto:ravivasl@unal.edu.co), Diseñador Industrial, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Colectivo TOTUMA.

comunidad, a partir de estibas de madera, con lo cual se busca una adecuación funcional a bajo costo.

## II. METODOLOGÍA

### A. Ubicación del Proyecto

El proyecto se ubica en el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de La Barra, corregimiento No. 3 del Municipio de Buenaventura (Fig. 2). La población participante y beneficiaria está conformada por las mismas familias que estuvieron vinculadas a los proyectos anteriores.



Fig. 2. Ubicación del Proyecto.

### B. Materiales

Como materia prima para la elaboración de mobiliario, se usan estibas de madera fabricadas en el Municipio de Buenaventura, y llevadas al sitio del proyecto, usando transporte marítimo. Se seleccionó este material en razón a su bajo costo, facilidad de movilizar y apilar, y por presentar mejores condiciones de calidad con respecto a retales de madera residual, previstos previamente.

### C. Métodos

La participación de la comunidad, para la creación del mobiliario, se realiza mediante talleres bajo la metodología de procesos de diseño centrado en las personas, usando fases de Escuchar - Crear - Entregar, descritas en IDEO 2009 [3]. Una vez definidos los modelos de mobiliario se procede a la capacitación sobre fabricación, preservación y enlucimiento (Fig. 3). Se aprovecha la materia prima del mobiliario, para hacer enlucimientos y reparaciones locativas requeridas (Fig. 4).

## III. RESULTADOS

Usando estibas de madera, y con la participación de la comunidad, se elaboran juegos de mobiliario

para el Centro Cultural Comunitario, de la Comunidad Negra de La Barra, en el Municipio de Buenaventura. El mobiliario consistió en elementos para ser usados como mesas y asientos, en diferentes tamaños y para diferentes usos (Fig. 5). La comunidad participó en el proceso de fabricación, a partir de directrices trazadas en respectivos talleres de capacitación



Fig. 3. Práctica de elaboración de mobiliario, usando estibas de madera.



Fig. 4. Aprovechamiento de la materia prima, para hacer elementos adicionales como cerramientos, accesos, y enlucimientos y reparaciones locativas.



Fig. 5. Mobiliario elaborado a partir de estibas de madera, con participación de la comunidad.

La materia prima utilizada, permitió hacer actividades complementarias como enlucimientos y

reparaciones locativas, como el caso de elaboración de cerramientos, accesos, y reparación de otros elementos en deterioro. La comunidad participó también en estas actividades, las cuales se aprovecharon para establecer elementos de identidad cultural plasmadas en el espacio cultural (Fig. 6).



Fig. 6. Elaboración de elementos de identidad cultural (arriba). La figura muestra en su parte inferior, los elementos terminados, donde se aprecia los elementos de acceso y cerramiento elaborados también con estibas de madera.

#### IV. CONCLUSIONES

Como parte de las actividades incluidas en el proceso de empoderamiento del Centro Cultural Comunitario de la Comunidad Negra de La Barra, para su buen uso y aprovechamiento, se elaboró el respectivo mobiliario. La participación de la comunidad tanto en la capacitación con talleres y su participación en la fabricación, permiten asegurar procesos continuos de inclusión y sostenibilidad del espacio cultural.

La utilización de las estibas de madera, proporcionaron elementos para el espacio cultural, de fácil movilidad, almacenamiento y bajo costo. Los conocimientos adquiridos permitirán que la misma comunidad puedan replicar los elementos elaborados, de acuerdo con las necesidades futuras.

Las actividades realizadas permitieron hacer también enlucimientos y reparaciones locativas, así como la iniciación de actividades de marca propia, los cuales se ha venido definiendo por la misma comunidad (Fig. 7).



Fig. 7. Aspecto general del Centro Cultural Comunitario, una vez se ha terminado el enlucimiento, práctica llevada a la par con la elaboración del mobiliario.

#### REFERENCIAS

- Fúquene-Giraldo, L.C, Arango-Duque, V, Vivas-Londoño, R.A, Henao-Rocha J.D., Astudillo-Galvis, J. F, Díaz-Carrero, V. M y González-Salcedo L. O, "La inclusión social alrededor de un símbolo: La Mochila del Litoral", en FIA INNOVA, 2015.
- González-Salcedo, L. O., Fúquene-Giraldo, L. C, Arango-Duque, V, Vivas-Londoño, R. A J. D. Henao-Rocha, "Construcción de un espacio para Casa Cultural usando materiales nativos y saberes locales en la Costa Pacífica Colombiana", en Encuentro de Ciencia y Tecnología e Innovación para el Desarrollo, 2016.
- IDEO, *Diseño centrado en las personas, Kit de Herramientas*, 2a ed., San Francisco, 2009, pp. 14-80.

# Estudio de amenaza por avenida torrencial en la microcuenca Ramos-Nariño combinando técnicas de teledetección y modelos morfométricos

**Diego Rosero, María Folleco, Viviana Vargas**

## RESUMEN

**El objetivo de la investigación es realizar la zonificación de amenazas de avenidas torrenciales, en la microcuenca Ramos, ubicada en el Departamento de Nariño – Colombia, combinando técnicas de teledetección y modelos morfométricos. Los modelos morfométricos se generan utilizando las herramientas TauDEM v 4.6, Python de ArcGis 10.2 y un DEM SRTM de 30 metros. Se recolecta información en campo como puntos GPS, registro fotográfico, entrevistas no estructuradas y vuelos con DRONE con el fin de ajustar los modelos. Adicionalmente, los ajustes de los modelos se apoyaron de una imagen satelital Landsat 8. Como resultado se obtuvo una aproximación de zonas de afectación por amenaza de avenidas torrenciales. Este estudio podrá ser utilizado como una herramienta de apoyo en la toma de decisiones a la hora de ubicar estructuras de abastecimiento, e incluso en estudios de impacto de la calidad del agua por alto aporte de sedimentos.**

**Palabras Clave—** Avenidas torrenciales, teledetección, Modelo de Elevación Digital, Microcuenca Ramos, Lago Guamuez.

## I. INTRODUCCIÓN

El Decreto 1076 de 2015 en el artículo 2.2.3.3.1.6, describe que uno de los aspectos mínimos para el ordenamiento del recurso hídrico, está en la estimación del riesgo por oferta y disponibilidad hídrica, por lo tanto desde la parte técnica que constituye el ordenamiento de un cuerpo de agua, el riesgo se convierte en un eje transversal de evaluación de los diferentes procesos que se diseñan para el desarrollo del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH), puesto que apuntan al desarrollo ambiental sostenible del

recurso agua en pro de la calidad y la cantidad CORMACARENA, y MinAmbiente. (2014) .

En esta investigación se pretende adelantar estudios referentes a la identificación y zonificación de avenidas torrenciales, con el fin de establecer una iniciativa para futuros estudios de afectación (riesgo) de la disponibilidad hídrica relacionada con el posible daño de infraestructura, tanto de abastecimiento como de procesos de tratamiento de aguas residuales, y el aporte de altas concentraciones de sedimentos en los cuerpos de agua.

Actualmente la construcción de mapas de inundación elaborados mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), imágenes de radar y teledetección, han sido un aspecto crucial en el desarrollo de la gestión y evaluación de riesgos (Goudie,2006)

Entre las herramientas más utilizadas a nivel mundial se encuentran los indicadores morfométricos SIG derivables fácilmente de mapas básicos de topografía (Goudie,2006). Si bien, su capacidad predictiva esperada es inferior a la proporcionada por modelos más sofisticados basados en procesos físicos, exigen un requerimiento de datos mucho menor y menos limitado. Esto los hace particularmente útiles en zonas de estudio con información limitada y donde su adquisición es de poca o nula viabilidad (Goudie,2006)

Por tanto, el objetivo de este estudio es realizar la zonificación de amenazas de avenidas torrenciales combinando técnicas de teledetección con modelos morfométricos, en la microcuenca Ramos. Por otro lado, esta investigación se realizó como parte de los actuales procesos de ordenación de los afluentes del Lago Guamuez.

Diego Rosero: [dfrosero@unal.edu.co](mailto:dfrosero@unal.edu.co) estudiante de Maestría en Ingeniería – Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia.

María Folleco: [mariafernandafv@gmail.com](mailto:mariafernandafv@gmail.com) Profesional Universitario Subdirección de Conocimiento y Evaluación Ambiental, Corporación Autónoma Regional de Nariño.

Viviana Vargas: [yvargasf@unal.edu.co](mailto:yvargasf@unal.edu.co), Profesora, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Colombia.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Avenida torrencial

Las avenidas torrenciales son fenómenos naturales que aunque tienen una ocurrencia relativamente baja, por su gran potencial destructivo, son de particular interés para evaluar los riesgos naturales a los que se encuentra sometida una determinada cuenca (Marchi & Dalla, 2005). En términos sencillos una avenida torrencial es el flujo o transporte de árboles y/o abundantes sedimentos desde finos hasta bloques de rocas que pueden ser generados por lluvias, ruptura de represamientos o por abundantes deslizamientos sobre una cuenca (González, Chavez & Hermelin 2005).

### B. Índice Topográfico de Humedad (ITH)

Este índice está relacionado con la humedad edáfica y refleja la tendencia del suelo a la generación de escorrentía, debido a que los perfiles con mayor humedad son más proclives a saturarse, por lo que la precipitación caída sobre ellos puede convertirse mucho más fácilmente en escorrentía [6]. Así, cuando más elevado es el valor de este índice, mayor humedad debe presentar la celda en función de su configuración topográfica, la cual es extraída de un Modelo de Elevación Digital (MED) [6]. El ITH se representa con la Ecuación (1).

$$ITH = \ln \left( \frac{af}{\tan \beta} \right) \quad (1)$$

Donde “*af*” es el área local drenada para un punto de cálculo y “*tang β*” es la pendiente direccional de la celda de interés.

### C. Índice Distribuido del Número de Rugosidad de Melton (DNRM).

Este índice es una adaptación distribuida del Número de Rugosidad de Melton y ofrece un retrato general de la distribución de robustez topográfico en la cuenca y contribuye a la identificación de áreas de deposición posibles a lo largo de canal principal [3]. El DNRM se representa con la Ecuación (2).

$$DNRN = \left( \frac{H_{ave} - H_c}{A^{0.5}} \right) \quad (2)$$

Donde “*H<sub>ave</sub>*” es la altura media de todas las celdas ascendentes sobre las demás, “*H<sub>c</sub>*” es la altura de la

celda considerada en el MED y “*A<sup>0,5</sup>*” es el área de drenaje de la Cuenca.

## III. METODOLOGÍA

### A. Zona de estudio

El estudio se realizó en la microcuenca Ramos afluente del lago Guamuez (Humedal Ramsar), la cual se encuentra ubicada en el municipio de Pasto-Nariño. La microcuenca Ramos tiene un área de 608 hectáreas, una longitud de 4.5 km<sup>2</sup> y una diferencia de elevación de 700 metros aproximadamente.

Las principales actividades económicas son la pesca y la extracción de carbón de madera. El carboneo no solo genera problemas sociales sino que también ambientales, entre los que se encuentra la deforestación de laderas. La alta humedad de la región, junto con las condiciones topográficas y las actividades de deforestación favorecen la ocurrencia de avenidas torrenciales en la zona.

### B. Zonificación de amenaza de avenida torrencial

La zonificación de amenazas de avenidas torrenciales se realizó a partir de la aplicación de dos índices morfométricos SIG, los cuales se generaron a partir de las metodologías propuestas por Montoya & Silva (2009); Roa-Lobo & Kamp . (2012) quienes recomiendan utilizar como insumo un MED SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) de 30 metros y el conjunto de herramienta TauDEM v. 4.6. (*Terrain Analysis Using Digital Elevación Models*) y proponen clasificaciones de las zonas. Por otra parte se utiliza Python de ArcGis v. 10.2 para sistematizar las ecuaciones de cada índice.

El primer índice denominado DMRN, es generado con el fin de identificar las zonas con diferentes niveles de aporte de sedimentos (detritos). El segundo índice es el ITH el cual, de acuerdo a Montoya,(2009) se aplica para localizar zonas donde se depositan detritos o sedimentos rocosos. Debido a la complejidad en la modelación que presenta este tipo de amenazas, como lo reporta González, et al, (2005). El alcance va encaminado a la zonificación de aportes de detritos (Tabla 1) y a la deposición de detritos (Tabla 2). Adicionalmente se utilizan imágenes satelitales Landsat para identificar deslizamientos y machas de detritos y con esto ajustar los modelos como se muestra en el esquema

metodológico (Fig. 1).

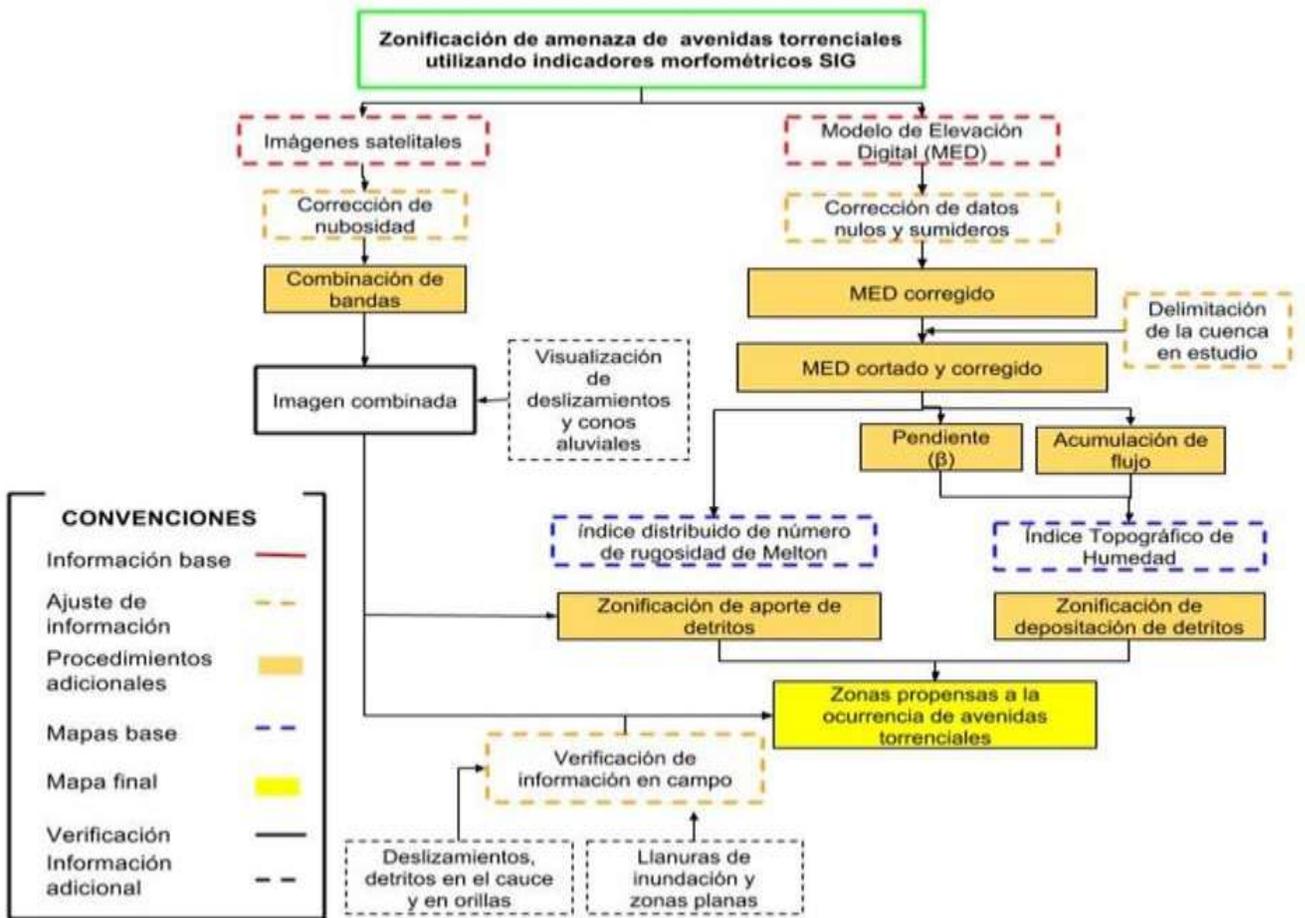


Fig. 1. Esquema metodológico.

Tabla 1. Zonificación aporte de detritos.

| Zonificación | Concepto   |
|--------------|--|
| Alto         | Zona susceptible a un alto aporte de detritos          |
| Moderado     | Zona moderadamente susceptible al aporte de detritos   |
| Bajo         | Zona con baja susceptibilidad de aportar detritos      |
| Muy bajo     | Zonas con muy baja susceptibilidad de aportar detritos |

Tabla 2. Zonificación deposición de detritos.

| Zonificación | Concepto                                |
|--------------|---|
| Alto         | Zona de deposición alta de detritos     |
| Moderado     | Zona de deposición moderada de detritos |
| Bajo         | Zona de deposición baja de detritos     |
| Nulo         | No hay deposición                       |

#### IV. RESULTADOS

##### A. Información base para ajuste de modelos.

Entre la información necesaria para el ajuste de los índices morfométricos se realizaron recorridos de campo en los cuales se evidenció los resultados de un evento reciente, aproximadamente en el año 2016 Fig. 2.



Fig. 2. Foto tomada en campo microcuenca Ramos.

Adicionalmente al recorrido de campo se utilizó una imagen Landsat 8 composición 564 (Fig. 3) en la cual se evidencia la dispersión espacial del evento más reciente.

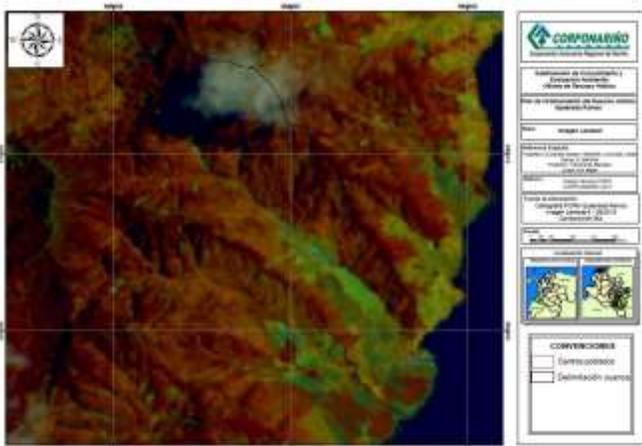


Fig. 3. Imagen Landsat 8 composición 564 – 08/2016.

### B. Zonificación de amenaza de avenida torrencial

Los resultados de la zonificación se presentan en la Fig (4).

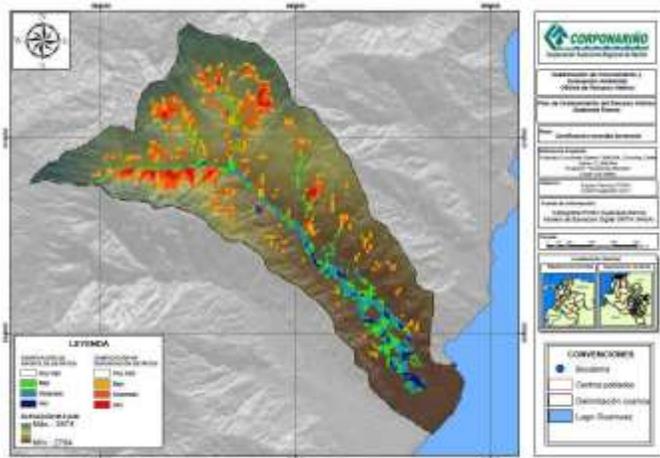


Fig. 4. Mapa de zonificación de avenidas torrenciales.

Las zonas con nivel alto de aporte de detritos representan las áreas en las cuales la susceptibilidad de pérdida de suelo en función de su pendiente y su área es elevada, y que son más susceptibles en la presencia de un evento

hidrometeorológico y sísmico. En términos simples, representa un alto aporte de detritos o sedimentos (Goudie,2006; González, et al 2005). Las zonas con niveles moderados representan zonas frágiles al aporte de detritos. Los niveles bajos representan las zonas con niveles bajos de fragilidad de aportar material de arrastre. En cuanto a las zonas muy bajas representan un aporte mínimo por lavado o nulo.

Las zonas con niveles altos de deposición de detritos representan las áreas que por su morfología favorecen la deposición concentrada de material de arrastre o detritos. En cuanto a las zonas de niveles moderados representan las áreas potencialmente inundables en las que la deposición de sedimentos es difusa.

### C. Áreas de interés

Se especificaron dos áreas de interés teniendo en cuenta la ubicación de estructuras hidráulicas como bocatomas, tanque de almacenamiento y centros poblados (Fig. 5).

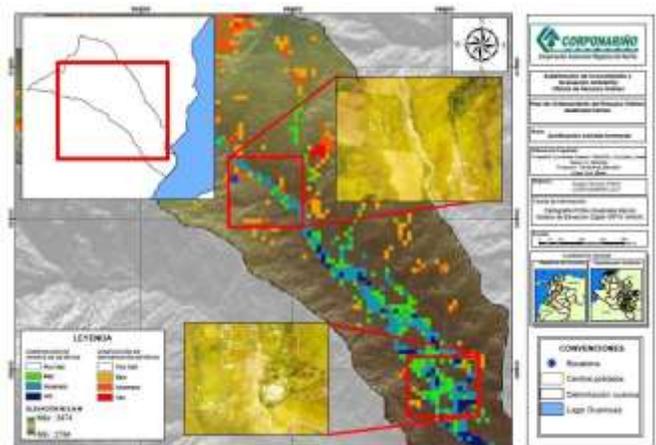


Fig. 5. Áreas de interés

La bocatoma, como se evidencia en la cartografía y en el recorrido de campo no es afectada por los eventos de avenidas torrenciales. En cuanto a la población ubicada en la parte baja de la cuenca es afectada especialmente por flujos de lodos y detritos como se identificó en recorrido de campo y los resultados del modelo.

## V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a través de la aplicación de los índices morfométricos SIG se ajustan a lo

evidenciado en campo y la zonificación se distribuye en función de su topografía. Adicionalmente, la baja necesidad de insumos y la facilidad de aplicación, hace que esta metodología sea económicamente viables y genere resultados confiables.

Los resultados generados pueden ayudar no solo en la ubicación de estructuras hidráulicas para abastecimiento sino que también en la ubicación de estructuras de tratamiento de aguas residuales.

Por otra parte, el estudio puede ser utilizado en la evaluación de impactos en la calidad del agua puesto que una avenida torrencial genera un alto aporte de sedimentos en el cauce principal y en el Lago Guamuez.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Corporación Autónoma Regional de Nariño por la prestación de insumos y equipo técnico.

A los ingenieros Johana Cabrera y Rober Silva por su apoyo en el recorrido de campo y registro fotográfico.

#### REFERENCIAS

- CORMACARENA, y MinAmbiente. (2014) Drover, D. R., Jackson, C. R., Bitew, M., y Du, E. (2015). Effects of DEM scale on the spatial distribution of the TOPMODEL topographic wetness index and its correlations to watershed characteristics. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 12(11), 11817–11846. <http://doi.org/10.5194/hessd-12-11817-2015>
- González, J. L., Chavez, O. A., y Hermelin, H. (2005). Aspectos geomorfológicos de la avenida torrencial del 31 de enero de 1994 en la cuenca del río Fraile y sus fenómenos asociados. *Cuadernos de Investigación - Universidad EAFIT*, 135.
- Goudie, A. S. (2006). Formulación y Ordenamiento del Recurso Hídrico Río Chichimene. Villavicencio, Colombia: CORMACARENA.
- Goudie, A. S. (2006). Global warming and fluvial geomorphology. *Geomorphology*, 79(3-4), 384–394. <http://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.023>
- Marchi, L., y Dalla, G. (2005). GIS morphometric indicators for the analysis of sediment dynamics in mountain basins. *Environmental Geology*, 48(2), 218–228. <http://doi.org/10.1007/s00254-005-1292-4>

Montoya, L., Silva, S., y Juan, G. (2009). Evaluation of hazard zones by torrent flow using qualitative methodologies. Application to the case of Doña Maria Basin. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(30), 11–29.

Roa-Lobo, J., y Kamp, U. (2012). Use of the topographic wetness index (TWI) for the diagnosis of the river overflow threat, Trujillo State-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 53 (1), 109–126. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

# IDENTIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE ECOSISTEMAS DE EMPRENDIMIENTO COMO MECANISMOS PARA LA GENERACIÓN DE EMPRENDIMIENTOS SOSTENIBLES

**Primer Autor:** Alexandra Eugenia Arellano Guerrero  
**Segundo Autor:** Diego Armando Galvis Serna

revolucionarias llamados emprendedores (Mike Herrington and Penny Kew, 2016)

## RESUMEN

**El presente estudio aborda la dimensión conceptual de emprendimiento y su relación hacia un enfoque sostenible, cuya condición debe estar soportado por el apoyo y acompañamiento de actores estratégicos. Usando una metodología cualitativa este trabajo se propone el estudio y modelo de los Ecosistemas de emprendimiento como un medio para brindar un apoyo y acompañamiento a los emprendimientos y hacer que estos sean sostenibles. Como resultado final, se obtuvo la integración de un modelo de ecosistema con base en el aporte de diversos actores.**

**Palabras Clave** – Emprendimiento, sostenible, Ecosistema de Emprendimiento.

## I. INTRODUCCIÓN

El estudio semántico y la integración de la praxis del emprendimiento ha sido un proceso diverso que ha cobrado mucho interés en los últimos años. El tema del emprendimiento se ha transformado a tal punto que su aplicación y gestión ahora se ha convertido en una pieza clave para el desarrollo de las naciones, especialmente en la búsqueda de generación de oportunidades para la sociedad (Hisrich & Candida Brush, 2008). Es precisamente ese interés de obtener del emprendimiento la capacidad de generar prosperidad y desarrollo, a través de la generación de ideas negocios para transferirlas en empresas sostenibles y rentables, lo que ha venido preocupando a las naciones, tanto así, que se han generado modelos, esquemas, estructuras, tales como Ecosistemas de Emprendimiento o Redes de Emprendimiento, en los cuales se integren los esfuerzos necesarios para hacer del emprendimiento un campo de gestión para apoyar a las personas con ideas

## II. PROBLEMA

El principal interés sobre el cual se ha centrado tanto esfuerzo para el estudio y abordaje del emprendimiento es buscar estrategias y unir esfuerzos para apoyar las ideas o emprendimientos que día a día las personas van desarrollando, con el fin de hacer que dichos emprendimientos sean sostenibles y no se queden simplemente en ideas de negocios vagas, poco estructurados y que terminan formando parte del gran número de proyectos en declinación, pues solo el 10% de los emprendimientos en un país, son exitosos y rentables y por tanto sostenibles (Buelvas et al., 2016; Escandón Barbosa et al., 2016; Valle Chirinos Araque & Pérez Peralta, 2016) . Así, la gestión del emprendimiento se convierte en un mecanismo para hacer de las ideas emprendedoras en negocios con una visión de crecimiento y desarrollo que perdure a través de los tiempos, y para ello, se requiere de mucho esfuerzo y del apoyo de agentes estratégicos que contribuyan a hacer de dicha gestión la forma de generar emprendimientos sostenibles.

Es por ello que el interés de este trabajo se centra en exponer la identificación e integración de uno de esos modelos sobre los cuales se ha integrado el emprendimiento, los mencionados Ecosistemas de Emprendimiento, lo cuales se ha convertido en una pieza clave para la gestión del mismo en los diversos países del mundo que le han apostado a este tema como una forma de desarrollo para las naciones. Adicionalmente, se desea ofrecer un análisis sobre cómo estas iniciativas son tan importantes como para poder apoyar las ideas emprendedoras y transformarlas en emprendimientos sostenibles, pues gracias al soporte de este tipo de modelos o “integraciones”

los proyectos de emprendimiento tienden a ser más rentables y exitosos (Rodríguez Moreno, 2016)

### III. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se implementó un enfoque de investigación cualitativo dado que permitió comprender y explorar desde un ambiente descriptivo la relación de un tema en especial, que para este caso fue el emprendimiento. Gracias a este tipo de investigación permitió identificar algunas opiniones, descripciones y perspectivas enmarcados en un estudio y análisis que atribuye una dimensión que debe ser más representativa (Hernández, Fernández & Collado, 2014). Lo que se buscó fue explorar el concepto y dimensiones tanto semánticas como pragmáticas del emprendimiento tratando de identificar aquellos elementos que se han diversificado e integrado a este término. Para realizar una investigación un poco más descriptiva de este término, se utilizó un estudio **exploratorio**, dado que se tomaron investigaciones, trabajo y estudios mayores para generar un análisis (Hundley, 2001, citado por (Muñoz Aguirre, 2011) que validara cuestiones acerca del emprendimiento y su relación con los Ecosistemas Emprendedores, encontrándose una apreciación más integral sobre el concepto y las implicaciones desde el punto de vista de la gestión para el apoyo y el desarrollo.

Para ello, se realizó un rastreo bibliográfico de autores que abordaran el emprendimiento desde un enfoque más integrado y en donde se hallara la relación con la analogía de ecosistema. Luego, al validar qué autores y fuentes tenían la información requerida, y llegar a una comprensión de los términos relacionados se implementó un método **deductivo** donde partiendo de lo general para llegar a algo específico, se abordó una idea que se haya expuesto universalmente, para luego ser comparada o discriminada poco a poco y llegar así a una relación particular, (Dávila Newman, 2006), que en este caso, se encontró que la función e importancia de los Ecosistemas de Emprendimiento era aportar una gestión compartida para potenciar a los emprendimientos y hacerlos más sostenibles.

De allí, se decidió analizar este concepto, encontrándose que el término emprendimiento sostenible es un elemento que hasta ahora se viene estudiando y que es a lo que actualmente se apunta para generar negocios más prósperos, de ahí de encontrar la relación e importancia entre estos dos términos.

Para recolectar la información se hizo necesario el abordaje de fuentes primarias, las cuales permiten obtener datos desde documentos, libros, reportes con información idónea sin ser transferida y tratada por primera vez, y porque dichas fuentes son las únicas que cuentan con el material y contenido requerido para llevar a cabo el trabajo (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). En el trabajo, se tuvo que acudir a los diferentes reportes de investigación en emprendimiento generado por las principales organizaciones dedicadas a esta labor, como es el caso del Monitor Global de Emprendimiento (GEM por sus siglas en inglés) y por el Instituto Global para el Emprendimiento y el Desarrollo (GEDI por sus siglas en inglés), las cuales permiten obtener información idónea y de primera fuente para poder identificar los indicadores y elementos que componen a un Ecosistema de Emprendimiento. También se indagaron fuentes y autores que ha desarrollado sus trabajos con base en el desarrollo de ecosistemas como propuestas de diseño desde la universidad y la empresa privada.

También se tomaron fuentes secundarias, principalmente de artículos donde la información ha sido tratada y transferida en otros modelos de lenguaje y descripción para identificar un tema en específico (Hernández, Fernández & Baptista, 2014) y en este caso, tanto el concepto de emprendimiento como algunas de sus variables tuvieron que ser construidas a partir de aportes de diversos autores que ya han estudiado el tema, como también de instituciones que día a día vienen trabajando sobre la dimensión semántica del emprendimiento articulado a un enfoque sostenible y su relación en la integración con los ecosistemas. Finalmente, una vez se analizó la información más relevante, se pasó a identificar los diversos modelos que se atañen a la idea de concepto de ecosistema de emprendimiento. Se referenciaron algunos autores que apuntaban hacia un mismo modelo en términos de estructura, pilares y componentes con el fin de diseñar un solo modelo integrado. Para ello, se tomaron alrededor de 5 tipos de ecosistemas ya abordados y propuestos por algunos autores. Por último, se hizo una relación directa de cómo dichos ecosistemas respondían a la necesidad de transferir y generar emprendimientos sostenibles.

### IV. RESULTADOS

La esencia de este trabajo se centra en el concepto de emprendimiento, un elemento en cuya semántica se entrelazan diversas implicaciones más allá de un simple significado. Son muchos las definiciones que

se atribuyen al emprendimiento, dependiendo del campo de aplicación. Para este trabajo, se abordó el emprendimiento como un proceso integral por el cual se identifican oportunidades en el entorno para satisfacer las necesidades de la comunidad a través de la generación de productos o servicios con un valor altamente significativo en un mercado nuevo o ya establecido, invirtiendo esfuerzo y tiempo así como asumir riesgos financieros, sociales y psicológicos, generando un desarrollo social y económico capaz de transformar las condiciones de vida de la personas (Duarte & Tibana, 2009; Hisrich & Candida Brush, 2008; Orrego, 2008; Tutar, Nart, & Bingöl, 2015).

Es necesario que sobre esta idea de emprendimiento se deban crear mecanismos para la generación de modelos o redes que unan esfuerzos para apoyar, potenciar y gestionar las ideas emprendedoras de las personas, pues en su mayoría, los emprendedores desarrollan iniciativas casi sin una base fortalecida, bien desarrollada, pues para transferirla en un negocio rentable deben contar con recursos estratégicos y financieros, recursos con los que no cuentan para llevar a cabo el desarrollo de su emprendimiento (Duarte & Tibana, 2009; Mason, Colin; Brown, 2014; Mike Herrington and Penny Kew, 2016) y hacer que este sea sostenible. Ahora bien, un emprendimiento sostenible se caracteriza por ser una forma de generación de ideas emprendedoras de negocios aprovechando las oportunidades del entorno, en donde se integran no sólo aspectos económicos sino también sociales, como fortalecimiento del capital humano, beneficio a las comunidades, responsabilidad social; y ambientales, como generación de productos y servicios ecológicos, eco eficiencia, desarrollo tecnológico sostenible, con un alto valor innovador en el mercado para la generación de producto y servicios, involucrando aspectos estratégicos capaces de generar rentabilidad, crecimiento y desarrollo a lo largo del tiempo (Levinsohn, 2013; Spence, Gherib & Biwde, 2011, citados por Oliveira, Brasil, Correia de Oliveira, Mota, Tassigny, & Silveira, Fontenele, 2013, Correia, Mota & Silvera, 2013; Boszczowski & Teixeira, 2012, citados por (Orsiolli & Nobre, 2016); (Rodríguez Moreno, 2016 (Calánchez & Ayala, 2016)

De esta manera, para hacer que un emprendimiento sea sostenible requiere del esfuerzo de desarrollo colaborativo de agentes expertos capaces de potenciar una simple idea emprendedora en una propuesta de negocio innovadora y revolucionaria

(Levinsohn, 2013) y para ello, es que en este trabajo se expone el modelo de Ecosistema de Emprendimiento entiendo este como la agrupación de actores estratégicos como grupos de empresas interconectadas, organizaciones empresariales con capacidad de inversión, instituciones de apoyo como universidades, entidades públicas, entidades financieras, procesos operativos como transferencia de I+D, procesos empresariales para la apertura de mercados, entre otros, que formalmente e informalmente se unen para **conectar, mediar y gobernar** el desempeño dentro del entorno empresarial local, atribuidos a un enfoque emprendedor (Escandón Barbosa et al., 2016; Isenberg, 2015; Mason, Colin; Brown, 2014; Stam & Spigel, 2014; WEF, 2016).

La idea, es poder agrupar los modelos que actualmente se delimitan para los Ecosistemas de Emprendimiento, e identificar las partes o elementos articuladores que forman un mismo modelo. Así, se tomaron los aportes planteados por instituciones como el World Economic Forum, y autores como Colin & Brown, Isenberg, Escandon et al y Stam & Spigel, con el fin de explicar un modelo, que puede ser aplicado ya sea a un contexto local, regional o nacional. Así, el modelo propuesto (ver figura 1) propone el establecimiento de 6 elementos de los cuales se desprenden las áreas, actores y más representativos que dan soporte al Ecosistema de Emprendimiento.

- 1. Elemento Político:** Refiere un enfoque institucional que brinda los mecanismos y acciones necesarias para que todo lo concerniente en materia de emprendimiento llegue a un feliz término. En este elemento se encuentran: El gobierno con sus programas y políticas gubernamentales, así como el enfoque de liderazgo.
- 2. Elemento Financiero:** Comprende el conjunto de acciones que orientan el apoyo y la coordinación del ecosistema centrado en el enfoque financiero y que da un horizonte de prospectiva positiva para que las actividades emprendedoras reciban fuentes para su desarrollo. Posee un pilar fundamental. En el converge principalmente el capital financiero, inversionistas con sus fuentes de financiación y los subsidios.

formación necesaria. Convergen en este actor las universidades, la educación empresarial, la fuerza laboral y la gestión del conocimiento.

**Figura 1: Modelo Integrado de Ecosistema de Emprendimiento**



**Fuente:** Diseño basado en los fundamentos de Colin & Brown, 2014; Escandón, et al, 2016; Isenberg, 2015; Stam, 2015; Stam & Spigel, 2016; World Economic Forum, 2013;

**3. Elemento cultural:** Define el conjunto de factores tanto sociales como de valores representados en el sentir, identificar y ser de los individuos propiamente, condicionados por un contexto diferente para cada región. Su importancia se centra específicamente porque de él se derivan los elementos motivacionales necesarios para ejecutar actividades emprendedoras. En él se encuentran las normas sociales y el fomento de una mentalidad emprendedora.

**4. Elemento de soporte y transferencia:** Básicamente se centra en la agrupación de agentes que brindan un soporte al ecosistema desde una visión técnico-operativo. Se relacionan las organizaciones gubernamentales, la infraestructura comercial y profesional.

**5. Elemento de Capital Humano:** define el esfuerzo humano como principal factor y capital del ecosistema, especialmente porque a través de él se reúnen las habilidades, capacidades y herramientas necesarias para promover acciones emprendedoras eficaces, así como la

**6. Elemento de Mercado:** Básicamente se restringe a las dinámicas de los mercados basados en la oferta y demanda y demás factores sobre los cuales prosperan los productos y servicios que se derivan de un ecosistema de emprendimiento. No obstante, al hablar como un elemento, la condición esencial del mercado se concentra en desarrollar dos pilares esenciales como son las redes de mercado y los consumidores tempranos y competidores.

En este sentido, hacer de un emprendimiento algo sostenible, implica que su generación y desarrollo se realice con base en un proceso exhaustivo, bien pensado, estratégico, y que reciba la colaboración integral de agentes que aporten valor y esfuerzo a dicho emprendimiento (Levinsohn, 2013). En este último aspecto, es donde se concentra la importancia de poder potenciar y gestionar los emprendimientos uniendo los esfuerzos y acciones estratégicas, donde se identifiquen actores quienes puedan contribuir a potenciar dicho emprendimiento desde su gestión individual o de acuerdo con el elemento en el que vaya a participar (Isenberg, 2015). De esta manera, la integración de Ecosistemas de Emprendimiento se convierte en un mecanismo idóneo para la generación de emprendimientos sostenibles que puedan impactar positivamente al desarrollo social y económico de las naciones.

## V. CONCLUSIONES

Actualmente el emprendimiento es una apuesta a la que la mayoría de las naciones están apostando con el fin de impactar hacia un enfoque de sostenibilidad, en la que converjan aspectos positivos hacia los elementos sociales, económicos y ambientales. Y para ello, los emprendimientos deben ser igualmente sostenibles, de tal manera que las ideas de negocio se conviertan en estructuras empresariales sólidas y rentables. Así, lograr que el esfuerzo redunde en la generación de emprendimiento sostenibles, debe ser articulado a través de una gestión integrada, en la que la unión de actores, agentes y factores compartan sus intereses, competencias y habilidades con el fin de

conformar una red de apoyo para potenciar las ideas emprendedoras.

En este caso, los ecosistemas de emprendimiento pueden ser un modelo eficaz para permitir que las iniciativas emprendedoras sean sostenibles, gracias a que dicha articulación permite que cada uno de los actores identificados aporten desde su gestión individual recursos, competencias, conocimientos, herramientas y un acompañamiento para los emprendedores, logrando alimentar y dar soporte a sus iniciativas llevando dichos esfuerzos a la transformación de negocios rentables y duraderos.

La cuestión ahora es saber si dicho modelo de Ecosistema Emprendedor debe ser igual para cualquier región en la que se desea construir este tipo de propuestas, por lo que las futuras investigaciones en este campo, deberán girar en torno a la identificación de los diseños adecuados para articular ecosistemas de acuerdo con las necesidades, locales, regionales o nacionales.

## VI. REFERENCIAS

- Buelvas, P., Franco, C., García, G., Gómez, L., López, S., Matiz, F., ... Varela, R. (2016). *Actividad Empresarial Colombiana*. Retrieved from <http://gemcolombia.org/publications/gem-colombia-2016-reporte-nacional/>
- Calánchez, V., & Ayala, D. J. (2016). Innovación social como una política pública para el desarrollo endógeno en Venezuela Social Innovation as a Public Policy for Endogenous Development in Venezuela.
- Dávila Newman, G. (2006). EL RAZONAMIENTO INDUCTIVO Y DEDUCTIVO DENTRO DEL PROCESO INVESTIGATIVO EN CIENCIAS EXPERIMENTALES Y SOCIALES. *Revista Laurus*, 12, 180–205. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>
- Duarte, T., & Tibana, M. R. (2009). Emprendimiento, Una Opción Para El Desarrollo. *Scientia Et Technica*, XV(43), 326–331. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917310058>
- Escandón Barbosa, D., Arias, A., Medina, L., Gómez, L., Varela, R., Martínez, P., & L., P. (2016). *Reporte GEM Colombia 2015/2016*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexto Edición ed.). México D.F.: McGraw Hill Education.
- Hisrich, R. D., & Candida Brush. (2008). The entrepreneurial perspective, 1–37. <https://doi.org/10.1016/B978-0-88415-752-6.50120-X>
- Isenberg, D. (2015). Entrepreneurship Ecosystem Lessons | Babson Entrepreneurship Ecosystem Project. Retrieved August 30, 2016, from <http://entrepreneurial-revolution.com/lessons/>
- Mason, Colin; Brown, R. (2014). Entrepreneurial Ecosystems and Growth Oriented Entrepreneurship. *Oecd*, 1–38. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Mike Herrington and Penny Kew, G. E. M. (2016). Global Entrepreneurship Monitor 2016/2017. *Global Entrepreneurship Monitor*, 1–180. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Muñoz Aguirre, A. N. (2011). El estudio explorativo: aproximación a la investigación cualitativa. *Revista Investigación Y Educación En Enfermería*, 29(3), 492–499. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/1052/105222406019.pdf>
- Oliveira, Brasil, M. V., Correia de Oliveira, F., Mota, Tassigny, M., & Silveira, Fontenele, R. E. (2013). Sustainable Entrepreneurship in the Energy Sector: a Perspective From a Brazilian Power Utility Firm. *El Espíritu Empresarial En El Sector Energía Sostenible: Una Perspectiva De Una Empresa Brasileña De Utilidad De Electricidad.*, 2(2), 1–23. <https://doi.org/10.5585/geas.v2i2.61>
- Orrego, C. I. (2008). La Dimensión Humana del Emprendimiento. *Revista Ciencias Estratégicas*, 16(20), 225–235.
- Orsiolli, T. A. E., & Nobre, F. S. (2016). Empreendedorismo Sustentável e Stakeholders Fornecedores: Criação de Valores para o Desenvolvimento Sustentável. *Rac*, 1, 21. <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2016150031>
- Rodríguez Moreno, D. C. (2016). Emprendimiento sostenible, significado y dimensiones. *Katharsis*, 0(21), 449–479. Retrieved from <http://www.iue.edu.co/revistas/iue/index.php/katharsis/article/view/775/1066>
- Stam, P. E., & Spigel, B. (2014). Entrepreneurial Ecosystems.
- Tutar, H., Nart, S., & Bingöl, D. (2015). The Effects of Strategic Orientations on Innovation Capabilities and Market Performance: The Case of ASEM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 207, 709–719. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.10.144>
- Valle Chirinos Araque, Y., & Pérez Peralta, C. M. (2016). La Responsabilidad Social Universitaria: emprendimiento sostenible como impacto de intervención en comunidades vulnerables. *La Responsabilidad Social Universitaria*, (81), 12–25.
- WEF. (2016). *The Global Competitiveness Report 2016–2017. World Economic Forum Reports 2016*. <https://doi.org/92-95044-35-5>

# Índice de Precipitación ante Cambio y Variabilidad Climática en la Cuenca del Río Dagua - Colombia

Mayra Alejandra Pérez Ortiz y Viviana Vargas Franco

## RESUMEN

**El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, en su Quinto Informe de Evaluación, confirma que el cambio climático es una realidad y que sus impactos están siendo experimentados en todo del planeta. Colombia no ha sido ajena a ellos, considerando que la conjunción de factores geográficos y socio- económicos la convierten en un país altamente vulnerable a impactos presentes y futuros relacionados con fenómenos climáticos.**

**Este trabajo presenta un análisis de datos de precipitación en la cuenca del río Dagua (Valle del Cauca-Colombia). La metodología se concentró en el estudio de anomalías y estimación del índice de concentración de las precipitaciones (ICP) en 6 estaciones meteorológicas en esta cuenca hidrográfica. Los datos de precipitación considerados están en entre los años 1983 a 2013. El análisis arrojó que las zonas de influencia de las estaciones Dagua, Triana, La cumbre y Apto. Buenaventura presentan mayor vulnerabilidad a sufrir eventos como avenidas torrenciales, remoción masal, etc. por el comportamiento de las precipitaciones.**

**Palabras Clave — Cambio climático, Variabilidad climática, cuenca hidrográfica del río Dagua, Índice de concentración de las precipitaciones.**

## I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático hace referencia a los cambios en las condiciones medias climáticas, expresadas en la modificación (permanente o significativa) de la variabilidad alrededor de los datos promedios, hecho que puede ser o no asociado al ser humano (Urán, 2015).

Primer Autor: [maperezo@unal.edu.co](mailto:maperezo@unal.edu.co), estudiante de Pregrado en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia.

Segundo Autor: [vvargasf@unal.edu.co](mailto:vvargasf@unal.edu.co), Profesora, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Colombia.

La alteración del balance de radiación del sistema superficie-atmósfera es cada vez más evidente, causando efectos a escala planetaria, donde los cambios en la temperatura, precipitaciones y otras variables climáticas producen inundaciones, sequías, incremento del nivel medio del mar, frecuencia de eventos climáticos extremos, entre otros. Por lo cual se indica que, en el contexto antrópico, el aumento de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) hacia la atmósfera ha jugado un papel importante en el calentamiento global de una forma heterogénea, pues algunas regiones sufren un mayor aumento en la temperatura que otras. Sin embargo, existen posturas que contradicen este hecho, pues algunas de estas indican que el incremento en la temperatura de la Tierra obedece a dos factores a) la recuperación de la pequeña edad de hielo previamente acontecida y b) el incremento de la actividad solar (Urán, 2015) (Bosque & Oñate,2011) (Pabón,2003).

Independientemente de las diferencias ya mencionadas, se considera que el cambio climático ya es un hecho, y por lo tanto, es oportuno realizar análisis estadísticos para determinar las tendencias presentadas en los registros históricos en la variable precipitación y así, establecer escenarios que representen posibles condiciones climáticas futuras, con el fin de, en el caso de Colombia y más específicamente en las cuencas hidrográficas del Valle del Cauca, comenzar un proceso adaptativo a los efectos del cambio climático (Bosque & Oñate,2011)

## II. METODOLOGÍA

### Zona de estudio

La cuenca hidrográfica del río Dagua tiene una extensión de 140.121 hectáreas con una Latitud norte de 3° 20' a 3° 53' y longitud oeste de 76° 22' a 77° 05' (Figura 1). Esta dreña sus aguas hacia el Océano Pacífico. En términos generales se puede decir que tiene forma de triángulo equilátero,

suelos con bajo contenido de materia orgánica y arcillosos y se mantienen algunas zonas de bosques (González, Pino, Quintero & Benitez 2001) Igualmente presenta características climáticas propias de la franja tropical en la cual circulan corrientes de aire en dos direcciones: del mar hacia el continente provenientes del Océano Pacífico con dirección sudoeste y noreste, que son transportadoras de humedad y que son descargadas, según el relieve, en forma de precipitaciones fuertes en la parte baja más cercana al mar y en forma de vapor de agua en las partes más altas de la cordillera occidental de la cuenca de acuerdo con la fisiografía del terreno (González, Pino, Quintero & Benitez, 2001).

Las partes alta y media de la cuenca presentan una precipitación con comportamiento bimodal, donde los periodos más secos se dan de diciembre a febrero y de junio a agosto. El régimen de temperatura también presenta un comportamiento bimodal, sin embargo, los contrastes térmicos no son muy marcados y van aumentando a medida que se incrementa la altitud; en las zonas más altas la temperatura media es de 17°C, un poco más debajo de los 1.700 msnm se registra un valor promedio de 18,9°C. En la parte media de la cuenca, la temperatura promedio anual es de 26°C (González, Pino, Quintero & Benitez, 2001)

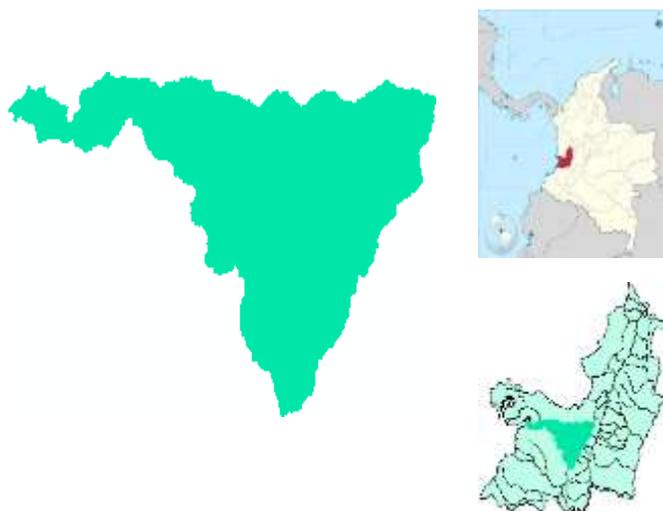


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio  
Fuentes: 1. Valle del Cauca. (2016); 2. Adaptado de la capa de cuencas de la GeoCVC, 2016.

### Series climáticas utilizadas

En el presente trabajo se seleccionaron datos de 6 estaciones meteorológicas ubicadas en el área de influencia de la Cuenca Hidrográfica del río Dagua,

de las cuales 3 son monitoreadas por el IDEAM y las otras 3 a la Corporación Autónoma del Valle del Cauca (CVC), siendo esta última la autoridad ambiental encargada del manejo y protección la cuenca en cuestión. En la figura 2 se presenta la ubicación espacial de las estaciones analizadas. Para observar mejor la distribución espacial de las estaciones en la Cuenca Hidrográfica del Río Dagua, se presenta el siguiente mapa adaptado en el programa ArcGis 10.3, con ayuda de los programas: Google Earth y Global Mapper.

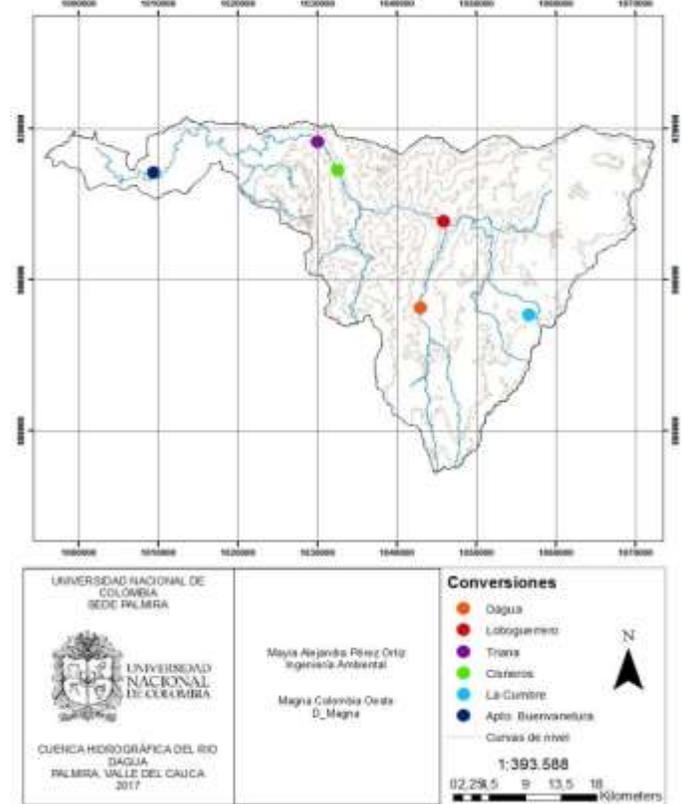


Figura 2. Estaciones pluviométricas de la Cuenca Hidrográfica del Río Dagua.

En la Tabla 1 se presentan las coordenadas de las estaciones estudiadas y en la Tabla 2, el periodo y la entidad que maneja la estación.

Tabla 1. Coordenadas de las estaciones estudiadas.  
Adaptado de Google Earth, 2016.

| ESTACIÓN           | Norte       | Oeste        |
|--------------------|-------------|--------------|
| Dagua              | 3°39'30,67" | 76°41'27,5"  |
| Apto. Buenaventura | 3°49'11,87" | 76°59'31,79" |
| Loboguerrero       | 3°45'43,25" | 76°39'52,79" |
| Cisneros           | 3°49'23,05" | 76°47'0384"  |
| Triana             | 3°51'25,09" | 76°48'25,06" |

|           |             |              |
|-----------|-------------|--------------|
| La Cumbre | 3°38'57,99" | 76°34'04,64" |
|-----------|-------------|--------------|

Tabla 2. Nivel de elevación, periodo de datos y entidad que maneja las estaciones estudiadas.

| ELEV. (msnm) | PERIODO   | Entidad que la maneja |
|--------------|-----------|-----------------------|
| 846          | 1984-2013 | CVC                   |
| 14           | 1983-2013 | IDEAM                 |
| 650          | 1981-2011 | CVC                   |
| 264          | 1983-2013 | IDEAM                 |
| 223          | 1983-2013 | CVC                   |
| 1579         | 1983-2013 | IDEAM                 |

### Manejo de datos

Para el manejo de datos se decidió trabajar con el índice de concentración de las precipitaciones (ICP) propuesto por Heras en 1983, el cual relaciona el trimestre más lluvioso de un año con los 9 meses restantes, siendo dicho resultado independiente de las precipitaciones absolutas registradas, esto hace que se refleje la estacionalidad de las precipitaciones, para determinar las diferencias (grandes o pequeñas) entre las temporadas secas y lluviosas, es decir, se permite determinar qué tan homogéneos han sido los eventos de lluvia en el año (Gentili & Gil, 2013) (IDEAM, 2011)

$$ICP = \frac{\sum_1^3 P_i}{0,5 * \sum_4^{12} P_j} \quad (1)$$

Donde:

$\sum_1^3 P_i$ : Mayor suma de tres meses consecutivos.

$\sum_4^{12} P_j$ : Suma del resto de los meses.

Para el método de anomalías se trabajó con las precipitaciones totales de cada año, estas consisten en comparar la precipitación de cada año, con el promedio de las precipitaciones de todos los años en estudio, de tal forma que se pueda determinar en qué años del periodo de estudio llovió por encima o debajo de lo esperado (la media). Al analizar una serie temporal de información, es posible determinar comportamientos tendenciales o anormales que permitan caracterizar e identificar evidencias de un cambio climático, más específicamente, de un calentamiento (Bosque & Oñate, 2011)

## III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### Índices de concentración de las precipitaciones

Las estaciones Dagua, Triana, La Cumbre y Apto. Buenaventura presentan los índices de concentración de precipitaciones más bajos, lo que significa que las zonas de influencia de cada una de estas estaciones de la cuenca presentan una precipitación más homogénea durante el año, a diferencia de Loboguerrero y Cisneros, las cuales contienen los índices más altos y por ende mayor concentración de las precipitaciones en ciertos periodos del año, haciendo que en tales puntos de la cuenca puedan existir más eventos de crecientes, avenidas torrenciales, etc. y por lo tanto, necesitan una atención y manejo especializado que pueda evitar cualquier tipo de tragedia. (Ver Fig., 3. Fig. 4, Fig., 5, Fig. 6, Fig., 7 y Fig. 8)

Cabe resaltar que dos de las tres estaciones con mayores ICP se encuentran en la parte media-alta de la cuenca, lo que subraya aún más la necesidad de mantener estas zonas con buena vegetación que se encargue de regular los ciclos hidrológicos que suceden, y así evitar procesos erosivos que puedan afectar no solo las cualidades ecológicas de la cuenca, sino también, a las poblaciones más vulnerables que se puedan ver afectadas por tales

eventos. También se destaca que no existe una tendencia marcada en la que se indique el crecimiento o decrecimiento temporal de dichos índices, lo que genera aún más incertidumbre en el comportamiento climático que subyace en la cuenca.

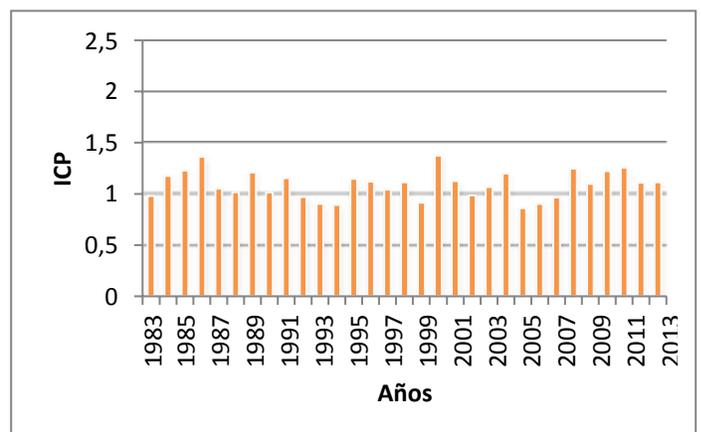


Figura 3. ICP en la estación Apto. Buenaventura.

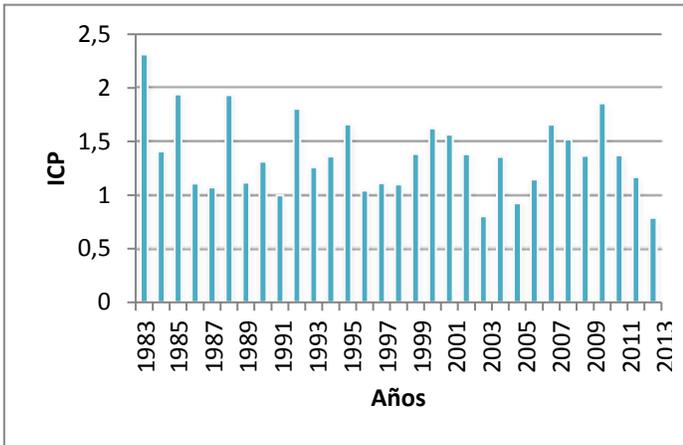


Figura 4. ICP en la Estación Cisneros.



Figura 7. ICP en la estación La Cumbre.

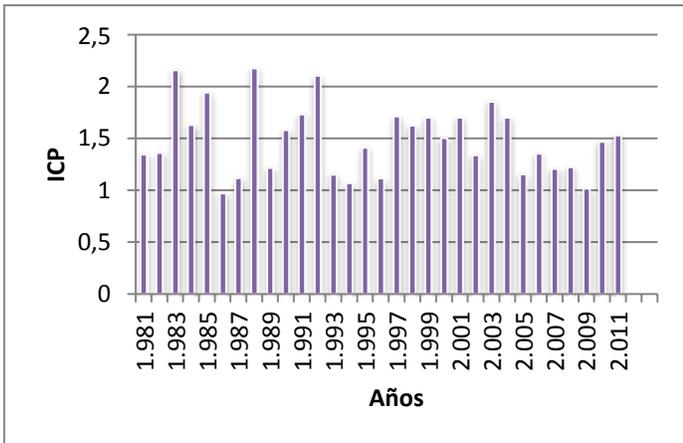


Figura 5. ICP en la estación Loboguerrero

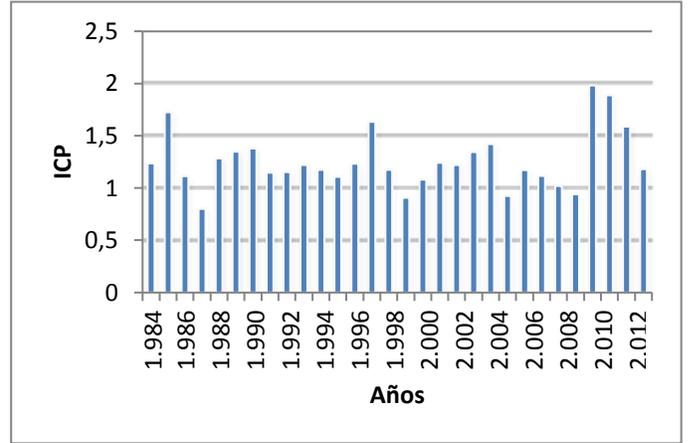


Figura 8. ICP en la estación Dagua.

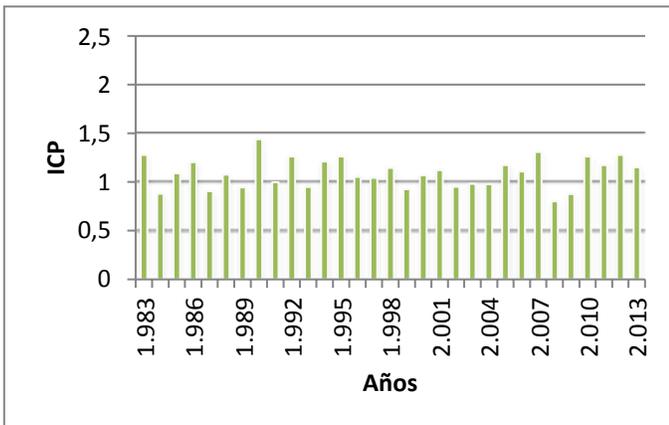


Figura 6. ICP en la estación Triana.

En la Fig., 9, se presenta una gráfica donde se señalan los trimestres más lluviosos por estación, resultado producto del manejo de datos que se debieron llevar a cabo para la obtención de los ICP anteriormente presentados.

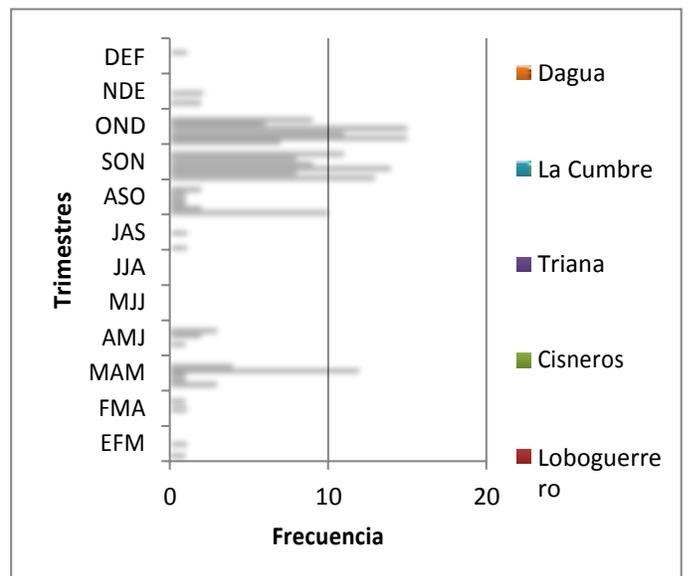


Figura 9. Trimestres más lluviosos por estaciones.

En la figura 9 se observa que los trimestres de Octubre-Noviembre-Diciembre y Septiembre-Octubre-Noviembre (OND y SON correspondientemente) son los más lluviosos en todas las estaciones, dando a entender que para la zona de estudio, estos son los meses que corresponden a la época de invierno, donde las concentraciones de las precipitaciones son mayores y por lo tanto, donde se permite un manejo adecuado de las aguas para evitar afectaciones en las comunidades y de igual forma, gestión de las mismas para que sean utilizadas en las fuertes épocas de sequía donde la lluvia es muy escasa.

#### IV. CONCLUSIONES

Los trimestres OND y SON se han mantenido en el tiempo como los más lluviosos sin embargo, sus intensidades han variado.

A pesar de que los eventos de precipitación no son tan homogéneos en el año, tampoco presentan una heterogeneidad muy alta (ninguno sobrepasa el valor de 3), sin embargo, es importante estar alerta frente a cualquier fenómeno de concentración lluviosa que represente un peligro para el sistema socio-ecológico.

Las zonas de influencia de las estaciones Dagua, Triana, La Cumbre y Apto. Buenaventura presentan una precipitación más homogénea durante el año, contrario a esto, Loboguerrero y Cisneros ofrecen una mayor concentración de las precipitaciones en ciertos periodos del año, haciendo que en tales zonas de la cuenca puedan existir eventos de crecientes, avenidas torrenciales, remoción masal, etc., más potentes, y por lo tanto, necesitan una atención y manejo especializado para así evitar cualquier tipo de emergencia que se pueda presentar.

#### REFERENCIAS

Pabón JD. 2003. El cambio climático global y su manifestación en Colombia. Cuadernos de Geografía: XII:111–119. Available from: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rcq/articulo/view/10277/10796>.

González W, Pino C, Quintero D, Benitez LH. 2001. Dagua pacifico. Plan básico de Ordenamiento Territorial.

Gentili, J. y Gil, V. 2013. Variabilidad temporal de las precipitaciones en vertientes opuestas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina. Revista Universitaria de Geografía, 22(1-2). pp. 147-166.

IDEAM. 2011. Índice de concentración de la precipitación. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21147/Indices+climatologicos.pdf/fde6a7ec-6cd9-47af-b9bd-c935cebb0947>

Bosque J. y Oñate F. 2011. Estudio de tendencias climáticas y generación de escenarios regionales de cambio climático en una cuenca hidrográfica binacional en América del Sur. Estudios Geográficos 72:147–172.

Urán J. 2015. CAMBIOS EN LOS VALORES EXTREMOS DE VARIABLES CLIMÁTICAS EN COLOMBIA ASOCIADOS A CAMBIO CLIMÁTICO. Facultad de Minas, Escuela de Geociencias y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Colombia. Pág. 2

# Innovación y sostenibilidad, elementos claves para el desarrollo en el contexto global

Alexandra Eugenia Arellano Guerrero  
Universidad Nacional de Colombia.

## RESUMEN

**Este trabajo se centra en el estudio del abordaje teórico del modelo de la triple hélice. El objetivo de este trabajo es analizar estos elementos teóricos e identificar elementos claves para un desarrollo que apunte hacia la sostenibilidad. La metodología parte de una revisión bibliográfica, para luego analizar los constructos teóricos del modelo y definir los elementos claves para el desarrollo. El análisis del modelo permitió identificar como elementos claves de éxito del modelo: la articulación, de políticas, estrategias y acciones que conllevan a la innovación y la sostenibilidad del sistema. El modelo involucra las empresas, el estado, la sociedad en general y el ambiente, logrando cuidar y favorecer los aspectos sociales, culturales y ambientales en el largo plazo. Es decir, que puede hablarse de calidad de vida para todos y de un cuidado del ambiente y de los recursos naturales.**

**Palabras Clave:** Innovación, sostenibilidad, desarrollo.

## I. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tendencias que se observan en la economía global apuntan hacia la necesidad de conservación y cuidado de la naturaleza y sus recursos, así como la generación de oportunidades, estrategias y negocios incluyentes. La sostenibilidad apunta hacia el beneficio o impacto positivo de todos los actores económicos y no hacia la concentración de aspectos económicos y calidad de vida de unos pocos.

La tendencia de los países desarrollados ha dado grandes cambios e innovadores, que apuntan la adopción de nuevas prácticas productivas, basadas en tecnologías menos agresivas con el ambiente, como por ejemplo, el uso de energías generadas a partir de recursos renovables, celdas fotovoltaicas, energía eólica, energía solar, entre otras. El mal uso y aprovechamiento de los recursos naturales y de la biodiversidad han generado problemáticas

económicas, sociales y culturales graves en la mayoría de países en vía de desarrollo, ya que sus modelos de desarrollo se han basado en la extracción de sus recursos de forma exhaustiva, y limitándose a la generación de productos y servicios sin mayor valor agregado, lo que afecta su competitividad en los mercados internacionales. Siendo, las grandes empresas nacionales, multinacionales y transnacionales los actores que mayor beneficio económico obtienen y contradictoriamente, la población y el ambiente asumen los impactos negativos de esas actividades. En ese sentido, al observar y estudiar modelos de desarrollo basados en el modelo de la triple hélice se observan escenarios diferentes, en los cuales existe una eficiencia real del sistema, donde los actores y agentes desempeñan sus roles, articulan esfuerzos y logran resultados mayores.

## II. MARCO TEÓRICO

Este trabajo se enmarca en el abordaje teórico de la Triple Hélice, debido a que incluye la relación entre los diferentes agentes económicos y sociales para que nuevas formas de desarrollo acontezcan.

### Abordaje de la Triple Hélice

El modelo de la Triple Hélice orienta las políticas de innovación con base en tres ejes: industria, universidad y gobierno. El eje industria enmarca los negocios que conforman el tejido empresarial de un país. El eje Universidad hace referencia a la actividad que realizan las Universidades y Centros de educación superior de un país; siendo su gran contribución a la innovación empresarial los graduados e investigadores y el conocimiento que ofrece. Y el eje Gobierno juega un papel fundamental como el principal beneficiario y financiador de la innovación del país (Etzkowitz y Leydesdorf, 1997).

Dentro del abordaje de la Triple Hélice, las universidades juegan un papel importante como eje orientador de este sistema. Por lo general las universidades se enfocaban solo en las actividades tradicionales de docencia e investigación, lo cual limitaba enormemente el direccionar sus cuestionamientos alrededor de problemáticas socio-económicas en los cuales ellas pudieran intervenir. Sin embargo, el papel de las universidades es más significativo con la emergencia de la Economía basada en Conocimiento. Actualmente, las universidades son vistas como orientadoras poderosas de innovación y cambios en ciencia y tecnología. Son las responsables por formar profesionales con conocimientos y habilidades y el colchón para el desarrollo de nuevas industrias, productos y servicios. Las universidades son los principales actores en el proceso de generación de conocimiento, desarrollo de nuevas habilidades, generar contextos para el aprendizaje y a promover cambios en las formas de trabajar y pensar en organizaciones e individuos. (Karisson y Zhang, 2001; Coffield y Williamson, 1997; Mavin y Bryans, 2000)

En ese sentido, debido al advenimiento de la sociedad del conocimiento y la economía de bienestar, la producción de conocimiento científico y tecnológico sufrió transformaciones que hicieron que se moviera del denominado Modo uno o Ciencia 1, hacia el Modo 2 o Ciencia 2 (Gibbons; Limoges; Nowotny y Schwartzman, 1994; Gibbons, 1998; Nowotny; Scott y Gibbons, 2001). En el modo 1, los problemas planteados y solucionados corresponden a inquietudes o intereses académicos de una comunidad específica y se enmarcan en una sola disciplina; y en el modo 2, los problemas a solucionar parten de problemáticas sociales y buscan ser de utilidad para la sociedad, el estado y las empresas y son de carácter transdisciplinario, siendo su principio rector la responsabilidad social. Los factores que contribuyeron para ese cambio fueron políticas de gobierno, expectativas de la comunidad, la expansión del sector de la educación superior, las necesidades tecnológicas y la emergencia de un sistema de producción de conocimiento distribuido. (Gibbons, 1998)

Por tanto, las universidades como instituciones creadas para liderar la creación de nuevos

conocimientos son las llamadas a integrar sus funciones sociales y científicas, a sobrepasar las dificultades de la transferencia del conocimiento hacia la sociedad por medio de la articulación de sus actividades, como la investigación, y la docencia. Que deben extenderse hacia un conjunto de actividades para transferir conocimiento a sus grupos de interés, en busca del bienestar social y contribuir con los objetivos públicos y privados (Sheen, 1992, Martin y Etzkowitz, 2000); para cumplir con la atención de las problemáticas y necesidades sociales del territorio en cual se encuentran inmersas, logrando ingresos adicionales que huyen de su objetivo principal; y para lograr la comercialización tecnológica de recursos e invenciones. Y que se relacionan directamente a la innovación. (Etzkowitz, 2003)

El modelo de la Triple Hélice fue presentado como un “modelo de innovación en espiral”, el cual es capaz de capturar múltiples y reciprocas relaciones en diferentes estados de la capitalización del conocimiento y conlleva a la generación de una red de nuevas estructuras dentro de cada una de ellas, integrando organizaciones e hibridando organizaciones que requieran facilidades de incubación (Etzkowitz y Leydesdorf, 1997).



**Figura 1 – Ciclo de transferencia del conocimiento**

**Fuente:** Basado en Etzkowitz y Leydesdorf (1997)

El modelo presentado aborda una estrategia clave de innovación de la agenda multinacional o nacional del siglo XXI (Etzkowitz y Leydesdorf, 1997); porque provee la capacidad regional para construir recursos que generen nichos de innovación tecnológica y

asegura un lugar dentro de la división del trabajo en la economía global. (Etzkowitz, 2008)

El evento clave en ese modelo es la creación de una universidad emprendedora, ya sea a partir de una base académica existente o de una nueva fundación, que toma iniciativas en conjunto con el gobierno y la industria para crear una estructura de apoyo para la creación de empresas y el crecimiento regional [29]. El resultado de estas iniciativas es una dinámica autosustentable en el que el papel de la academia y el gobierno parece retroceder como actores industriales que pasan a primer plano y se crea un linaje de empresas, para luego volver al primer plano de nuevo en la creación de las condiciones para la próxima ola de innovación. (Etzkowitz y Klofsten, 2005)

Por otra parte, en la construcción de una región innovadora, la universidad de investigación juega un papel fundamental, ya que la región innovadora requiere múltiples conocimientos de base que le permita renovarse. Para ello, sus universidades de manera individual o colectivamente deben ser lo suficientemente capaces de desarrollar las competencias para estar a la vanguardia de las diversas áreas de la ciencia y la tecnología avanzada, algunas de las cuales tienen un potencial de corto plazo para su aplicación. Si una universidad de enfoca demasiado, por ejemplo en TI aplicada, la capacidad de desarrollar fuentes alternativas basadas en conocimiento de desarrollo económico podría no estar disponibles cuando fueran requeridas. (Etzkowitz y Klofsten, 2005)

De forma paralela a la creciente concordancia al respecto de la fragilidad de los sistemas predicados por el modelo de la Triple Hélice, otros argumentos se vienen gestando en el ambiente de los involucrados en esa relación. Entre ellos, algunos que se oponían a posiciones asumidas por el propio gobierno.

Para el caso de los países de América Latina, un factor que aparece como hipótesis en este trabajo, es que las empresas además de no financiar actividades de I+D, buscan el subsidio de las mismas; lo cual afecta los resultados del sistema planteado en el modelo de la Triple Hélice. En ese sentido, es necesario trabajar elementos de tipo

cultural, social y de política pública, que favorezcan la participación de la empresa nacional en el financiamiento de las actividades de I+D, donde se cree una cultura para la innovación, que cambie la forma de participación tradicional de los tres ejes propuestos en la Triple Hélice, en los países latinoamericanos, que ha apuntado hacia políticas paternalistas, en especial de las grandes empresas y de capital extranjero, para asegurar la inversión en el país.

### III. METODOLOGÍA

Por medio de una investigación bibliográfica se hace la descripción del abordaje teórico, para su posterior análisis. Para el análisis se usó el método de la deducción y contrastación que permitió la definición de los elementos claves para el desarrollo contenidos en el modelo de la Triple hélice.

### IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS

La visión del Modelo de la Triple H, que coloca la relación entre universidades, gobierno e industria, como la relación que debe orientar y regular el modelo de desarrollo de la economía, de una manera sostenible y sustentable (Etzkowitz y Leydesdorf, 1997), puede afirmarse lo siguiente: 1. Que existen a nivel del país, actores fundamentales en cada uno de los ejes del modelo, sin embargo los ejes no se encuentran articulados en la operatividad del sistema; sin embargo, los actores realizan actividades aisladas que no impactan efectivamente el desarrollo económico, social y sostenible. 2. Que evidentemente, las empresas enmarcan el eje industria, entre las cuales se pueden mencionar, las asociaciones de clase, emprendimientos formales e informales, y comunidad. Debido al trabajo desarticulado de los ejes, las empresas nacionales no han logrado el nivel de competitividad que requieren para competir en mercados internacionales, afectando la generación de riqueza y distribución más equitativa de la renta y la calidad de vida y bienestar social en el país. 3. Que son las universidades las llamadas a desarrollar proyectos transferencia tecnológica y científica para apoyar los procesos de innovación de las empresas y la sociedad en general; sin embargo, la falta de inversión en el sistema de ciencia, tecnología e innovación del país, restringe la generación de

nuevos conocimientos tecnológicos y científicos y consecuentemente, la falta de articulación de los ejes, también dificulta los procesos de transferencia hacia las empresas y la sociedad 4. Que es posible ubicar al Estado colombiano como un actor presente en el modelo, pero que ha descuidado su rol de proveedor de la estructura, recursos y controles que estimulen la dinámica sistémica de la innovación en el país. Que ha desarrollado e implementado modelos de desarrollo basados en la explotación de sus recursos naturales de forma indiscriminada, ni estratégicamente pensada en términos de sostenibilidad. El agotamiento de los recursos y la generación de daños ambientales generan al país grandes pérdidas de la biodiversidad (flora y fauna), contaminación ambiental por la minería exhaustiva, agricultura (monocultivos) y ganadería extensiva, son algunos ejemplos que afectan las comunidades donde se dan estas prácticas económicas. Desempleo, migraciones, enfermedades, descomposición social y pérdida de elementos culturales, zonas selváticas desbastadas, tierras erosionadas, agua contaminada y escases de alimentos y agua también son otros efectos. Es necesario replantear los modelos de desarrollo del país, ajustados a las necesidades reales del país y del planeta. Es necesaria la articulación efectiva de políticas, instituciones, actores y agentes del sistema de innovación del país. No es posible ubicar al Estado colombiano como un eje clave en el modelo, sino pasa a actuar de manera efectiva y a financiar gran parte de los procesos de innovación que requiere el eje industrial y la sociedad del país.

Como dentro del abordaje de la Triple Hélice, las universidades juegan un papel importante como eje orientador del sistema, es necesario que las universidades en el país pasen o adopten el Modo 2 como apuntado por Gibbons (1998), enfocando sus actividades hacia la innovación, y generando soluciones para los problemas empresariales, industriales y sociales del país. También es necesario crear nuevos mecanismos de transferencia por medio de actividades más prácticas, donde los individuos y organizaciones pasen a tener mayor interacción con investigadores, profesores, estudiantes de la universidad. Que como señalado por Etzkowitz y Klofsten (2005), las universidades deben pasar a tomar las iniciativas en conjunto con el gobierno y la industria para crear una estructura de apoyo para la creación de empresas y el crecimiento regional. Sin embargo, hay que tener claridad al respecto de que si estas iniciativas fallan,

se debe a una coalición institucional amplia que fomenta ese papel deficiente.

Por otra parte, La falta de articulación entre los actores del modelo, desestimula los procesos de innovación y la cofinanciación efectiva por parte de las universidades y el estado, donde la existencia de empresas innovadoras en un elemento excepcional. Motivo por el cual los procesos de aprendizaje se ven grandemente afectados, ya que el uso eficiente de tecnologías disponibles demanda tiempo y esfuerzos y es de gran riesgo en la mayoría de los sectores. En ese sentido, las evidencias de aprendizaje en procesos de producción, comercialización, servicio al cliente, en la búsqueda incesante de nuevas soluciones técnicas y de innovación son escasas. Al igual que las interacciones clave para el aprendizaje (que inicia en lo individual pero que puede alcanzar dimensiones grupales, organizacionales e inter organizacionales, como señalado por Nonaka y Takeuchi (1995), desde una dimensión ontológica), que permiten la maduración del proceso de innovación, ya que por medio de la acumulación de experiencias, el conocimiento puede ser expandido.

Finalmente, no puede hablarse de la existencia o adopción del modelo de la triple hélice en nuestro país, debido a la desarticulación evidente de los actores, políticas, estrategias y acciones alrededor de la relación Universidad-industria-estado. Lo cual deja al país en desventaja frente a los elementos de innovación y sostenibilidad que deben estar explícitamente contemplados en su modelo de desarrollo.

## V. CONCLUSIONES

Aunque el modelo de la Triple Hélice se relaciona a economías desarrolladas, se identificaron elementos fundamentales de integración y articulación entre los diferentes actores económicos y sociales, que promueven una dinámica orientada hacia la innovación, que podrían ayudar a economías en desarrollo a direccionar mejor sus esfuerzos y recursos en términos de sostenibilidad: económica, social y ambiental, y consecuentemente, mejorar la competitividad y el bienestar social.

## REFERENCIAS

- H. Etzkowitz, y L. Leydesdorf. (1997). *Universities in the Global Knowledge Economy: The Triple Helix of University-Industry-Government Relations*, London: Cassell Academic.
- C. Karisson, y W. Zhang. (2001). 'The Role of Universities in Regional Development Endogenous Human Capital and Growth in a Two-Region Model,' *The Annals of Regional Science*, 35: 2, pp. 179–197.F.
- Coffield y B. Williamson. (1997). *Repositioning Higher Education*. London: Society for Research into Higher Education & Open University Press.
- S. Mavin y P. Bryans. (2000). 'Management Development in the Public Sector—What Roles Can Universities Play?' *The International Journal of Public Sector Management*, 13: 2, pp. 142–152.
- M. Gibbons, C. Limoges, H. Nowotny, y S. Schwartzman, S. (1994). "Production of Knowledge – The Dynamics of Science and Research", in *Contemporary Societies*, London: Sage.
- M. Gibbons. (1998). *Higher Education Relevance in the 21st Century*, London: ACU.
- H. Nowotny, P. Scott, y M. Gibbons. (2000). *Rethinking science, knowledge and the public in an Age of Uncertainty*, Cambridge, Oxford: Polity. 272 p.
- M.R. Sheen. (1992). Barriers to scientific and technical knowledge acquisition in industrial R&D. *R&D Management*, 22 (2), 135-143.
- B. Martin, y H. Etzkowitz. (2000). The origin and evolution of the university species, *VEST*, 13(3-4), 9-34.
- H. Etzkowitz. (2003). Innovation in innovation: the Triple Helix of university-industry-government relations. *Social Science Information*, 42, (3), 293-337.
- H. Etzkowitz. (2008). *The Triple Helix: University–Industry–Government Innovation*", in *Action* (New York, NY: Routledge)-
- H. Etzkowitz, y M. Klofsten. (2005).The innovating region: toward a theory of knowledge-based regional development, *R&D Management*, 35, 3.

# Modelación de la distribución del hábitat de la Sierra (*Scomberomorus sierra*) en el pacífico colombiano

Sobeyda Arely Herrera Montiel<sup>1\*</sup>, John Josephraj Selvaraj<sup>2</sup>, Karold Viviana Coronado Franco<sup>3</sup>

## RESUMEN

**La Sierra (*Scomberomorus sierra*), es una especie comercial en el Pacífico colombiano que juega un papel importante en la actividad pesquera artesanal y semi-industrial. En este estudio se usaron datos de presencia del Sistema de Información Ambiental Marina (SIAM), en conjunto con datos de sensores remotos incluyendo Temperatura Superficial del Mar (TSM), concentración de clorofila superficial (Chl-a) y batimetría para definir un modelo de distribución de hábitat para la Sierra (*Scomberomorus sierra*) en el pacífico colombiano. Un modelo de máxima entropía (MaxENT) se usó basado en los datos mencionados para identificar áreas de distribución potencial de esta especie. Los resultados mostraron que el modelo tuvo un buen desempeño (AUC>0.9) para mayor y menor presencia y que la variable de mayor contribución en la distribución del hábitat de la Sierra es la TSM.**

**Palabras claves:** Distribución, Pacífico colombiano, Sierra (*Scomberomorus sierra*), Variables oceanográficas.

## I. INTRODUCCION

La región del Pacífico colombiano se caracteriza por la actividad pesquera artesanal y semi-industrial la gran mayoría de especies pelágicas y demersales (Puentes et al., 2014). La Sierra (*Scomberomorus sierra*) se distribuye en la franja tropical costera del Pacífico sur oriental,

Primer Autor: soaherreramo@unal.edu.co estudiante de Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

Segundo Autor: jojselvaraj@unal.edu.co Profesor, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

Tercer Autor: kvcoronadof@unal.edu.co, Magister en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

donde las migraciones estacionales están asociadas con la alimentación y reproducción (Collette & Nauen, 1983)

Esta especie es de las más importantes para la pesca artesanal en el Pacífico colombiano, aportando a la seguridad alimentaria de la población de la región (FAO, 2016 y Ordoñez et al., 2017).

Los modelos de distribución de especies son herramientas basadas en procedimientos estadísticos y cartográficos que partiendo de datos reales de presencia permiten inferir zonas potencialmente idóneas en función de sus características ambientales (Mateo et al, 2011), esto es particularmente útil para evaluar cambios espaciotemporales en la distribución de las especies.

Entre los programas más utilizados se encuentra MaxENT el cual permite modelar nichos y distribuciones de especies mediante la aplicación de una técnica de aprendizaje automático denominada modelización de entropía máxima. A partir de datos ambientales y localizaciones de una especie, el modelo expresa una distribución de probabilidad en la que cada celda de tiene una idoneidad predicha de las condiciones para la especie. El resultado puede interpretarse como probabilidad predicha de presencia o como abundancia local pronosticada (Phillips et al., 2006).

El presente trabajo tuvo como objetivo modelar la distribución del hábitat de la Sierra (*Scomberomorus sierra*) en el pacífico colombiano, con base en datos de presencia de la especie y su relación con variables oceanográficas (TSM, clorofila a y batimetría) lo cual servirá como base para evaluar posibles efectos del cambio climático en diferentes

escenarios en la distribución de la Sierra (*Scomberomorus sierra*).

## II. MATERIALES Y METODOS

### A. Área de estudio.

El Pacífico colombiano se encuentra ubicado en el occidente de Colombia. Limita al norte con la frontera de Panamá y al sur con la frontera de Ecuador. Presenta temperaturas entre los 25.74°C y 27.86°C (Mina Arroyo et al., 2016; Selvaraj et al., 2009). La línea la costera del Pacífico colombiano se extiende por 1.392 Km, abarcando un área total de 49.663 Km<sup>2</sup> que incluyen 16.700 Km<sup>2</sup> de plataforma continental de Panamá. El Pacífico es una región que juega un papel importante para Colombia, debido a que cuenta con una inmensa riqueza biológica de especial interés para la actividad pesquera artesanal e industrial en la zona Norte (Choco), Zona Central (Valle y Cauca) y Zona Sur- (Nariño) (Borda & Cruz, 2004).

### B. Identificación de hábitat de presencia de Sierra (*Scomberomorus sierra*)

Para identificar la ubicación actual se usaron 3,045 puntos de presencia de la Sierra (*Scomberomorus sierra*), los cuales se obtuvieron del geovisor del Sistema de Información Ambiental Marina SIAM del Instituto de Investigaciones Marina y Costeras INVEMAR (<http://cinto.invemar.org.co/geovisorsiam/>).

Estos datos fueron importados en el programa ArcGIS 10.5 donde se aplicó un modelo de proximidad para generar mapas indicando las zonas de mayor y menor presencia de la Sierra (*Scomberomorus sierra*) basado en la cantidad de puntos agrupados a una distancia determinada.

### C. Modelación de la distribución del hábitat de la Sierra (*Scomberomorus sierra*)

Los datos de variables oceanográficas se obtuvieron de sensores remotos a través de plataformas oficiales. La TSM se obtuvo de la PODAAC (Physical Oceanography Distribute Active Archive Center) de la NASA (<https://podaac.jpl.nasa.gov/GHRSST>, con resolución espacial de 4km y resolución temporal mensual del año 2002 a 2016. La clorofila-a, se obtuvo del Ocean Biology Processing Group de la NASA (<https://www.oceancolor.gsfc.nasa.gov/>) con

resolución espacial de 4km y resolución temporal mensual del año 2002 a 2016. La batimetría fue obtenida de Etopo1 Global Relief Model (<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/>) con resolución espacial de 1km.

Mediante el programa ArcGIS 10.5 y el programa R se procesaron los datos de variables oceanográficas con el fin de que todas las variables quedaran con la misma resolución espacial y en el formato ASCII. Posteriormente en ArcGIS 10.5 se calcularon los mapas de climatologías de TSM, Clorofila-a y Batimetría.

El modelo MaxEnt es un método de aprendizaje automático que se ajusta a la distribución de probabilidad de máxima entropía para presencia, restringida por los valores de los píxeles donde se ha encontrado la especie. La convergencia a la probabilidad óptima está garantizada por los algoritmos deterministas (Phillips et al., 2006). El modelo MaxEnt (Versión 3.3.3\_ <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>) se corrió con los datos diferenciados en zonas de mayor y menor presencia de Sierra (*Scomberomorus sierra*) y las climatologías de TSM, clorofila-a y batimetría. Así mismo, se usó como umbral de presencia la opción 'Maximum training sensitivity plus specificity' realizando 25 réplicas, para obtener un modelo promedio y reducir el ruido en el análisis (Araujo y New, 2007). Además, se escogió la salida de datos logística para obtener el mapa de distribución potencial ejecutado con el 25% de los datos para validación y probar la fiabilidad del modelo.

## III. RESULTADOS

### A. Identificación de presencia de la Sierra (*Scomberomorus sierra*)

Los resultados del análisis de proximidad para identificar zonas de mayor y menor presencia de la Sierra (*Scomberomorus sierra*) se muestran en la figura 1. Las zonas de menor presencia (Figura 1A) estuvieron concentradas en la zona costera del departamento del Valle del Cauca, parte norte del Chocó y Cauca, mientras que las zonas de mayor presencia (Figura 2A) se ubicaron en la parte centro-sur del Chocó y a lo largo del resto de la costa pacífica.

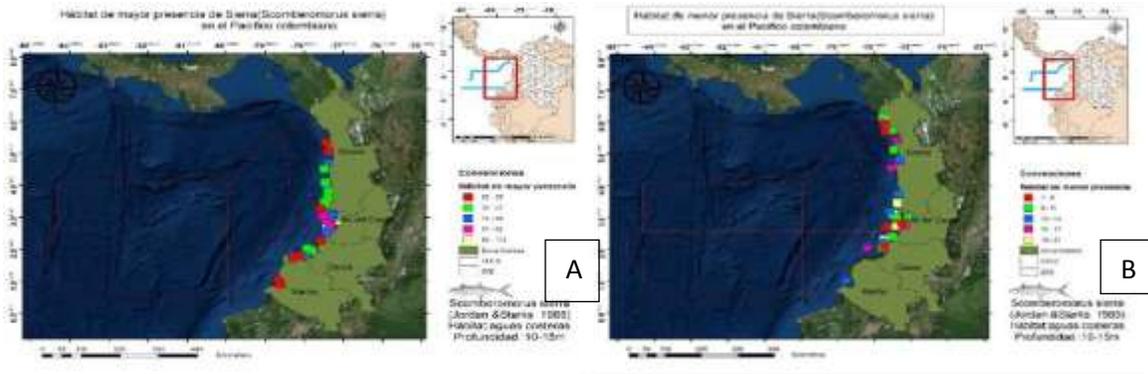


Figura 1. Mapas de mayor (A) y menor (B) presencia de la Sierra (*Scomberomorus sierra*) en el pacífico colombiano.

B. Modelación de la distribución del hábitat de la Sierra (*Scomberomorus sierra*)

La modelación de distribución con datos de mayor y menor presencia de la Sierra (*Scomberomorus sierra*) se muestra en la

Figura 2. En esta se expone la probabilidad de condiciones adecuadas para la especie en las zonas de color rojo, las zonas verdes no son condiciones adecuadas para la especie, y las zonas en azul indican una baja probabilidad de condiciones adecuadas.

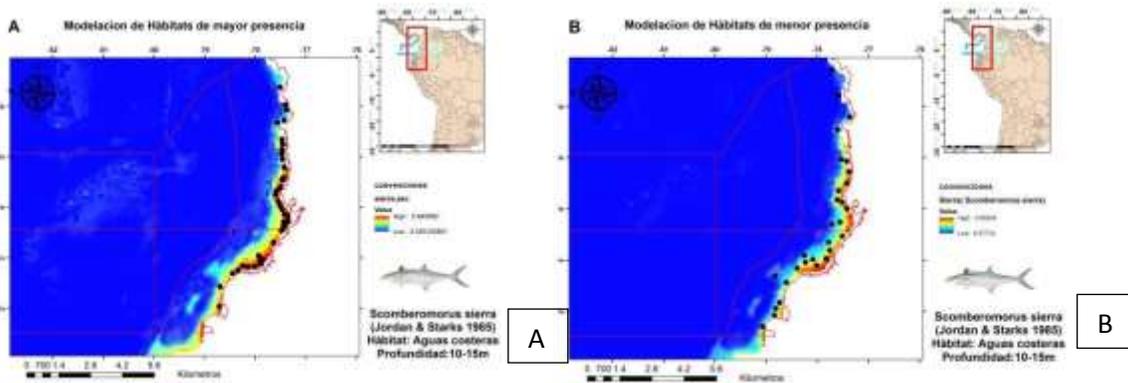


Figura 2. Modelación de la distribución del hábitat de mayor (A) y menor (B) presencia de la Sierra (*Scomberomorus sierra*) en el pacífico colombiano.

La Curva de Característica Operativa del Receptor (ROC) para el modelo de mayor presencia de la Sierra (*Scomberomorus sierra*) se presenta en la figura 3, dado que los valores de Área Bajo la Curva (AUC) > 0.9 fueron similares solo se muestra para mayor presencia. Los valores de AUC > 0.9 indican que el modelo tuvo un buen desempeño ya que, el estadístico AUC, toma valores entre 0 y 1, donde los valores menores a 0,7 indican que la calidad del modelo es pobre, valores mayores a 0.9 indican una calidad de modelo excelente.

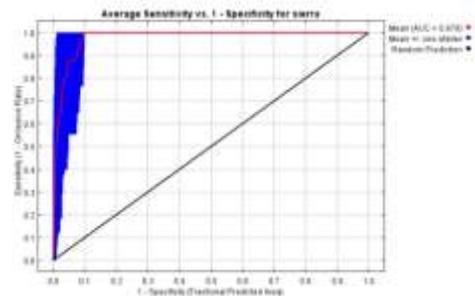


Figura 3. Curva de Característica Operativa del Receptor (ROC).  
Con respecto a la importancia de las variables dentro del modelo de distribución, los resultados

de la prueba de Jackknife se muestra en la Figura 4, los resultados sugieren que la TSM y Chl-a son las variables ambientales que más influyen en la distribución de la Sierra (*Scomberomorus sierra*) en el Pacífico colombiano, así mismo, indican que estas dos variables son las que pueden acentuar las discontinuidades oceanográficas, impidiendo el desplazamiento de la especie entre las regiones del Pacífico Colombiano. Por lo tanto, la identificación de la dinámica de estas variables tan importantes en la distribución de la especie, contribuye en el aporte al manejo sostenible de los recursos, garantizando el mantenimiento de la especie como recurso biológico.

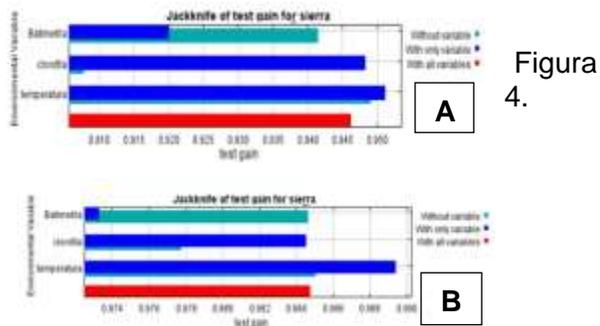


Figura 4.

Figura 4. Prueba de Jackknife para las variables oceanográficas con mayor (A) y menor (B) presencia.

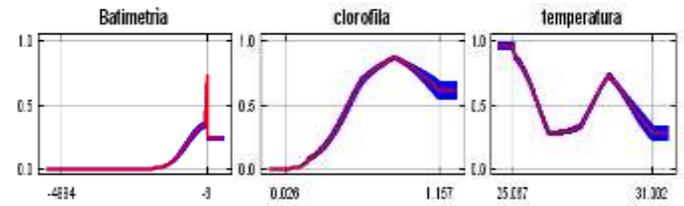
La variable batimetría mostró menor contribución para la presencia de distribución mayor (Tabla 1A) y menor (Tabla 1B). La contribución porcentual de la TSM en la distribución del hábitat de Sierra (*Scomberomorus sierra*) es de 55.1% y 60.6% para mayor y menor presencia respectivamente (Tabla 1).

**Tabla 1:** Contribución de las variables oceanográficas en el modelo de distribución.

| (A) Mayor presencia |                         |                         |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|
| Variables           | Contribución porcentual | Importancia permutación |
| TSM                 | 55.1                    | 66.1                    |
| Chl-a               | 44                      | 33.2                    |
| Batimetría          | 1.2                     | 1.1                     |
| (B) Menor presencia |                         |                         |
| Variables           | Contribución porcentual | Importancia permutación |
| TSM                 | 60.6                    | 67.2                    |
| Chl-a               | 30.5                    | 22.3                    |
| Batimetría          | 0.8                     | 0.1                     |

Las curvas de respuesta en mayor y menor presencia (Figura 5) reflejan la dependencia de la idoneidad pronosticada tanto en la variable seleccionada como en las dependencias inducidas por correlaciones entre los hábitats de Sierra (*Scomberomorus sierra*). Sin embargo, las curvas muestran cómo la probabilidad predicha de presencia cambia a medida que fluctúa cada variable oceanográfica, así mismo las variables TSM, Chl-a y batimetría mantienen su valor promedio donde se puede encontrar dicha especie.

(A)



(B)

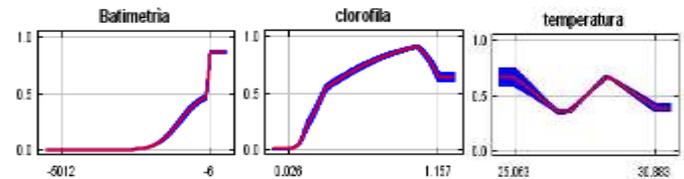


Figura 5. Curvas de respuestas de las variables oceanográficas para mayor (A) y menor (B) presencia.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede inferir que la modelación de la distribución del hábitat de la Sierra (*Scomberomorus sierra*), está relacionada mayormente con la TSM, por lo que los cambios en esta variable podrían afectar la distribución del hábitat de la especie.

Los resultados obtenidos sirven como base para la evaluación en los cambios proyectados en distribución de la Sierra (*Scomberomorus sierra*) bajo escenarios de cambio climático. Adicionalmente la información generada sirve como insumo para estrategias de manejo de los recursos pesqueros.

## AGRADECIMIENTOS

A COLCIENCIAS por la financiación del proyecto "Efectos del cambio climático en la producción

pesquera y su biodiversidad en el Pacífico colombiano” contrato 067 de 2016.

A la Dirección de Investigación y Extensión DIEPAL por la financiación del proyecto: “Evaluación de los cambios de las capturas de peces pelágicos y su relación con variables oceanográficas” código HERMES 35650.

Al grupo de investigación en Recursos Hidrobiológicos.

## BIBLIOGRAFIA

Araújo, M.B.; New, M. 2007. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology & Evolution* 22: 42-47.

Borda, C. A., & Cruz, R. (2004). Pesca artesanal de bivalvos (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) y su relación con eventos ambientales. *Pacífico Colombiano. Rev. Invest. Mar*, 25(3), 197–208.

Collette, B. B., & Nauen, C. E. (1983). *FAO Species Catalogue Vol. 2 Scombrids of the world an annotated and illustrated catalogue of Tunas, Mackerels, Bonitos and related species known to date. FAO Fisheries Synopsis (Vol. 2)*. [https://doi.org/FAO Fish. Synop. 125\(2\)](https://doi.org/FAO Fish. Synop. 125(2))

Collette, B., Acero, A., Canales Ramirez, C., Cardenas, G., Carpenter, K.E., Cotto, A., Medina, E., Guzman-Mora, A., Di Natale, A., Montano Cruz, R., Nelson, R., Schaefer, K., Serra, R. & Yanez, E. (2011). *Scomberomorus sierra* (Pacific Sierra). Retrieved from <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T170325A6748921.en>

Lucas, A. R. (2014). Monitoreo del desembarco de pesca artesanal en el Estuario del río Chone, Ecuador, entre octubre 2013 y enero 2014, 12(1390–6895), 26–37.

MATEO, RUBÉN G, FELICÍSIMO, ÁNGEL M, & MUÑOZ, JESÚS. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista chilena de historia natural*, 84(2), 217-240. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>

Melo, J. (2002). Teledetección aplicada al estudio de fenómenos oceanográficos superficiales. *Meteorología Colombiana*, 5(0124-6984), 91–103. Retrieved from <file:///D:/Desktop/literura/11Teledeteccion Oceanografica.pdf>

Mina Arroyo, S., Revollo, D. A., Aguilar Ibarra, A., & Georgantzis, N. (2016). Economic behavior of fishers under climate-related uncertainty: Results from field experiments in Mexico and Colombia. *Fisheries Research*, 183, 304–317. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.05.020>

Ordoñez Eraso, J., Montes Bustos, D., Castros Salas, S., Giron, A., & Rueda, M. (2017). Fecundidad de *Scomberomorus sierra* (Perciformes : Scombridae) en el Pacífico colombiano. *Instituto de Investigaciones Marinas Y Costeras*, 46(1)(0122–9761), 29–44. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/318280442\\_Fecundidad\\_de\\_Scomberomorus\\_sierra\\_Perciformes\\_Scombridae\\_en\\_el\\_Pacifico\\_colombiano](https://www.researchgate.net/publication/318280442_Fecundidad_de_Scomberomorus_sierra_Perciformes_Scombridae_en_el_Pacifico_colombiano)

Phillips, S. B., Aneja, V. P., Kang, D., & Arya, S. P. (2006). Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. *International Journal of Global Environmental Issues*, 6(2–3), 231–252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>

Puentes, V., Escobar, F., Polo, C., & Alonso, J. (2014). Aguas Continentales. In AUNAP (Ed.), *Estado De Los Principales Recursos Pesqueros De Colombia 2014* (1st ed., pp. 164–213). Bogota, Colombia. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Selvaraj, J. J., Rajasekharan, M., & Guzmán, Á. I. (2009). Aplicaciones de los sistemas de información geográfica y sensores remotos al manejo de pesquerías marinas y desafíos para su desarrollo en Colombia. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 38(1), 105–120.

# Optimización de la producción de ácidos grasos volátiles a partir de residuos de papa

Castro-Lopez V., Cadavid-Rodríguez L.S. y Zapata-Zapata A.D.

## RESUMEN

Se evaluó el efecto del pH y la concentración del sustrato en la producción de ácidos grasos volátiles totales (AGVs) durante la digestión anaerobia de residuos agrícolas provenientes del cultivo de papa. Como inóculo, se utilizó una mezcla de rumen bovino (RB) y estiércol porcino estabilizado (EPE). La producción más alta de AGVs se logró a un pH de 4,5 y una concentración del sustrato correspondiente a 20 gSV/L, alcanzando un valor de 14.021,9 mg de AGVs/L. El pH y la concentración del sustrato mostraron efectos positivos, estadísticamente significativos en la producción de AGVs.

**Palabras Clave** — Ácidos grasos volátiles, cultivo de papa, digestión anaerobia, residuos agrícolas.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se generan alrededor de 140 billones de toneladas de biomasa residual procedentes del sector agrícola (residuos de cultivos, estiércol animal y residuos forestales) (UNEP,2009). Estos residuos tienen un alto porcentaje de materia orgánica biodegradable que podría aprovecharse para generar energía renovable o materias primas de interés (UNEP,2009) (Dhamodharan,Kumar & Kalamdhad,2015)

Por otra parte, la digestión anaerobia (DA) es una alternativa biológica para la degradación de la materia orgánica por la acción sinérgica de consorcios microbianos en ausencia de oxígeno. Este tipo de degradación comprende cuatro etapas,

hidrólisis, acidogénica, acetogénesis y metanogénesis (Ward,Hobbs,Holliman & Jones,2008) (Ahring, Sandberg & Angelidaki,1995).

La DA de los residuos agrícolas ofrece muchas ventajas, así como la estabilización del residuo tratado, la reducción de los impactos negativos sobre el medio ambiente, la baja producción de lodos, las limitadas necesidades energéticas y la recuperación de productos de valor agregado como metano, hidrógeno y AGVs (Chen, Cheng & Creamer,2008) (Ward, Hobbs, Holliman & Jones,2008). La producción de AGVs tiene lugar en las dos primeras etapas de la DA (Cadavid-Rodríguez & Horan, 2013)(Ahring, Sandberg & Angelidaki,1995).

Dado el contexto anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la producción de AGVs a partir de residuos agrícolas provenientes del cultivo de papa y determinar la influencia del pH y concentración del sustrato durante el proceso.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Inóculo y Sustrato

Como inóculo se utilizó una mezcla de rumen bovino (RB) y estiércol porcino estabilizado (EPE) (proporción 1:1 (v/v)), los cuales fueron aclimatados a 37°C y alimentados día por medio con el residuo, durante 20 días anteriores al montaje experimental.

Como única fuente de carbono para los microorganismos, se usó residuo de papa de las variedades *Diacol Capiro* y *Parda Pastusa* recolectadas en el municipio de Ipiales - Nariño.

El residuo fue picado y almacenado a 4°C hasta su uso. Después de la recolección de los inóculos y el sustrato, éstos fueron trasladados al laboratorio y

Castro-López V. : [vecastrol@unal.edu.co](mailto:vecastrol@unal.edu.co), estudiante de Maestría en Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Cadavid-Rodríguez L.S. : [lscadavidr@unal.edu.co](mailto:lscadavidr@unal.edu.co), Profesora Asociada, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Zapata-Zapata A.D. : [adzapata@unal.edu.co](mailto:adzapata@unal.edu.co), Profesor Asociado, Escuela de Química, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

se establecieron las propiedades fisicoquímicas de los de acuerdo con los protocolos estándar (APHA,1999)

### B. Configuración experimental

El efecto del pH y la tasa de carga orgánica en la producción de AGVs, se evaluó en reactores de 500 mL, con un volumen efectivo de 400 mL. Se seleccionó una relación inóculo:sustrato (RIS) de 1: 2 (en términos de sólidos volátiles (SV)). La solución de nutrientes descrita por Grupe y Gottschalk (1992), la cual fue preparada en un buffer acetato 0,1 M con el fin de controlar el pH durante la prueba. El ensayo se realizó durante 30 días a una temperatura de 37°C y agitación constante a 120 rpm.

Se evaluaron tres concentraciones de residuos correspondientes a 10gSV/L, 15gSV/L y 20gSV/L y tres niveles de pH: 3,5, 4,0 y 4,5 bajo un diseño experimental central compuesto con ocho repeticiones en el punto central. Se tomaron muestras de 10 ml cada en el día inicial, y los días 15 y 30 de fermentación, estas se centrifugaron a 10.000 rpm durante 20 minutos y se almacenaron a 4°C hasta su análisis. La concentración de AGVs se determinó mediante el procedimiento 5560C de los métodos estandarizados (APHA,1999).

### C. Análisis Estadístico

Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) y se realizaron gráficos de superficie de respuesta para la producción de AGVs, utilizando el software *Stathgraphics* Centurion XVI versión 16.1.02.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de la producción de AGVs con respecto al pH y la CO en los días 15 (a) y 30 (b) de fermentación, mediante superficies de respuesta para los tratamientos evaluados, se muestra en la Fig. 1.

Las superficies de respuesta muestran un aumento en la producción de AGVs a medida que los valores de pH y concentración del sustrato se incrementan, esta condición es común para el día 15 y 30. Sin embargo, es claro que las mayores concentraciones de los ácidos orgánicos de interés se presentaron durante el decimoquinto día.

En este sentido, para el tiempo de retención referido, la optimización de la producción de AGVs bajo las condiciones evaluadas, se logró a un pH de 4,5 y CS 20 gSV/L, el valor óptimo de acuerdo al análisis estadístico en *Stathgraphics* fue de 14.021,9 mg/L de AGVs.

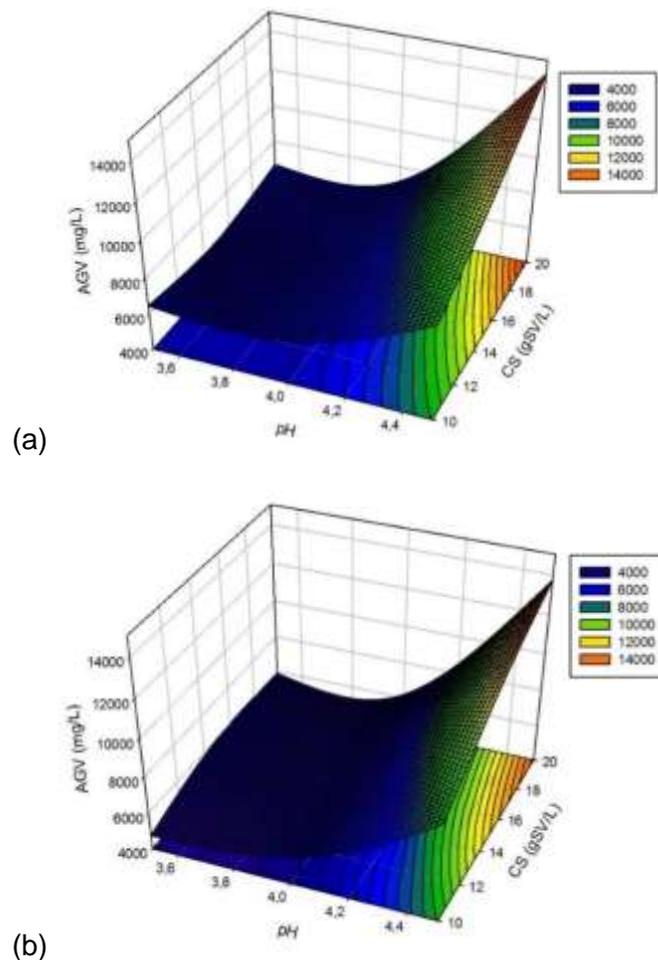


Fig. 1. Superficies de respuesta de la producción de AGVs para las condiciones de pH y concentraciones de sustrato evaluadas.

### A. Efecto del pH en la producción de AGVs

El pH mostró efectos significativos sobre la producción de AGVs ( $F = 160,89$ ;  $df = 10$ ;  $P < 0,0001$ ;  $\alpha=0,05$ ), se observó una incidencia positiva ya que a medida que el pH incrementa, la producción total de AGVs también aumenta. Lo anterior puede explicarse debido a que el incremento en el pH mejora la solubilización y posterior reducción de macromoléculas (Liu, Wang, Fu, Chen & Yu,2012) (Zhang, Chen & Zhou,2009)

Abordando esta situación, varios autores han reportado la influencia del pH tanto en la producción total como en la composición individual de los productos de la (Cysneiros, et al, 2012) (Wang, Shen & Li, 2014), reportaron que la acidogénesis del ensilado de maíz mejoró en condiciones neutras con respecto a condiciones ácidas, mejorando así la producción de AGVs; en ese mismo sentido Wu, Yang, Zhou & Song (2009) observaron mejores rendimientos en la producción de AGVs a partir de lodos primarios cuando el pH aumenta de 3,0 a 10,0, sin embargo, mostraron que a pH de 11,0 la producción de ácidos disminuye.

#### *B. Efecto de la concentración del sustrato en la producción de AGVs*

También se observó un efecto significativo de la CS sobre la acidogénesis de los residuos de papa ( $F = 22,42$ ;  $df = 10$ ;  $P = 0,0008$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Los resultados encontrados mostraron una incidencia positiva de la concentración del sustrato, ya que con concentraciones de residuo de papa equivalentes a 20 gSV/L, se aumentó el contenido de AGVs producidos con respecto a las cargas de 15 gSV/L y 10 gSV/L.

El incremento lineal de la producción de ácidos grasos de cadena corta con respecto a la carga orgánica ha sido observado con anterioridad (Yu, 2001) (Jiang, Zhang, Li, Wang, & Gong, 2013). Sin embargo, este comportamiento parece no ser generalizado ya que puede verse afectado por la presencia de un óptimo (Lee, Chua & Yeoh, 2014). En ese sentido, Rincón et al, (2008) encontraron un decrecimiento en la concentración de AGVs con altas concentraciones, demostrando así la existencia de un valor óptimo de dicho parámetro para la acidogénesis. Por lo tanto, la linealidad reportada por otros autores y observada en éste estudio sugiere un comportamiento preliminar a la concentración del sustrato que optimiza la producción de AGVs (Lee, et al, 2014)

Con respecto a lo anterior, se esperaría que, para las condiciones evaluadas, concentraciones del residuo de papa mayores a los estudiados podrían aumentar la cantidad de AGVs producidos, sin embargo, se debe tener en cuenta que altas concentraciones representan inconvenientes. En este sentido, se ha reportado que con cargas orgánicas altas, el medio de fermentación presenta

una alta viscosidad lo que hace inestable el proceso, y aunque las concentraciones de AGVs incrementan, el rendimiento decrece (Lim, et al, 2008) (Jiang, et al, 2013)

Por otro lado, es importante tener en cuenta que la concentración del sustrato también afecta la composición de los subproductos de la acidogénesis, así, con altas cargas se ve favorecida la aparición de acetato y valerato, pero cargas orgánicas bajas propician la producción de propionato y butirato (Lim, et al, 2008) (Jiang, et al, 2013)

#### CONCLUSIONES

La producción de AGVs se optimizó en el día 15 de fermentación logrando un valor máximo de 14021,9 mg/L. Las condiciones que optimizaron la producción fueron pH 4,5 y tasa de carga orgánica de 20 gSV/L.

El análisis de varianza mostró, los efectos significativos del pH y concentración del sustrato en la producción de AGVs, siendo el efecto del pH más importante.

La región óptima para la producción de AGVs en este estudio se dirigió hacia el pH más alto evaluado y la carga orgánica más alta; sin embargo, es aconsejable ampliar el rango de valores evaluados de estos dos parámetros, teniendo en cuenta la importancia de estos dos factores en el proceso.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Gobernación de Nariño y la Fundación CEIBA por el aporte financiero. A la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y sede Medellín, los laboratorios de investigaciones ambientales y procesos biológicos respectivamente por las instalaciones y el apoyo en el desarrollo del trabajo.

#### REFERENCIAS

UNEP, "Converting Waste Agricultural Biomass into a Resource," 2009.

K. Jana and S. De, "Polygeneration using agricultural waste: Thermodynamic and economic feasibility study," *Renew. Energy*, vol. 74, pp. 648–660, 2015.

K. Dhamodharan, V. Kumar, and A. S. Kalamdhad, "Effect of different livestock

- dungs as inoculum on food waste anaerobic digestion and its kinetics,” *Bioresour. Technol.*, vol. 180, pp. 237–241, 2015.
- A. J. Ward, P. J. Hobbs, P. J. Holliman, and D. L. Jones, “Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources,” *Bioresour. Technol.*, vol. 99, no. 17, pp. 7928–7940, 2008.
- V. Córdoba, M. Fernández, and E. Santalla, “The effect of different inoculums on anaerobic digestion of swine wastewater,” *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 4, pp. 115–122, 2016.
- L. S. Cadavid-Rodríguez and N. Horan, “Methane production and hydrolysis kinetics in the anaerobic degradation of wastewater screenings,” *Water Sci. Technol.*, vol. 68, no. 2, pp. 413–419, 2013.
- B. K. Ahring, M. Sandberg, and I. Angelidaki, “Volatile fatty acids as indicators of process imbalance in anaerobic digestors,” *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 43, pp. 559–565, 1995.
- Y. Chen, J. J. Cheng, and K. S. Creamer, “Inhibition of anaerobic digestion process: A review,” *Bioresour. Technol.*, vol. 99, no. 10, pp. 4044–4064, 2008.
- P. L. McCarty, “Anaerobic Waste Treatment Fundamentals,” *Chem. Microbiol.*, 1964.
- A. J. Ward, P. J. Hobbs, P. J. Holliman, and D. L. Jones, “Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources,” *Bioresour. Technol.*, vol. 99, pp. 7928–7940, 2008.
- APHA, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed. Texas, Estados Unidos, 1999.
- H. Grupe and G. Gottschalk, “Physiological events in *Clostridium acetobutylicum* during the shift from acidogenesis to solventogenesis in continuous culture and presentation of a model for shift induction,” *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 58, no. 12, pp. 3896–3902, 1992.
- H. Liu, J. Wang, X. Liu, B. Fu, J. Chen, and H. Q. Yu, “Acidogenic fermentation of proteinaceous sewage sludge: Effect of pH,” *Water Res.*, vol. 46, no. 3, pp. 799–807, 2012.
- W. Parawira, M. Murto, J. S. Read, and B. Mattiasson, “Profile of hydrolases and biogas production during two-stage mesophilic anaerobic digestion of solid potato waste,” vol. 40, pp. 2945–2952, 2005.
- P. Zhang, Y. Chen, and Q. Zhou, “Waste activated sludge hydrolysis and short-chain fatty acids accumulation under mesophilic and thermophilic conditions: Effect of pH,” *Water Res.*, vol. 43, no. 15, pp. 3735–3742, 2009.
- D. Cysneiros, C. J. Banks, S. Heaven, and K.-A. G. Karatzas, “The effect of pH control and ‘hydraulic flush’ on hydrolysis and Volatile Fatty Acids (VFA) production and profile in anaerobic leach bed reactors digesting a high solids content substrate,” *Bioresour. Technol.*, vol. 123, pp. 263–271, 2012.
- E. Jankowska, J. Chwiałkowska, M. Stodolny, and P. Oleskiewicz-Popiel, “Effect of pH and retention time on volatile fatty acids production during mixed culture fermentation,” *Bioresour. Technol.*, vol. 190, pp. 274–280, 2015.
- K. Wang, J. Yin, D. Shen, and N. Li, “Anaerobic digestion of food waste for volatile fatty acids (VFAs) production with different types of inoculum: Effect of pH,” *Bioresour. Technol.*, vol. 161, pp. 395–401, 2014.
- H. Wu, D. Yang, Q. Zhou, and Z. Song, “The effect of pH on anaerobic fermentation of primary sludge at room temperature,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 172, no. 1, pp. 196–201, 2009.
- J. Yu, “Production of PHA from starchy wastewater via organic acids,” *J. Biotechnol.*, vol. 86, no. 2, pp. 105–112, 2001.
- S. J. Lim, B. J. Kim, C. M. Jeong, J. dal rae

Choi, Y. H. Ahn, and H. N. Chang, "Anaerobic organic acid production of food waste in once-a-day feeding and drawing-off bioreactor," *Bioresour. Technol.*, vol. 99, no. 16, pp. 7866–7874, 2008.

J. Jiang, Y. Zhang, K. Li, Q. Wang, C. Gong, and M. Li, "Volatile fatty acids production from food waste: Effects of pH, temperature, and organic loading rate," *Bioresour. Technol.*, vol. 143, pp. 525–530, 2013.

W. S. Lee, A. S. M. Chua, H. K. Yeoh, and G. C. Ngoh, "A review of the production and applications of waste-derived volatile fatty acids," *Chem. Eng. J.*, vol. 235, pp. 83–99, 2014.

B. Rincón, E. Sánchez, F. Raposo, R. Borja, L. Travieso, M. A. Martín, and A. Martín, "Effect of the organic loading rate on the performance of anaerobic acidogenic fermentation of two-phase olive mill solid residue," *Waste Manag.*, vol. 28, no. 5, pp. 870–877, 2008.

**Programa De Educación Ambiental Para El Fortalecimiento Del Plan Municipal De  
Gestión Del Riesgo De Desastre Por Inundación En El Barrio La Ermita Del Municipio De  
Trujillo - Valle Del Cauca**

**Gloria Luz Puerta Sarria, Luis Octavio González Salcedo Y Adrián Marcel García  
Caicedo**

**RESUMEN**

**Fortalecer la gestión del riesgo en el municipio de Trujillo Valle del cauca, donde se ha presentado inundaciones, por desbordamiento de sus ríos, generando pérdidas humanas y materiales. La mayoría de las inundaciones, fueron provocadas por los habitantes que, por falta de compromiso con sus acciones, aumentan la posibilidad de futuras inundaciones. Para ello es necesario la confluencia no sólo de las instituciones y entidades que tienen relación directa con el ordenamiento del territorio, sino también de todos los vallecaucanos y habitantes del municipio. Este estudio busca aumentar el sentido de pertenencia de los habitantes, en cuanto a los aspectos negativos que acarrea el hecho de depositar desechos sólidos al cauce del río, tupias de madera cuando el río tiene cauce bajo, permitir la proliferación de malezas en laderas del río, y no solicitar periódicamente en consenso la descolmatación de las zonas de mayor incidencia en el río.**

***Palabras Clave***

Gestión de riesgos, Factores de riesgo, Inundación, Residuos sólidos

**I. INTRODUCCIÓN**

Colombia, al igual que muchos países alrededor del mundo, ha padecido numerosas tragedias asociadas a desastres naturales que dejan como resultado pérdidas humanas y materiales con distintos niveles de impacto en la población afectada. Algunos de los episodios más recordados recientemente son las situaciones de emergencias por inundaciones ocasionadas por el fenómeno de “la Niña” durante los años 2010 y 2011 que afectaron gran parte del territorio nacional originando desastres no sólo en lo ambiental, sino en aspectos sociales y económicos. Estos sucesos

confirman la insuficiente preparación que se tiene para afrontar desastres naturales, y más aún, para prevenirlos. (Ley, No. 1523, 2012)

En este orden de ideas, el gobierno y sus líderes nacionales han venido aunando esfuerzos con el sector público, el sector privado, los gremios y la sociedad civil, no sólo para afrontar la emergencia, sino para fortalecer la Gestión del Riesgo convirtiéndose este en uno de los objetivos en el Valle del Cauca como parte de las tareas administrativas. (PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2010 – 2014, “Prosperidad para todos).

Por esta razón, la Secretaría de Planeación Departamental, con el apoyo del Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y la participación de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC-, ha emprendido la tarea de fortalecer, en los 42 municipios del Departamento, los conceptos inherentes a la gestión ambiental y a la gestión del riesgo. Desacuerdo a lo anterior, con el propósito de lograr que estos conceptos sean más visibles y concretos en los Planes de Ordenamiento Territorial para que los municipios cuenten con un marco real que oriente las acciones a seguir para prevenir futuros eventos de desastre. (PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2010 – 2014, “Prosperidad para todos).

El proyecto desarrollado en esta investigación, se encuentra en el marco del fortalecimiento de la gestión del riesgo enfocado a los problemas de inundaciones que se presentan en el municipio de Trujillo - Valle del cauca. Entendiendo que, para lograr resultados concretos, es necesaria la confluencia no sólo de las instituciones y entidades que tienen relación directa con el ordenamiento del territorio, sino también de todos los vallecaucanos

y habitantes del municipio.

La población del barrio la Ermita del municipio de Trujillo es la población más afectada por las inundaciones, por ello se entrenan y capacitan a las personas para que puedan ejercer la labor a partir del ABC formulado por la gestión del riesgo en Colombia: Basado en A: conoce B: Reduce C: Prepárate y de crear un canal de comunicación que permita reducir las pérdidas humanas y minimizar las pérdidas materiales.

Para ello se diseña un programa de educación ambiental para los pobladores del barrio La Ermita del municipio de Trujillo – Valle del Cauca que fortalezca el Plan Municipal de Gestión del Riesgo por inundación.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Con base en el paradigma positivista, esta investigación es de tipo descriptiva con enfoque mixto; con ella se pretendió dar respuesta a las necesidades formativas en educación ambiental que requería la población del barrio la Ermita del municipio de Trujillo en el Valle del Cauca, para fortalecer el plan de gestión del riesgo por inundación. Para ello se realizan los siguientes estudios.

Área de estudio

Área de estudio

El barrió la Ermita del municipio de Trujillo - Valle del Cauca contiguo al rio culebras.

Recolección y análisis de la información

En la siguiente tabla se presenta los procesos realizados para obtener la información de la investigación.

Tabla I. Componentes de la metodología empleada en esta investigación.

| NOMBRE DEL PROCESO | DESCRIPCION PROCESO |
|--------------------|---------------------|
|--------------------|---------------------|

|   |   |
|---|---|
| Diseño del estudio  | El estudio consiste en la identificación de factores internos y externos al ámbito natural del cauce del río culebras que aumenta la probabilidad de inundación acarreado pérdidas materiales y humanas en el barrio la Ermita del municipio de Trujillo Valle del Cauca cuando este aumenta el nivel fluvial, para realizar actividades formativas que permitan generar conciencia a los integrantes de la población sobre las malas acciones que incrementa el riesgo a sufrir futuras inundaciones.  |
| Universo de trabajo   | Se seleccionaron 100 personas que generalmente se ven afectadas con las inundaciones que el río deja a su paso, la muestra de estudio está conformada por niños, ancianos y adulto quienes viven en 33 casas cerca a la ladera del río.   |
| Instrumentos de investigación y diagnostico                   | Se utilizaron los siguientes instrumentos:<br>1. Matriz de Leopold.<br>2. Observación directa.<br>3. Encuestas no probabilística con criterio de selección disponibilidad de tiempo, se presentan las respuestas con mayor aceptación.  |
| Diagnóstico   | 1 Instrumento: Muestra que los componentes que aumentan el riesgo de inundación es que las personas arrojan de biomazas al río producto de actividades agrícolas y acciones como arrojar desechos sólidos al río, Desvió del cauce, Puentes que no cumplen que requerimientos, Hacer cercos dentro del río y o realizar descolmatación del cauce periódicamente.<br>Donde el nivel de significancia es:<br><b>A</b> lto es Arrojar residuos sólidos al río.<br><b>M</b> edio cercos dentro del río y poca altura de los puentes sobre el río.<br><b>B</b> año acumulación de sedimento en el cauce del río.<br><br>2 Instrumento: Se realizó el recorrido de los 1400 metros del río contiguos al barrio la ermita, donde se evidencia residuos sólidos dentro del río, a la vez se utiliza en los diarios de campo.<br><br>3 Instrumento: Aplicada a 10 funcionarios de la administración municipal que les corresponde la gestión del riesgo, concluyen que tienen una necesidad grande de educar a los habitantes del barrio la Hermita en temas sobre la disposición final de los residuos sólidos.<br>Aplicada a 10 líderes comunitarios, concluyen que quieren hacer lo posible para evitar pérdidas materiales y humanas.<br>Aplicada a 33 habitantes del barrio la Hermita, concluye que les gustaría recibir talleres sobre gestión del riego que contemplen entrega de incentivos, están conscientes de que arrojan residuos sólidos al río, que les gustan las actividades culturales para integración y quieren ser capacitados en liderazgo y organización de comités de trabajo para la realización labores que mantengan cauce del río limpio. |
| Operacionalización de variables                               | Con base en el resultado del diagnóstico se diseñan las variables que se medirán como indicadores para cuantificar las cualidades observadas en la población de estudio.  |
| Diseño técnico para la obtención y análisis de la información | Encuentros previos con la comunidad objeto de estudio e interesados en dar solución a los problemas que generan inundación en el barrio la Hermita, se diseña cronograma de trabajo, se adquiere compromisos con las personas que tienen mayor disponibilidad de tiempo para realizar las actividades que permitan realizar talleres de formación.  |

Con la información recolectada se analiza y se diseñan talleres formativos que permitan suministrar los conocimientos requeridos por los habitantes del barrio la Hermita, para prevenir futuras inundaciones.

La efectividad de los talleres formativos se evalúa por medio de los diarios de campo que se realizan junto a cada taller.

Fuente: Gloria luz puerta sarria.

La Matriz de Leopold, es un método cualitativo, preliminar y muy útil para valorar las diversas alternativas de un mismo proyecto (López, 2009).

En la siguiente tabla muestra las variables contempladas en los talleres formativos y los diarios de campo.

Tabla II. Variables de estudio para formación.

| VARIABLES  | INDICADORES DE OBSERVACIÓN                                 | INSTRUMENTOS                |
|--|--|-----------------------------|
| 1. Motivación y participación de cada habitante  | Asistencia   | - Diario de campo.          |
|  | Puntualidad  | - Dinámicas de integración. |
|  | Participación  | - Talleres de aplicación.   |
| 2. Ampliación de conocimientos referentes a factor de riesgo   | Saberes previos  | - Diario de campo.          |
|  | Conocimientos adquiridos                                   | - Talleres de aplicación.   |
|  | Habilidad de poner en práctica en el contexto lo aprendido |                             |
| 3. prevención y mitigación de factores que generan obstrucción y subida del nivel de agua en cauce del río | Entienden y evalúa cual es el nivel freático del río       | - Diario de campo.          |
|  | Saben y evalúan la necesidad de descolmatación del cauce   | - Encuestas.                |
|  | Limpian y no arrojan basuras al río                        | - Talleres de aplicación.   |
|  | Erradican malezas en las laderas del río                   |                             |
| 4. Tratamiento de los desecho  | Separan y le dan buen trato a los desechos                 | - Taller                    |
|  | Donde depositan los desechos                               | - Diario de campo           |
|  | Que uso diferente se le dan a sus desechos                 |                             |
| 5. Compromiso y participación ciudadana  | Capacidad de trabajar en equipo                            | - Diario de campo           |
|  | Evidencia física pos fechadas                              | - Taller                    |
|  |  |                             |

Fuente: Gloria luz puerta sarria.

### III. RESULTADOS

En la siguiente matriz se presentan los factores internos y externos que se evidencian presentes en el entorno y la comunidad durante la ejecución de la investigación del programa educativo ambiental para fortalecer el plan municipal de gestión de riesgo. Tabla Matriz DOFA.

Tabla III. Matriz DOFA.

| MATRIZ DOFA   |   |
|---|---|
| Diseño De Un Programa De Educación Ambiental Para El Fortalecimiento Del Plan Municipal De Gestión Del Riesgo De Desastre Por Inundación En El Barrio La Ermita Del Municipio De Trujillo - Valle Del Cauca   |   |
| FACTORES EXTERNOS   |   |
| OPORTUNIDADES   | AMENAZAS  |
| El municipio cuenta con el programa de gestión de riesgos.  | Los pobladores que arrojan desechos solido al cauce del río Culebras.   |
| El municipio cuenta con servicio recolector de basuras.   | La población industrial del municipio que tienes actividad productiva en la parte alta del río que vierten los desechos de sus actividades y deforestan la montaña que agrega sedimento al cauce cuando llueve. |
| Interés de los habitantes del barrio La ermita en participar de todas las actividades   | La secretaria de medio ambiente y agricultura municipal cuenta con pocos recursos para fomentar proyectos de capacitación   |
| En la actualidad el municipio cuenta con estudios geofísicos que determinaron la necesidad del realce de los puentes que cruzan el río culebras en el tramo que pasa cerca al barrio La ermita, la descolmatación del cauce en la cabecera municipal y la reforestación de las laderas del río. | La actividad agropecuaria de mayor producción es la ganadería que erosiona los terrenos altos cerca al río.   |
| FACTORES INERNOS  |   |
| FORTALEZAS  | DEBILIDADES   |
| Presencia de programas del estado de interés social y capacitación en cuanto ha cuidado del medio ambiente  | Pocas fuentes de empleo   |

Desplazamiento de corregimientos y municipios aledaños hacia la cabecera municipal.

Fuente: Gloria luz puerta sarria.

Según el análisis de la matriz DOFA el municipio aprovecha las oportunidades como la de un servicio recolector de basuras, estudios técnicos para subir la altura de los puentes, y se potencializa las necesidades que presenta la población afectada para generar procesos de formación. En cuanto a las amenazas de mayor fuerza se tiene que los habitantes arrojan residuos sólidos al río, los desechos de la producción industrial de café son arrojados al río.

Como fortaleza de mayor fuerza se encuentra la presencia de programas del estado de interés social y capacitación en cuanto ha cuidado del medio ambiente, "Gestión del Riesgo", como debilidad de mayor influencia se encuentra que el desempleo genera en los habitantes la necesidad de generar ingresos económicos por medio de la venta de leña o biomasa y la reutilización de desechos, que acumulan en la ladera del río, que en épocas de creciente pasan a ser tupias. Por último e igual de importante se encuentra que otra gran afección que aumenta el riesgo de sufrir futuras inundaciones son los desplazamientos de población que realizan sus asentamientos en las laderas del río en el punto crítico.

#### Programa de educación ambiental

La educación no escapa al impacto de la crisis ambiental planetaria, la educación ambiental es un proceso de concientización y promoción sociales para la resolución de problemas ambientales. (Instituto Internacional de formación Ambiental, 2012)

Los movimientos educativos, incluso los críticos y liberadores, han girado históricamente sobre el desenvolvimiento del ser humano como ser autónomo, el desarrollo de sus capacidades y la mejora de sus condiciones para la convivencia social. (Novo, 2009)

La Educación y la participación son procesos complementarios que permiten la transformación

de comportamientos, usos y costumbres sociales e institucionales sobre la base de una nueva ética social que busca el fortalecimiento de las capacidades de gestión de las comunidades organizadas con el fin de contribuir al mejoramiento de las condiciones generales de existencia de todas y todos en condiciones de equidad e igualdad. (ASOCOCIENAGA, 2009)

El enfoque conceptual del programa implementado nace de los requerimientos de la comunidad sobre tener conocimiento de los que es la gestión del riesgo, mejorar la integración de la comunidad, crear comités de trabajos para delegar actividades de prevención de inundaciones y liderazgo.

Desde la metodología, el programa de educación ambiental se fundamenta en los siguientes elementos: Dinámicas de integración. Dinámica de relajación. Proyección archivos audio visuales. Realizar preparación de compostaje y ensilaje orgánico con desechos comunes. Realizar confección de bolsos para mercado con bolsas plásticas. Conformación de comités de trabajo y delegación de actividades de prevención.

#### Definición del programa

Programa de educación ambiental para el fortalecimiento del plan municipal de gestión del riesgo por inundación en el barrio la ermita del municipio de Trujillo - valle del cauca

#### Misión

Generar conciencia en los habitantes del barrio la Hermita sobre el compromiso que deben tener para prevenir futuras inundaciones.

#### Visión

Para el año 2013 el programa de educación ambiental para el fortalecimiento del plan municipal de gestión del riesgo por inundación en el barrio la ermita del municipio de Trujillo - valle del cauca contribuye en la creación de comités de trabajo para realizar actividades periódicas de prevención de inundación y formara líderes comunitarios para que soliciten a la administración municipal la ejecución de tareas de prevención.

#### Estructura del programa

La información referente se presenta en la siguiente tabla.

#### IV. CONCLUSIONES

Tabla VI. Estructura del programa.

| Talleres de campo / diarios de campo  |  |
|---|--|
| Talleres de campo   | Diarios de campo   |
| Medición  | Resultados   |
| <p>Taller 1: Demostrar como por medio del juego y los mapas históricos se fomenta la asistencia de cada habitante al programa educativo.<br/>Variable: motivación y participación de cada habitante<br/>Contenido y Metodología: Dinámicas de integración. Talleres de aplicación.</p>  | <p>Diarios de campo 1: Estas actividades mejoran las relaciones de grupo e integran a los habitantes afectados que están más aislados.</p>   |
| <p>Taller 2: Evaluar si teniendo un mejor conocimiento sobre los factores que inciden de manera directa sobre la generación de inundaciones se disminuyen la participación de la población en dichas actividades.<br/>Variable: Ampliación de conocimientos referentes a factor de riesgo<br/>Contenido: Talleres de aplicación.<br/>Metodología: Dinámica de relajación y encuesta</p>     | <p>Diario de campo 2: Se reconoce que las actividades realizadas ayudan a nuestra población a evidenciar los factores que generan el riesgo de inundación.</p>   |
| <p>Taller 3: Enseñar cuales son los hechos que como consecuencia crean obstrucción en el cauce del río y hacen que el nivel del agua aumente y se desborden corriendo por las calles del barrio e inundando las casas.<br/>Contenido: Encuesta.<br/>Metodología: Dinámica de integración y dinámica saludos múltiples</p>   | <p>Diario de campo 3: El taller práctico enseña de manera clara a la persona que no se debe seguir haciendo para evitar volver a vivir desastres por inundación.</p>   |
| <p>Taller 4: Enseñar cual debe ser el trato que se le debe dar a los desechos sólidos.<br/>Contenido: Video, Dinámica de roles y Taller de comprobación<br/>Metodología: Proyección video, mensaje de la naturaleza, Manejo de los residuos sólidos.</p>  | <p>Diario de campo 4: Hubo mucho interés de todos los participantes en aprender todo lo referido al manejo de residuos sólidos para prevenir inundaciones por desbordamiento del río cuando se generan tupias que aumentan el nivel de las aguas y por conocer cuáles son los materiales reciclables que se comercializan en el mercado.</p>                 |
| <p>Taller 5: Conformación de comités de trabajo y delegación de actividades frente a prevención de factores de riesgo por inundación debido al desbordamiento del río.<br/>Contenido: Taller de manualidades con productos reutilizables, elaboración de compostaje para ganado con desechos orgánicos comunes, conformación de comités de trabajo y delegar actividades de prevención.</p> | <p>Diario de campo 5: Sin duda alguna fue la capacitación más importante y la que con ansias esperaba la comunidad, aprendieron todo referente a la producción de abonos y fertilizante, elaboración de ensilaje y las mujeres les agrado las manualidades, quedaron definidos los comités y el cronograma de actividades de mantenimiento y prevención.</p> |

Fuente: Gloria luz puerta sarria.

Al contextualizar a los habitantes del barrio La ermita del municipio de Trujillo Valle del Cauca en procesos de conocimiento de la Gestión del Riesgo por amenaza de inundación del río culebras, adquirieron conocimiento sobre la causa y el efecto de cada agresión que hagan al cauce del río.

Se evidencia la necesidad que tiene el plan municipal de gestión de riesgo de Trujillo Valle en implementar un componente educativo para todos los habitantes de los lugares donde se presentan problemas naturales por efectos del impacto ambiental generados por el hombre.

Es necesario continuar con las capacitaciones sobre el fomento de la cultura ambiental hacia la conservación de los ríos y la gestión del riesgo por inundación.

#### REFERENCIAS

- ASOCOCIENAGA. (2009). Programa de Educación Ambiental y Participación Ciudadana, 56.
- Congreso de Colombia. Ley 1523 de 2012 (2012). BOGOTA: Imprenta Nacional.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Instituto Internacional de formación Ambiental. Máster (2012). España. Retrieved from [www.iifa.es](http://www.iifa.es)
- López, N. (2009). *Propuesta De Un Programa Para El Manejo De Los Residuos Solidos En La Plaza De Mercado De Cerete – Cordoba. Pontificia universidad Javeriana.* Pontificia Universidad Javeriana.
- Novo, M. (2009). La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible Environmental Education , a genuine education for sustainable development. *Revista de Educación*, 195–217.

# PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL TERRITORIO QUE PERMITA ESTIMAR SU SUSCEPTIBILIDAD AL DESABASTECIMIENTO DE AGUA. CASO DE ESTUDIO: CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO TULUA, MUNICIPIO DE TULUA, DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

JOHANNA XIMENA ESCOBAR CASTAÑO (1), CARLOS ALBERTO ESCOBAR CHALARCA (2)

## RESUMEN

Gran parte de la problemática de desabastecimiento de agua se origina en los insuficientes procesos integrales y participativos relacionados con el diagnóstico, planificación, gestión, implementación, seguimiento y evaluación de los acueductos localizados en las áreas denominadas rurales en el territorio latinoamericano. Es por lo anterior, que se propone estructurar una metodología bajo criterios integrales, holísticos, secuenciales, lógicos y sencillos, que permita caracterizar la situación actual de los acueductos veredales, relacionando aspectos, sociales, económicos, culturales, normativos, políticos, biofísicos, técnicos y ambientales. Con el fin de evaluar las fortalezas y limitaciones de esta propuesta, se implementará el marco metodológico en acueductos veredales priorizados en el área de influencia de la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá, Municipio de Tuluá y Buga, Departamento del Valle del Cauca.

**Palabras Clave:** Riesgo, Amenaza, Vulnerabilidad, Cuenca Hidrográfica, desabastecimiento de agua.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel de Colombia, por ser un proceso reciente el diagnóstico, planificación y gestión integrada del riesgo integrando fenómenos de amenaza y vulnerabilidad, se presentan grandes limitaciones, muchas están asociadas con la deficiente disponibilidad de la información y su integración en un sistema de información geográfica SIG, que sirve de apoyo a las tomas de decisiones. En algunos casos se dispone de geodatos, sin embargo, estos presentan limitaciones al integrar la información biofísica y socioeconómica, debido a que no presentan un estándar geoespacial y carecen de

estructuración en SIG, situación que dificulta la estructuración de un modelo cartográfico.

La revisión del estado del arte relacionado con la amenaza, vulnerabilidad y riesgo a nivel de Cuencas Hidrográficas, muestra a nivel mundial que existen experiencias orientados a fenómenos de degradación de suelos y aguas, cambio climático, incendios forestales, sismicidad y tectonismo, pero no se plantean propuestas metodológicas de carácter integral, holístico y participativas. A nivel de nuestro país, se considera un proceso bastante incipiente y reciente, que carece todavía de aspectos fundamentales como: Monitoreo ambiental, Información básica secundaria actualizada, propuestas metodológicas integrales y procesos de sensibilización hacia las comunidades asentadas en las Cuencas Hidrográficas

Conocedores de las bondades y limitaciones del modelo cartográfico planteado respecto a la amenaza, vulnerabilidad y riesgo de las bocatomas de los acueductos priorizados por la CVC en la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá, el proceso de contextualización, consistió en poder visitar y verificar en cada acueducto aspectos, sociales, económicos, culturales, normativos, políticos, biofísicos y ambientales, con base en la información básica secundaria recopilada y el acompañamiento de los miembros de las juntas directivas de los acueductos. Mediante el empleo de herramientas de carácter participativo como fueron: Transectos ambientales, Cartografía Social, actividades lúdicas y dialogo de saberes con los participantes en los talleres, se logró identificar los diferentes factores que se relacionaban con la dinámica del acueducto y los respectivos indicadores de degradación de la infraestructura (Vulnerabilidad), amenaza y riesgo.

Segundo Autor: [caescobarch@unal.edu.co](mailto:caescobarch@unal.edu.co), Profesor asociado, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira

Finalmente, las actividades propuestas en este convenio se transformaron en la base del conocimiento que ha permitido un adecuado planteamiento e implementación de las soluciones requeridas para minimizar la problemática existente en torno al agua.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Área de estudio

La Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá se localiza en el Suroccidente Colombiano, en los Municipios de Tuluá, Buga y San Pedro, Ginebra y Cerrito, exactamente entre las coordenadas geográficas 902.500 – 954.700 Norte y 1.091.600 – 1.138.600, Zona centro del Departamento del Valle del Cauca. El área de la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá es 91495,34 ha, equivalente a 914,95 km<sup>2</sup>. Las cotas altimétricas de la Cuenca oscilan entre 848 a 5090 msnm, lo cual permite caracterizarla por su variabilidad de paisajes, ecosistemas y biodiversidad. (Figura 1).

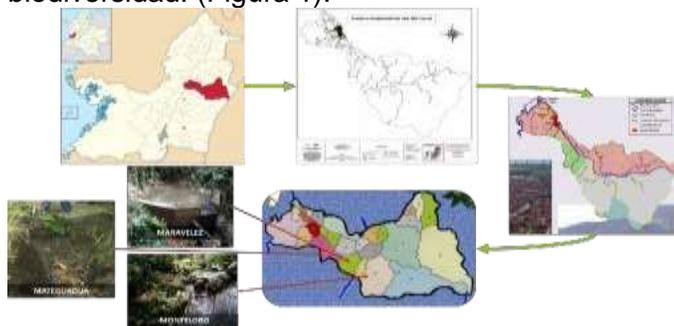


Fig. 1. Ubicación geográfica de los acueductos veredales donde se validó la propuesta metodológica.

### B. Metodología.

Una de las limitantes para efectuar una eficaz gestión del riesgo, radica en que se carece de estructuras metodológicas de carácter integral, holístico y participativo, además que el moni-toreo ambiental y la instrumentación en las cuencas hidrográficas es deficiente.

Como un aporte y avance significativo en el conocimiento de los factores de riesgo, se abordó el componente amenaza integrando la Amenaza Natural con la Amenaza Antrópica.

El desarrollo de una propuesta metodológica implica tener claro el enfoque y los aportes que esta pueda brindar a un proceso de diagnóstico. Con base en el

análisis conceptual y contextual del territorio la metodología se construyó de acuerdo a los siguientes criterios:

- **Integralidad:** Se pretende relacionar el concepto de uso actual del suelo a sus diferentes causas y consecuencias (Social, económicas, medio natural, políticas, normatividad y ambiental).

- **Participativo:** Para la sustentabilidad de esta propuesta, es de gran importancia contar con la participación de los actores sociales asentados en la cuenca hidrográfica del río Tuluá, para que permita identificar y concertar las diferentes visiones y saberes, con lo cual se podrá fortalecer la sensibilización y empoderamiento de los participantes.

- **Lógica y secuencial:** Al considerar el concepto integral y holístico implica que la estructura metodológica se construya de forma lógica y secuencial desarrollando una serie de etapas que permitan la obtención de productos intermedios y finales de interés para procesos de diagnóstico integral de la cuenca hidrográfica del río Tuluá.

- **Sencilla:** Propiciar elementos metodológicos con alto grado científico pero que a la vez sea de fácil acceso y manejo para los usuarios potenciales de la información.

- **Eficacia:** Se propone una metodología dinámica y eficaz que permita a los planificadores disponer de manera oportuna de indicadores del estado de la oferta biofísica de la cuenca hidrográfica del río Tuluá.

### C. Estructura general

La propuesta metodológica se plantea como una serie de etapas secuenciales que integran aspectos preparatorios y de aprestamiento; Diagnóstico Integral Rápido Participativo con énfasis en la caracterización socioeconómica de los usuarios del agua de la cuenca hidrográfica del río Tuluá, Estimación de la Zonificación biofísica en los acueductos veredales, Estimación de la susceptibilidad al desabastecimiento de agua del territorio, de acuerdo a su oferta ambiental; Prospectiva identificando de manera participativa las alternativas de mitigación y solución a la problemática del uso y manejo del agua en la cuenca hidrográfica. Esta propuesta está sujeta a cambios de acuerdo a los procesos de concertación y validación que se realicen con las comunidades. En la figura 2 se presenta la estructura metodológica general en donde se consignan las etapas a desarrollar en esta propuesta.



Fig. 2. Estructura metodológica general desarrollada en la investigación.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base a la estructura metodológica propuesta y validada con el estudio de caso de la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá, se presentan de manera resumida los resultados más relevantes alcanzados.

#### A. Diagnóstico Integral Rápido participativo.

Dentro del desarrollo de la Investigación, el proceso del Diagnóstico Integral Rápido Participativo de las obras de abastecimiento de agua (Bocatomas), fue fundamental para poder conocer su estado actual, sus antecedentes y las proyecciones que tienen las juntas directivas y administradoras

#### - Caracterización socioeconómica de los usuarios del agua, en las áreas priorizadas por la CVC de la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá.

Mediante el empleo de instrumentos metodológicos como fue la cartografía social, entrevistas Semiestructuradas y el dialogo de saberes con los participantes en los Talleres y recorridos de campo, se logró conocer las principales características socioeconómicas de los usuarios de los acueductos priorizados.

En resumen, las principales características socioeconómicas que caracterizan a los usuarios de los acueductos son:

- Etnográfica: orígenes ancestrales en la zona cafetera colombiana, departamentos de Antioquia, Quindío, Risaralda y Caldas.
- Demográfica: Poblaciones con reducida población, esparcidas tanto en centros poblados como áreas rurales.
- Servicios Públicos Básicos: Disponen de servicios de electrificación, acueductos y telefonía.

- Presencia Institucional: Reducida por efectos del conflicto armado. Hacen presencia instituciones como la CVC, EPSA, Alcaldía de los Municipios de Tuluá y Buga.

- Uso y Tenencia de la Tierra: Predominan pequeños minifundios, en donde los campesinos se dedican a labores de agricultura y ganadería extensiva. Baja asistencia técnica.

- Educación: Existen centros educativos, con limitaciones de docentes e infraestructura.

- Organización y participación comunitaria: Bastante deficiente, siendo uno de los principales obstáculos para poder realizar identificación, formulación y gestión de proyectos.

- Empleo: Limitado a las practicas agropecuarias. Deficiencia en la Seguridad social y limitaciones por efectos del conflicto armado.

- Infraestructura Vial: Con limitaciones en especial en épocas de lluvias.

#### - Identificación de manera participativa con los actores relevantes de la problemática entorno al desabastecimiento de agua en época de invierno y verano, en las áreas priorizadas de la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá.

Se utilizaron procesos de cartografía social y la técnica del “Árbol del Problema” para la precisión de la problemática del acueducto, identificando sus causas y consecuencias.

En síntesis, los principales resultados relevantes de la identificación de la problemática y las alternativas de solución por parte de las juntas administrativas de los acueductos priorizados en la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá son:

- Se evidencio que la problemática que más afecta a los acueductos evaluados, es el deficiente proceso de organización y participación comunitaria. Aunque existen lideres con alto sentido de pertenencia y empoderamiento, los usuarios y comunidad en general, se ha venido mostrando apática y poco receptiva de las ideas que se proponen en mejora del servicio de suministro de agua. Gran parte de la problemática, radica en el intenso conflicto armado a que ha estado sometido su territorio, la baja presencia institucional y su poca credibilidad, Procesos educativos ajenos a la realidad, baja capacidad de elaboración y gestión de proyectos y desconocimiento de la normatividad.
- Como alternativas de solución se plantearon procesos enfocados a la mejora del proceso de organización comunitaria, capacitación y sensibilización en educación ambiental, formulación

y gestión de proyectos, conocimiento de las normas y leyes ambientales relacionadas con el abastecimiento del agua y acueductos rurales.

#### - Zonificación biofísica de la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá.

Mediante la interrelación de aspectos edáficos (Pendiente, relieve, geomorfología, fisiografía, morfometría, suelos,) usos y degradación del suelo (coberturas y usos del suelo, degradación de suelos y aguas, zonas críticas por uso y degradación del suelo) y aspectos hidroclimatológicos, se procedió mediante la estructuración de un modelo cartográfico en SIG (ARCGIS), a una aproximación de la zonificación biofísica de la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá. (Figura 3)

La zonificación biofísica se constituye en un elemento articulador y de soporte para la estimación de los factores de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en las bocatomas de los acueductos veredales evaluados.



Fig. 3. Mapa de Zonificación Biofísica de la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá.

#### - Estimación de factores de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en las bocatomas de los acueductos priorizados.

Efectuadas las etapas de Caracterización Socioeconómica, localización y georreferenciación, reconocimiento del acueducto, Zonificación Biofísica y Evaluación técnica de las bocatomas, se disponía de los elementos conceptuales y contextuales para poder lograr una aproximación de los factores de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

- Factores de Amenaza. Para la estimación de los factores de amenaza, se consideró el área territorial de la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá, siendo conscientes que existen serias limitaciones de información básica producto de la baja instrumentación en el monitoreo ambiental. La amenaza se analizó considerando dos (2) Aspectos:

Amenaza Natural y Amenaza Antropica-Socionatural.

- Amenaza Natural: Se obtuvo relacionando aspectos edáficos (Pendiente, Relieve, Geología, Geomorfología, Fisiografía y Suelos) e Hidroclimatológicos.

- Amenaza Socionatural-Antrópica: Considerando aspectos de uso y cobertura del suelo, Uso potencial del suelo, Estado del Uso del Suelo, Degradación de suelos y Zonas críticas por uso y degradación de suelos, se estimó los factores de amenaza Socionatural-Antrópica.

- Amenaza General: Relacionando y superponiendo los mapas de Amenaza Natural y Amenaza Socionatural-Antrópica, se obtuvo el Mapa de Amenaza General de la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá. (Figura 5).



Fig. 4. Mapa de Amenaza General, Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá.

La figura 5, reafirma las serias condiciones de amenaza que presenta la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá. La tendencia es a presentar condiciones moderadas, altas y muy altas en la zona de ladera y paramo. En la Zona Plana se presenta grados muy bajos, bajos y moderados. Aunque el análisis es a una escala 1:50000, que solo puede inferir las tendencias, se hace necesario adelantar un proceso de mayor instrumentación y monitoreo ambiental, que permita precisar esta condición adversa y que implica posibilidad de desabastecimiento de agua a mediano y largo plazo.

- Factores de Vulnerabilidad. Debido a la necesidad de mayor información básica secundaria y teniendo en cuenta la especificidad de analizar las bocatomas de los 6 acueductos priorizados, el análisis de vulnerabilidad se realizó para el área de influencia de cada acueducto.

- Factores de Riesgo. Relacionado y superponiendo los mapas de Amenaza General y vulnerabilidad para cada área de influencia de los

acueductos priorizados, se estimó el grado de riesgo que puede tener su bocatoma.

Analizando la información obtenida de amenaza general, vulnerabilidad y riesgo, para cada uno de los Acueductos priorizados, se obtuvo las siguientes tendencias: (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tendencias de los factores de Amenaza General, Vulnerabilidad y Riesgo de los Acueductos priorizados en la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá.

| Acueducto  | Amenaza General | Vulnerabilidad | Riesgo        |
|------------|-----------------|----------------|---------------|
| Monteloro  | Moderada-Alta   | Moderada       | Alto          |
| Maravelez  | Moderada-Alta   | Moderada       | Moderado-Alto |
| Mateguadua | Alta-Muy Alta   | Alta           | Muy Alto      |

El Cuadro 1, ratifica las condiciones moderadas a altas y muy altas, tanto en Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo que presentan los acueductos priorizados. Es de vital importancia fortalecer los procesos de organización y participación comunitaria, además de incrementar la presencia institucional que permita la identificación y priorización de proyectos ambientalmente viables.

#### IV. CONCLUSIONES

- La información generada, socializada y entregada a cada Junta directiva de los 3 Acueductos Comunitarios Rurales localizados en la Cuenca Hidrográfica del Río Tuluá, ha permitido el inicio de un proceso de fortalecimiento en la organización y participación comunitaria, mayor identidad y pertenencia con su acueducto y la posibilidad de la identificación, formulación, gestión y cogestión de proyectos Socioambientales.
- La concepción del agua como un bien, derecho y patrimonio ambiental, presenta implicaciones bastantes importantes hacia la defensa y soberanía de los Acueductos Comunitarios Rurales, ya que el agua se concibe como un derecho público, un bien colectivo, que no puede ser negociado.
- Debido a la fuerte e inequitativa presión privatizadora del agua, colocando el bien y derecho ambiental agua en una perspectiva de mercado y no de derecho, se viene gestando en diferentes territorios Latinoamericanos la necesidad de construir, validar y concertar un modelo de gestión

del agua que considere las diferentes experiencias y saberes de los Acueductos Comunitarios Rurales, que garanticen su defensa, soberanía y sustentabilidad.

#### AGRADECIMIENTOS

La Autora agradece todo el apoyo brindado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, a la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca C.V.C y en especial a: El doctor Carlos Alberto Escobar Chalarca de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. A los líderes comunitarios y demás participantes de las actividades realizadas en los Corregimientos de Monteloro, Mateguadua y San Lorenzo. A los ingenieros Maura Ximena Chacua, Albín Oswaldo Rivera, Maira Alejandra Miranda, Isabel Cristina Florez, Dilma Isabel Cadena, Yadira Cely Cerinza, Carlos Arturo Rincón y Silvio Stevens Valencia, por su valioso apoyo y acompañamiento.

#### REFERENCIAS

- Banco Interamericano de Desarrollo BID, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. (2002). Amenaza, Vulnerabilidad, Riesgo, Desastre, Mitigación, Prevención... Primer acercamiento a conceptos, características y metodológicas de Análisis y Evaluación. Manizales, Colombia. 38 p.
- Escobar, Ch. (1996). Zonificación biofísica del Municipio de Palmira. Palmira. Recuperado el Julio de 2014.
- Grupo recursos hídricos CVC. (1996). Evaluación del recurso hídrico de la unidad de manejo Tuluá-Morales. Informe final. En J. Cárdenas, & J. Daza. Cali, Valle del Cauca, Colombia.
- Nivia, G. Á. (2001). Mapa Geológico del Departamento del Valle del Cauca-Escala 1:250000. Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS).
- Red de Estudios sociales en prevención de Desastres en América Latina, La Red. (1993). Los desastres no son naturales. Compilador: Andrew Maskey. 140 p.
- Subsecretaria de Desarrollo Regional y Administrativo, Gobierno de Chile; Naciones Unidas; CEPAL. (2011). Guía análisis de riesgos naturales para el ordenamiento territorial. Santiago de Chile. 147 p.

Propuesta metodológica para la construcción de un índice de evaluación espacial de vulnerabilidad al cambio climático en cuencas del departamento de Nariño

Diego Rosero, Viviana Vargas

RESUMEN

**El objetivo de la presente investigación es proponer una metodología para la construcción de un índice con el propósito de evaluar la vulnerabilidad al Cambio Climático (CC) en cuencas del departamento de Nariño. La formulación de la metodología se basa en gestión de conocimiento, existencia de información, uso de técnicas de inteligencia artificial, como lógica difusa, facilidad para acceder y espacializar información. Como resultados se obtiene una metodología basada en el modelo conceptual de vulnerabilidad del IPCC dividida en 3 etapas, la primera consiste en la selección de estrategias para evaluación de vulnerabilidad, la segunda propone la metodología para construir el índice de evaluación de vulnerabilidad al CC y la tercera etapa consta en aplicar el índice construido y retroalimentar la metodología. En conclusión, el método propone la construcción de una herramienta capaz de reducir la subjetividad e incertidumbre en la medición de la vulnerabilidad frente al CC.**

**Palabras Clave**— cambio climático, índice, vulnerabilidad, lógica difusa, cuencas hidrográficas.

I. INTRODUCCIÓN

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), define el Cambio Climático (CC) como el “cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. Estos cambios producidos en las condiciones climáticas han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todo el mundo, alterando los sistemas hidrológicos y generando impactos negativos en los rendimientos de los

cultivos y la salud humana (IPCC, 2014).

El Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (por sus siglas en inglés IPCC) publicado en el 2007 afirma que los efectos del CC variarán no solo según el clima y la geografía, sino también por grupos sociodemográficos, debido a la variación en la capacidad de las comunidades humanas para anticipar, resistir y recuperarse de los desastres naturales (IPCC, 2007).

En el 2014 el IPCC presentó un modelo conceptual de vulnerabilidad, en el cual menciona que esta variable depende de la sensibilidad del sistema y de su capacidad de adaptación. Sin embargo, esta investigación considera que la exposición es un factor propio de la vulnerabilidad como se menciona en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC.

La literatura evidencia grandes desastres hidrometeorológicos ocurridos en diferentes escalas temporales y espaciales, resaltando que en los últimos 20 años se han exacerbado las catástrofes relacionadas con el clima (Aldunce, Neri, & Szlafsztein, 2008; IDEAM, 2015; MADS, 2015). Si bien, en la ocurrencia de las catástrofes mencionadas no se puede negar la contribución de los factores hidrometeorológicos, dichos sucesos no se habrían convertido en grandes desastres, de no ser por la presencia de factores humanos como el crecimiento, exposición de la población, manejo inadecuado del ambiente, procesos marginales como exclusión social y desplazamiento y problemas de gobernabilidad (Aldunce, Neri & Szlafsztein, 2008; Almeida, Welle & Birkmann, 2016; IPCC, 2014).

Por lo tanto es más importante, desarrollar mecanismos de evaluación del riesgo y vulnerabilidad, que contribuyan en la comprensión de los riesgos de las amenazas naturales y

Viviana Vargas: [vvargasf@unal.edu.co](mailto:vvargasf@unal.edu.co), Profesora, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Colombia.

Diego Rosero: [dfroserop@unal.edu.co](mailto:dfroserop@unal.edu.co) estudiante de Maestría en Ingeniería – Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia.

potenciales impactos del CC en la sociedad humana, en todos los niveles (local, nacional, regional, mundial) (Almeida, Welle & Birkmann, 2016)

El objetivo de la presente investigación, es proponer una metodología para la construcción de un índice con el fin de evaluar espacialmente la vulnerabilidad de cuencas hidrográficas del departamento de Nariño al Cambio Climático.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Vulnerabilidad

De acuerdo al IPCC (2014) la vulnerabilidad se comprende como la relación entre la sensibilidad que un sistema puede sufrir frente a un daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación. Sin embargo, en esta investigación se considera que la exposición es una variable que repercute directamente en la vulnerabilidad como se menciona por el IPCC (2007).

### B. Lógica difusa

Es una herramienta analítica que pretende introducir un grado de incertidumbre en el razonamiento y pensamiento humano, para tener respuestas basadas en conceptos más coherentes (Arango, Urán & Pérez, 2008). La lógica difusa representa conocimiento y datos inexactos en forma similar a como lo hace el pensamiento humano (Arango, et al, 2008)

### C. Exposición

El quinto informe del IPCC define la exposición como la presencia de un sistema en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.

### D. Capacidad de adaptación

El quinto informe del IPCC, la plantea como la capacidad de un sistema para moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades benéficas que pueden surgir de una amenaza.

### E. Susceptibilidad

En el año 2007 el IPCC menciona la susceptibilidad o sensibilidad como la incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos.

### F. Índice compuesto

Un índice compuesto es un conjunto de indicadores sistematizados y organizados de forma lógica. En cuanto a los indicadores, estos son herramientas utilizadas especialmente para efectuar monitoreo a

través de la recolección sistemática de datos obtenidos mediante mediciones u observaciones en series de espacio y tiempo (Therburg, D 'Inca & López, 2005).

En la actualidad los índices son ampliamente utilizados en la evaluación de la vulnerabilidad al CC a nivel mundial (Almeida, 2016; Batisha, 2015; Dong, Wang, Zhang & 2015; Mapplecroft, 2014; Vargas Franco, 2014).

## III. METODOLOGÍA

La propuesta metodológica para la construcción del índice se realizó a partir de revisión de literatura tanto nacional como internacional, referente a la evaluación de la vulnerabilidad frente al CC o a una amenaza hidroclimatológica. La revisión de literatura fue utilizada para la identificación de estrategias de evaluación de vulnerabilidad y generación de pila de indicadores. A través de la gestión de conocimiento se identificó la información existente y de fácil acceso presente en la región andina del departamento de Nariño, utilizada para la selección de indicadores que conforman el índice.

## IV. RESULTADOS

La estructura general de la metodología para la construcción del índice de evaluación espacial de vulnerabilidad consiste en tres etapas como se muestra en la Fig.1.

La primera etapa consiste en seleccionar de la revisión de literatura, las estrategias metodológicas más factibles de acuerdo a la disponibilidad de información y a la facilidad de ser espacializada. La segunda etapa está en integrar las estrategias seleccionadas en la primera etapa con el modelo conceptual propuesto por el IPCC. Finalmente, la tercera etapa consiste en aplicar la metodología propuesta y hacer una retroalimentación con los resultados obtenidos.



Fig. 1. Diagrama metodológico general.

### A. Etapa 1

Esta primera etapa se divide en dos partes, la primera consiste en la revisión de antecedentes de estrategias de evaluación de vulnerabilidad al CC aplicadas tanto a nivel mundial como a nivel local, enfatizando en zonas que presentan características topográficas similares. La segunda parte consiste en la revisión de información existente en la región andina del departamento de Nariño, de fácil acceso y con posibilidades de ser espacializada Fig. 2.

Al ser contrastadas las estrategias utilizadas a nivel mundial y local con la información existente en la zona de estudio se generan las estrategias que son más factibles para ser utilizadas.

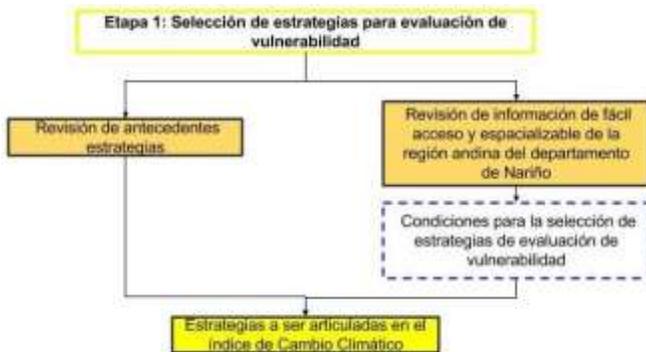


Fig. 2 Diagrama metodológico Etapa 1.

### B. Etapa 2

Una vez identificadas las estrategias para evaluar la vulnerabilidad, se prosigue en la construcción de la metodología y articulación de las estrategias.

En esta etapa se construye el índice de evaluación al CC. Básicamente la metodología consta de 3 tipos de indicadores basados en el modelo conceptual del IPCC, indicadores de Exposición, susceptibilidad y capacidad de adaptación Fig. 3.

Los indicadores de exposición representan la ubicación de un sistema frente a una amenaza, para esto se utilizan indicadores morfométricos combinando técnicas de teledetección e interpolación de variables hidrológicas. En cuanto a los indicadores de susceptibilidad y capacidad adaptativa se construyen basados en lógica difusa y posteriormente se espacializa, utilizando una herramienta de Sistemas de Información Geográfico (SIG).

La unión de estos tres tipos de indicadores va a conformar el índice compuesto de evaluación espacial de vulnerabilidad frente al CC.

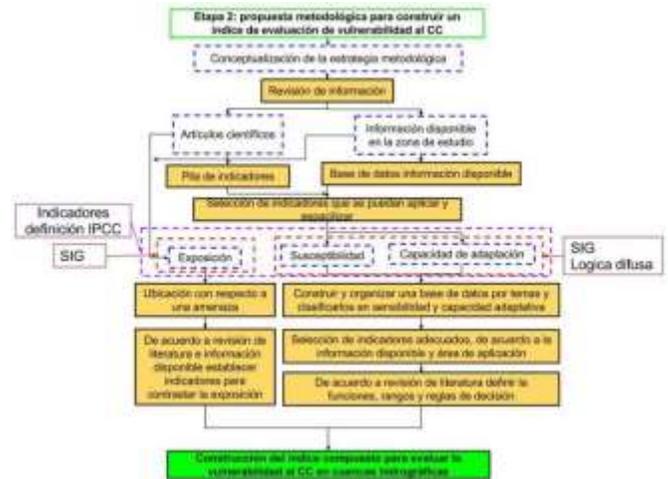


Fig. 3. Diagrama metodológico Etapa 2.

### C. Etapa 3

La tercera etapa realiza la aplicación del índice en una cuenca de la región andina del departamento de Nariño para posteriormente evaluar los resultados del índice y retroalimentarlo Fig. 4.

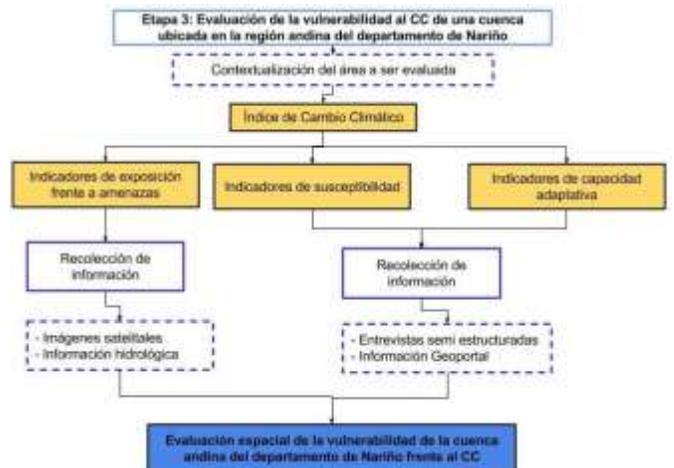


Fig. 4. Diagrama metodológico Etapa 3.

## V. CONCLUSIONES

La metodología propuesta es un instrumento para la construcción de índices de evaluación de vulnerabilidad frente al cambio climático basado en gestión de conocimiento. Integrando herramientas analíticas que reducen la subjetividad e incertidumbre, favoreciendo la toma de decisiones en la gestión del riesgo.

## REFERENCIAS

Aldunce, P., Neri, C., & Szlafsztein, C. (2008). *Hacia la evaluación de prácticas de adaptación ante La variabilidad y el cambio climático*. Facultad

de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Retrieved from <http://environmentalmigration.iom.int/hacia-la-evaluación-de-prácticas-de-adaptación-ante-la-variabilidad-y-el-cambio-climático>.

Almeida, L. Q., Welle, T., y Birkmann, J. (2016). Disaster risk indicators in Brazil: A proposal based on the world risk index. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 17(March 2015), 251–272. Retrieved from <http://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.04.007>

Arango, M., Urán, C., y Pérez, G. (2008). Applicability of fuzzy logic to supply chains. *Avances En Sistemas E Informatica*, 5, 117–126. Retrieved from <http://revistas.unal.edu.co/index.php/avances/article/view/10105/10630>

Batisha, A. F. (2015). Implementing fuzzy decision making technique in analyzing the Nile Delta resilience to climate change. *Alexandria Engineering Journal*, 54(4), 1043–1056. Retrieved from <http://doi.org/10.1016/j.aej.2015.05.019>

Dong, Z., Pan, Z., An, P., Wang, L., Zhang, J., He, D., ... Pan, X. (2015). A novel method for quantitatively evaluating agricultural vulnerability to climate change. *Ecological Indicators*, 48, 49–54. Retrieved from <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.032>

IDEAM. (2015). Informe del estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2012, 2013 y 2014. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Retrieved from [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023235/IEARN\\_primera\\_parte\\_clima\\_2014.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023235/IEARN_primera_parte_clima_2014.pdf).

IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. (R. Pachauri & A. Reisinger, Eds.). Ginebra, Suiza: IPCC. Retrieved from <http://doi.org/10.1256/004316502320517344>

IPCC. (2014). *Cambio Climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad- Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de*

*Expertos sobre el Cambio Climático*. (C. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, ... L. L. White, Eds.). Ginebra, Suiza: IPCC. Retrieved from [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5\\_wgII\\_spm\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf)

MADS, A. (2015). Cartilla: Incorporación de Cambio Climático en Planes Estratégicos de Macrocuena y Planes de Ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá, Colombia: MADS. Retrieved from <http://cambioclimaticorh.wix.com/cclim-cuencas>.

Mapplecroft. (2014). Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe. (CAF, Ed.). Retrieved from <http://www19.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2014/15019es.pdf>

Therburg, A., D'Inca, V., y López, M. (2005). Modelo de indicadores ambientales. Observatorio ambiental. *Revista Proyección*, 1, 1–17. Retrieved from <http://bdigital.uncu.edu.ar>

Vargas Franco, V. (2014). Modelo Basado En Conocimiento Para La Planeación De Cuencas Hidrográficas Con El Uso De Inteligencia Artificial. Universidad Del Valle, 166.

# QUESO CAMPESINO ENRIQUECIDO CON EXTRACTO DE EPICARPIO DE MARACUYÁ (*PASSIFLORA EDULIS* VARIEDAD FLAVICARPA)

Eliana Acosta Pinchao, Juan Camilo Martínez Orozco, Manuel Perea Camayo, Hernando Roa Rodríguez, Julian Andres Sánchez Rodríguez, David Santiago Rodríguez Giraldo, Alejandro Tejada Narváez, Junior Bernardo Molina Hernández y Margarita María Andrade-Mahecha<sup>1</sup>

## RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la influencia de la adición de extracto de epicarpio de maracuyá en las propiedades fisicoquímicas (*aw*, pH, color, textura) y sensoriales (aroma, color, firmeza y sabor) de un queso fresco tipo campesino durante nueve días de almacenamiento (QCA), en comparación con un queso de formulación control y un queso comercial del mismo tipo. En el proceso de elaboración de queso, el poder coagulante de la enzima utilizada fue de: 90,79 y 86,22 L/g para leche destinada a la formulación de queso control y leche con adición del extracto evaluado. El contenido de humedad de los quesos QCA, control y comercial en el día 9 de almacenamiento fueron: 48,37%, 47,91%, 37,42% respectivamente. La adición del extracto de epicarpio de maracuyá no influyó significativamente la coagulación de la leche, las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del queso durante los nueve días de almacenamiento.

**Palabras Clave** — Actividad antioxidante, epicarpio de maracuyá, queso fresco.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la industria de alimentos se ha preocupado por suministrar a los consumidores productos que además de alimentar puedan contribuir a la salud de los mismos. Para ello, una de las estrategias que actualmente se utiliza es la adición de compuestos antioxidantes en alimentos procesados. En el cuerpo humano, estos compuestos contribuyen a disminuir el estrés oxidativo causado por un desequilibrio entre los

compuestos pro-oxidativos y antioxidantes que conlleva al desarrollo de enfermedades crónicas. (Landete, 2017). Las fuentes naturales de antioxidantes por excelencia corresponden a frutas y hortalizas (Cerón, Higuera & Cardona, 2011), las cuales además de vitaminas C y E, pueden contener compuestos fenólicos y flavonoides. El aprovechamiento de residuos agroindustriales como cáscaras, hojas y semillas de frutas y hortalizas ofrece la posibilidad de obtener estos compuestos fenólicos y antioxidantes (Campo, Villada & Meneses, 2016).

El maracuyá es un fruto con alta actividad antioxidante y con presencia de fitoquímicos bioactivos. La mayoría de estas sustancias están presentes en la cáscara y pulpa de las frutas y también pueden ser fuente de alcaloides, flavonoides, carotenoides, minerales, vitamina A y vitamina C, sustancias responsables del efecto funcional en los alimentos (Barros, Gomes & Viana Da Silva, 2016). El aprovechamiento de los residuos de la producción de jugos de fruta depende de la disponibilidad tecnológica para convertirlos en productos comerciales que puedan ser empleados como insumos o ingredientes en la formulación de alimentos (Sánchez-Zapata, Fernández-López, Peñaranda, Fuentes-Zaragoza, Sendra & Sayas, 2011).

El queso es mundialmente reconocido como una buena fuente de nutrientes que contribuyen positivamente a la salud de los consumidores. El mayor consumo per cápita anual de queso en el mundo se da en los países occidentales, principalmente en Francia y Alemania con consumos de 75,5 kg y 22,2 kg respectivamente (Gore, Mardon, Guerinon, & Lebecque, 2016).

<sup>1</sup> Primer Autor: [Emacostap@unal.edu.co](mailto:Emacostap@unal.edu.co) estudiante de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Segundo Autor: [Jucmartinezor@unal.edu.co](mailto:Jucmartinezor@unal.edu.co), estudiante de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Tercer Autor: [Mapereac@unal.edu.co](mailto:Mapereac@unal.edu.co), estudiante de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Debido al amplio consumo de este producto en los países occidentales, este se perfila como un excelente vector de compuestos nutraceuticos.

En este trabajo se evaluó la influencia de un extracto con capacidad antioxidante proveniente del epicarpio del maracuyá (*Passiflora edulis* variedad. flavicarpa) en la coagulación de la leche destinada a la producción de queso fresco tipo campesino, adicionalmente se analizó la influencia de este extracto en las propiedades fisicoquímicas del queso (pH, aw, firmeza, deformación, color y contenido de humedad). Finalmente, un panel sensorial conformado por evaluadores no entrenados evaluó la aceptación general del producto desarrollado. Los resultados fueron comparados con los obtenidos para la formulación de queso control (sin incorporación de extracto).

## II. MÉTODOS Y MATERIALES

### Elaboración del Queso Fresco

Para cada formulación se utilizaron 10 litros de leche pasteurizada (63 °C / 30 min). Seguidamente, la temperatura de la leche se ajustó a 40 °C para adicionar 0,3 g del extracto de epicarpio de maracuyá (formulación QCA) y 4 g de CaCl<sub>2</sub> para ambas formulaciones. Cuando la temperatura disminuyó a 32 °C, se adicionó la enzima proteolítica 0,099 g para la formulación QCA y 0,096 g para la formulación control. Transcurridos 40 min se presentó la coagulación enzimática de la leche y se procedió a realizar el corte de la cuajada en sentido vertical y horizontal. Después de la agitación y reposo de los granos de cuajada, se separó el lactosuero. Seguidamente, los granos de cuajada se sometieron a 45 °C antes de realizar el desuerado final. A la masa de cuajada obtenida para cada formulación se le adicionó sal (1,5 g / 100 g). Finalmente, las muestras fueron moldeadas, prensadas durante 48 horas y mantenidas en refrigeración (4 °C) para la realización de los respectivos análisis.

### Efecto de la adición de compuesto Antioxidante en las propiedades Fisicoquímicas del queso fresco

Para cada formulación (Control y QCA), se determinó el poder coagulante de la enzima utilizada mediante la ecuación (1) (Cano Salazar, 2015). Siendo Fc el poder coagulante, L el volumen

de leche (ml), T el tiempo estándar de coagulación 2400 s, C la cantidad de enzima (g) y t, el tiempo de coagulación (s).

$$Fc = (L * T)/(C * t) \quad (1)$$

El porcentaje de humedad se determinó mediante la ecuación (2), utilizando una balanza de humedad (Precisa XM60) con muestras de 1 g aproximadamente (Tobón, Velásquez, & Restrepo, 2004). Donde m<sub>h</sub> es la masa total de la muestra y m<sub>H<sub>2</sub>O</sub> es la masa de agua evaporada (Martínez & Lira, 2010).

$$\%H = (m_{H_2O} / m_h) * 100 \quad (2)$$

La determinación de la actividad de agua se realizó en un equipo Aqualab, empleando muestras de cada formulación cortadas en cubos de aproximadamente 10 mm x 10 mm x 10 mm (Daglio, 2017). Para la determinación de firmeza y % de deformación se realizó un ensayo de compresión uniaxial en el texturometro (Shimadzu EZtest-S) (Ramírez-López & Vélez-Ruiz, 2012), empleando cubos de queso de 20 mm x 20 mm x 20 mm. Las condiciones del ensayo fueron velocidad de desplazamiento de la sonda: 30 mm/min, tope de desplazamiento máximo de la sonda: 15 mm, celda de carga 500 N, diámetro de sonda: 0.8 cm. Longitud de sonda 5.5 cm. Base soporte: 11.8 cm

Las coordenadas del sistema CIEL\*a\*b\* se determinaron usando un colorímetro (Konica Minolta CR-400 Osaka, Japón), con D65 como iluminante y ángulo de observador de 2 grados. Posterior a esto, empleando la ecuación (3) se calculó el diferencial de color ΔE (Pathare, Opara & Julanda 2012). Donde L<sub>0</sub>, a<sub>0</sub> y b<sub>0</sub> correspondieron a los valores iniciales promedio obtenidos para las formulaciones control y comercial en el primer día del periodo de almacenamiento evaluado. L, a, b correspondieron a los valores medidos para la formulación QCA durante período de almacenamiento.

$$\Delta E = [ (L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2 ]^{1/2} \quad (3)$$

Para la determinación de pH, las muestras se colocaron directamente con el electrodo del pHmetro (744-mettrom), hasta que la lectura fuera estable (Castro, Martínez, Martínez, & Espinoza, 2013). Por otra parte, el análisis sensorial se realizó con un grupo de 19 evaluadores no entrenados (10 mujeres y 9 hombres). Los atributos evaluados fueron aroma, color, firmeza y sabor en una escala

de 1 a 5 donde 5 correspondió a la mejor calificación para cada parámetro (Valencia García et al, 2008). Los resultados fueron analizados mediante ANOVA y prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ) empleando el programa estadístico S.A.S (versión 9.6).

### III. RESULTADOS

#### PODER COAGULANTE DE LA ENZIMA

En la Tabla 1 se presentan los resultados correspondientes al poder coagulante de la enzima utilizada para la coagulación de la leche en las formulaciones evaluadas. Los resultados mostraron que el poder coagulante de la enzima en la formulación QCA fue menor en comparación con la obtenida para la formulación control. Resultados similares fueron obtenidos por otros autores (Da Silva, Matumoto-Pintro, Bazinet, Couillard & Britten, 2015), quienes encontraron que el poder coagulante de la enzima disminuyó en un 65% aproximadamente, debido a la interacción ocurrida entre los polifenoles y los residuos de prolina cercanos al punto de unión entre la k-caseína y la enzima proteolítica, dificultando así la actividad proteolítica de la enzima y en consecuencia, disminuyendo la eficacia de la enzima para hidrolizar la k-caseína, lo que incrementa el tiempo de coagulación de la leche.

**Tabla 1. Poder coagulante de la enzima para formulación de queso control y QCA.**

| Muestra | Fuerza de cuajo (L/g) |
|---------|-----------------------|
| Control | 90,792 ± 16,781       |
| QCA     | 86,221 ± 11,253       |

**L** – litros de leche coagulada, **g** – gramos de enzima.

**Fuente:** Autores.

#### CONTENIDO DE HUMEDAD.

Durante el periodo de almacenamiento evaluado se evidenció que el contenido de humedad de las muestras QCA y control fue más estable en comparación a las muestras de queso campesino comercial, para las cuales se evidenció una disminución significativa de éste parámetro a los 9 días almacenamiento (tabla 2).

#### ACTIVIDAD DE AGUA.

La actividad de agua ( $a_w$ ) no varió significativamente en función del tipo de formulación. En relación al periodo de almacenamiento, se evidenció que al

noveno día  $a_w$  disminuyó significativamente en las formulaciones QCA y comercial.

#### pH

De las tres formulaciones de queso evaluadas, QCA presentó menor variación de pH durante el periodo de almacenamiento evaluado. Este resultado es promisorio al indicar que la adición de extracto de epicarpio de maracuyá favorece la estabilidad del queso campesino, probablemente debido a la presencia de compuestos antioxidantes en el extracto, los cuales podrían retardar alteraciones de sabor y textura en el producto (Siciliano, 2010).

#### FIRMEZA Y DEFORMACION

Transcurrido el periodo de almacenamiento evaluado, las tres formulaciones presentaron un incremento significativo en su firmeza. Este comportamiento puede asociarse a un incremento de interacciones hidrófobas de la estructura, resultando en una cuajada más firme y elástica. (Jeong, Lee, Ganesan, Kwak & Chang, 2017). No obstante, a los nueve días de almacenamiento, la formulación QCA presentó los menores valores de firmeza entre las formulaciones evaluadas. Este resultado podría estar relacionado con la presencia de compuestos antioxidantes contenidos en el extracto de epicarpio de maracuyá, los cuales una vez incorporados a la matriz de caseínas, originaron una estructura más abierta o porosa y, en consecuencia, menos firme en comparación a las muestras de queso control y comercial (Pimentel-González, et al 2015). Por otro lado, en la formulación QCA también fue posible evidenciar una disminución drástica del porcentaje de deformación durante los días de almacenamiento ( $P < 0,05$ ). Los valores de % de deformación está estrechamente relacionados con el contenido de humedad del producto (Navarro & López, 2012).

En el caso del queso campesino comercial se evidenciaron valores de firmeza significativamente mayores a los quesos elaborados en el presente estudio (QCA y control). Este resultado fue atribuido a diferencias en las condiciones de prensado (Ramírez-López & Vélez-Ruiz, 2012).

#### COLOR

Cuando las muestras de queso campesino con incorporación de extracto de epicarpio de maracuyá (QCA) se compararon con las muestras control, las diferencias de color fueron menores a las obtenidas

cuando la comparación se realizó tomando como referencia muestras de queso campesino comercial (tabla 3). Transcurridos nueve días de almacenamiento las diferencias de color frente a las muestras de queso comercial aumentaron

significativamente ( $P < 0,05$ ). El cambio de color en el queso está asociado a la oxidación de lípidos presentes durante el periodo de almacenamiento (Ramos et al, 2012)

**Tabla 2. Características fisicoquímicas de diferentes muestras de queso campesino durante nueve días de almacenamiento a 8 °C.**

| Parámetros               | Días | QCA                          | Control                      | Comercial                    |
|--------------------------|------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Contenido de Humedad (%) | 2    | 48,314 ± 1,400 <sup>Aa</sup> | 50,546 ± 0,349 <sup>Aa</sup> | 38,848 ± 0,925 <sup>Ab</sup> |
|                          | 7    | 47,040 ± 1,932 <sup>Aa</sup> | 50,332 ± 1,295 <sup>Aa</sup> | 38,824 ± 0,129 <sup>Ab</sup> |
|                          | 9    | 48,374 ± 0,974 <sup>Aa</sup> | 47,915 ± 1,670 <sup>Aa</sup> | 37,420 ± 0,691 <sup>Bb</sup> |
| a <sub>w</sub>           | 2    | 0,977 ± 0,002 <sup>Aa</sup>  | 0,974 ± 0,001 <sup>Aa</sup>  | 0,977 ± 0,002 <sup>ABa</sup> |
|                          | 7    | 0,978 ± 0,003 <sup>Aa</sup>  | 0,973 ± 0,001 <sup>Aa</sup>  | 0,978 ± 0,003 <sup>Aa</sup>  |
|                          | 9    | 0,971 ± 0,001 <sup>Ba</sup>  | 0,973 ± 0,002 <sup>Aa</sup>  | 0,972 ± 0,001 <sup>Ba</sup>  |
| pH                       | 2    | 6,310 ± 0,020 <sup>Ca</sup>  | 6,006 ± 0,015 <sup>Cb</sup>  | 6,310 ± 0,020 <sup>Aa</sup>  |
|                          | 7    | 6,550 ± 0,020 <sup>Aa</sup>  | 6,550 ± 0,020 <sup>Aa</sup>  | 6,550 ± 0,020 <sup>Aa</sup>  |
|                          | 9    | 6,396 ± 0,012 <sup>Ba</sup>  | 6,513 ± 0,015 <sup>Ba</sup>  | 5,876 ± 0,248 <sup>Bb</sup>  |
| Firmeza                  | 2    | 3,992 ± 0,602 <sup>Ba</sup>  | 3,623 ± 0,268 <sup>Ba</sup>  | 3,992 ± 0,602 <sup>Ba</sup>  |
|                          | 7    | 3,636 ± 0,151 <sup>Bb</sup>  | 3,452 ± 0,071 <sup>Bb</sup>  | 4,421 ± 0,337 <sup>Ba</sup>  |
|                          | 9    | 4,722 ± 0,113 <sup>Ac</sup>  | 6,399 ± 0,129 <sup>Ab</sup>  | 7,943 ± 0,053 <sup>Aa</sup>  |
| Deformación (%)          | 2    | 75,185 ± 0,106 <sup>Aa</sup> | 73,766 ± 1,069 <sup>Aa</sup> | 75,185 ± 0,106 <sup>Aa</sup> |
|                          | 7    | 75,185 ± 1,908 <sup>Ca</sup> | 45,894 ± 0,227 <sup>Cb</sup> | 46,450 ± 1,908 <sup>Cb</sup> |
|                          | 9    | 43,563 ± 0,754 <sup>Bc</sup> | 62,342 ± 0,223 <sup>Bb</sup> | 67,457 ± 0,353 <sup>Ba</sup> |

a-c Promedios ± desviaciones estándar con diferentes letras minúsculas en la misma fila indican diferencias significativas entre formulaciones comparadas en un mismo día de almacenamiento, según la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). A-C Promedios ± desviaciones estándar con diferentes letras mayúsculas en la misma columna indican diferencias significativas entre los días de almacenamiento, según la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). Fuente: Autores.

Sin embargo, para la formulación QCA, los bajos valores de  $\Delta E$  obtenidos frente a las muestras control, indicaron posible actividad antioxidante en el producto con nueve días de almacenamiento. Considerando que los compuestos antioxidantes actúan deteniendo la oxidación de los lípidos (Ibáñez, Torre & Irigoyen, 2003). Futuros estudios deberán realizarse para determinar la actividad antioxidante en QCA, durante el almacenamiento. Lo anterior, debido a que, al incorporar el extracto durante la coagulación de la leche, puede ocurrir migración de compuestos antioxidantes hacia el lactosuero.

letras minúsculas en la misma fila indican diferencias significativas entre formulaciones comparadas en un mismo día de almacenamiento, según la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). A-C Promedios ± desviaciones estándar con diferentes letras mayúsculas en la misma columna indican diferencias significativas entre los días de almacenamiento según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). Fuente: autores.

**Tabla 3. Diferencia de color ( $\Delta E$ ) obtenida para queso campesino con incorporación de extracto de epicarpio de maracuyá (QCA) durante 9 días de almacenamiento a 8 °C**

| Día | $\Delta E1$               | $\Delta E2$               |
|-----|---------------------------|---------------------------|
| 7   | 2,44 ± 0,36 <sup>Aa</sup> | 4,80 ± 0,13 <sup>Bb</sup> |
| 9   | 1,11 ± 0,37 <sup>Bb</sup> | 6,64 ± 0,13 <sup>Aa</sup> |

$\Delta E1$ : Empleando como referencia la muestra control.  $\Delta E2$ : Empleando como referencia la muestra de queso campesino comercial. a-c Promedios ± desviaciones estándar con diferentes

### ACEPTACIÓN SENSORIAL

Los resultados del análisis sensorial (tabla 4) mostraron que la incorporación de extracto de epicarpio de maracuyá no afectó significativamente ( $P < 0,05$ ) la calidad sensorial de QCA en términos de aroma, color firmeza y sabor.

En el análisis sensorial realizado por el grupo de 19 personas indicó que la característica que menor aceptación tuvo para el queso QCA fue el aroma ( $3,89 \pm 0,99$ ), aunque éste valor no se diferenció significativamente de la formulación control. El pericarpio de maracuyá presenta tres partes exocarpio, mesocarpio, y endocarpio, de los cuales, el exocarpio puede aportar sabores extraños al producto (Rodríguez & Edwin, 2012).

**Tabla 4. resultados de la aceptación sensorial de muestras de queso campesino con incorporación de extracto del epicarpio de maracuyá (QCA) y queso campesino control.**

| Atributo | QCA                        | Control                    |
|----------|----------------------------|----------------------------|
| Aroma    | 3,894 ± 0,99 <sup>a</sup>  | 4,157 ± 0,68 <sup>a</sup>  |
| Color    | 4,736 ± 0,56 <sup>a</sup>  | 4,631 ± 0,68 <sup>a</sup>  |
| Firmeza  | 4,842 ± 0,374 <sup>a</sup> | 4,578 ± 0,607 <sup>a</sup> |
| Sabor    | 4,263 ± 0,733 <sup>a</sup> | 4,210 ± 0,713 <sup>a</sup> |

<sup>a-c</sup> Promedios ± desviaciones estándar con diferentes letras minúsculas en la misma columna indican diferencia significativa entre los atributos sensoriales evaluados según prueba de Tukey (P < 0,05). Fuente: autores.

#### IV. CONCLUSIONES

La adición de extracto de epicarpio de maracuyá (*Passiflora edulis* variedad flavicarpa) no afectó significativamente las características fisicoquímicas del queso campesino en los primeros nueve días de almacenamiento. El producto desarrollado en el presente estudio difiere de un producto comercial principalmente debido a mayor contenido de humedad, menor firmeza, menor % de deformación y pH más estable. Los atributos con mayor aceptación sensorial en el queso con incorporación de extracto de epicarpio de maracuyá fueron color, firmeza y sabor.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Laboratorio de Tecnología de Leches y al Laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, por el apoyo técnico brindado en la realización del presente estudio.

#### REFERENCIAS

Barros, J., Gomes, V., Viana Da Silva, M. (2016) Phytochemical Analysis and Antioxidant Activity of the Hydroethanolic Extract of *Passiflora Edulis* F. Flavicarpa Residues. B. CEPPA, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 75-84.

Campo, Y., Villada, D., Meneses, J. (2016). Efecto del pre-tratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina contenida en el albedo del maracuyá (*Passiflora edulis*). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 14(1), 103-109

Cano Salazar, V. M. (2015). Extracción y caracterización fisicoquímica de quimosina bovina para producción de cuajo, sometida a variación térmica y de pH, a escala de laboratorio. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Castro, G., Martínez, F. E., Martínez, Á. R., & Espinoza, A. (2013). Caracterización de la microbiota nativa del queso Oaxaca tradicional en tres fases de elaboración. Revista de La Sociedad Venezolana de Microbiología, 33, 105–109.

Cerón, I., Higueta, J. C., & Cardona, C. A. (2011). Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina. Vector, 5, 1909–7891.

Da Silva, D. F., Matumoto-Pintro, P. T., Bazinet, L., Couillard, C., & Britten, M. (2015). Effect of commercial grape extracts on the cheese-making properties of milk. Journal of Dairy Science, 98(3), 1552-1562.

Daglio, A. L. (2017). Calidad de leche en vacas con lactancias prolongadas y su impacto en la elaboración de queso Cuartirolo.

Gore, E., Mardon, J., Guerinon, D., & Lebecque, A. (2016). Exploratory study of acid-forming potential of commercial cheeses: impact of cheese type. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 67(4), 412–421. <https://doi.org/10.3109/09637486.2016.1166188>.

Ibáñez, F., Torre, P., & Irigoyen, A. (2003). Aditivos alimentarios. Área de Nutrición y Bromatología, Universidad Pública de Navarra.

Jeong, H. J., Lee, Y. K., Ganesan, P., Kwak, H. S., & Chang, Y. H. (2017). Physicochemical, Microbial, and Sensory Properties of Queso Blanco Cheese Supplemented with Powdered Microcapsules of Tomato Extracts. Korean journal for food science of animal resources, 37(3), 342.

Landete, J. M. (2017). Dietary Intake of Natural Antioxidants: Vitamins and Polyphenols Dietary Intake of Natural Antioxidants: Vitamins and Polyphenols, 8398(August).

Martines, E., & Lira, L. (2010). Análisis y aplicación de las expresiones del contenido de humedad en sólidos. In Simposio de metrología (pp. 27-29).

Navarro, E., & Lopez, A. (2012). Obtención de Queso Fresco con Mezcla de Leche de Sacha Inchi. Universidad Nacional de San Martín.

Pathare P. B., U. L. Opara & Julanda A. F. (2012) Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. Food and

- Pimentel-González, D. J., Aguilar-García, M. E., Aguirre-Álvarez, G., Salcedo-Hernández, R., Guevara-Arauz, J. C., & Campos-Montiel, R. G. (2015). The Process and Maturation Stability of Chihuahua Cheese with Antioxidants in Multiple Emulsions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1027–1035.
- Ramírez-López, C., & Vélez-Ruiz, J. F. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6(2), 131-148.
- Ramos O. L., Pereira J. O., Silvia S.L., Fernandes J.C., Franco M. I., Lopes da Silva J. A., Pintado M.E. y Malcata F. X. (2012). Evaluation of antimicrobial edible coatings from a whey protein isolate base to improve the shelf life of cheese. *American Dairy Science Association J. Dairy Sci.* 95 :6282–6292
- Rodríguez, D., & Edwin, M. (2012). Evaluación de las características espesantes del mesocarpio de maracuyá (*Passiflora edulis* variedad flavicarpa) en la producción de conservas (Bachelor's thesis, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2012.)
- Sánchez-Zapata, E., Fernández-López, J., Peñaranda, M., Fuentes-Zaragoza, E., Sendra, E., Sayas, E. (2011). Technological properties of date paste obtained from date by-products and its effect on the quality of a cooked meat product. *Food Research International*, 44, 2401–2407.
- Siciliano, M. (2010). Estudio de la vida útil del queso crema utilizando microbiología predictiva, Escuela de posgrado Facultad regional de Buenos Aires, Buenos Aires – Argentina.
- Tobón, O., Velásquez, C., y Restrepo, M. (2004). Caracterización textural y fisicoquímica del queso edam. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*.
- Valencia García, Francia Elena; Millán Cardona, Leonidas de Jesús; Jaramillo Garcés, Yamilé; (2008). Estimación de la vida útil fisicoquímica, sensorial e instrumental de queso crema bajo en calorías. *Revista*

# USO DEL AGUA Y CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA

**Cabrera-Eraza D. E., Cadavid-Rodríguez L. S.**

[decabrera@unal.edu.co](mailto:decabrera@unal.edu.co), [lscadavidr@unal.edu.co](mailto:lscadavidr@unal.edu.co)

## RESUMEN

Los centros educativos juegan un papel importante en las dinámicas de consumo de agua en entornos urbanos, es así como por sus características de tamaño y población se han considerado como altos consumidores del recurso hídrico. Uno de los métodos que se reconoce para generar un mejor desempeño de la gestión del agua es la huella hídrica, la cual se define como indicador del impacto en la producción de bienes y servicios sobre el recurso hídrico, a través de la cuantificación del agua utilizada en la cadena de producción y la contaminación asociada a ésta. La presente investigación pretende determinar y evaluar la huella hídrica de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira a través de la metodología de huella hídrica, desarrollada por Arjen Hoekstra, con el fin de cuantificar los volúmenes del agua que son incorporados a los diferentes procesos que se llevan a cabo dentro de la institución, teniendo consideración de las condiciones sociales, económicas y ambientales propias de la región.

**Palabras clave:** Gestión del recurso hídrico, huella hídrica, sostenibilidad ambiental, centros educativos.

## INTRODUCCIÓN

Colombia cuenta con gran riqueza hídrica, tanto superficial como subterránea, aunque no está distribuida de forma homogénea (IDEAM, 2014). Además, año tras año el país ha perdido paulatinamente sus recursos hídricos, tanto así, que pasó del puesto 4 al 24 en el listado de riqueza hídrica mundial (Contraloría General de la República, 2012), lo que muestra la deficiente gestión del recurso hídrico en el país.

La estimación de la demanda hídrica nacional para el año 2012 desarrollada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) muestra que el país actualmente consume

un aproximado de 35.987 millones de m<sup>3</sup>, en donde el consumo de agua del sector agrícola representa un 46,6% del total del volumen de agua que se utiliza en el país, el consumo para generación de energía participa con el 21,5% y el uso doméstico con el 8,3% correspondiente a 2963,4 millones de m<sup>3</sup> de agua (IDEAM, 2014).

En estudios recientes desarrollados por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico de Colombia (CRA) revelan que el 7% de la población no tiene acceso ni a agua potable ni a saneamiento básico (Contreras & González, 2013). Además, durante el último fenómeno del niño, más de 120 municipios en el país sufrieron desabastecimiento de agua. Por esto, la adecuada gestión del recurso hídrico en el ámbito nacional debe ser reconocida como una prioridad.

En general el contexto nacional, se ha generalizado una cultura de consumo excesivo de agua, en los procesos industriales, en la agricultura, la ganadería y en el uso doméstico (Corrales & Acevedo, 2010). Dentro de los usos urbanos, llama la atención el comportamiento y las magnitudes en los consumos de agua presentados por instituciones educativas, las cuales por su tamaño y demanda se han categorizado como altos consumidores de agua (Trujillo Cardona & Sarmiento Ocampo, 2012). Esto se ve reflejado en la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, ya que mensualmente se presentan consumos del orden de 1269 m<sup>3</sup>/mes (Sistema de Gestión Ambiental sede Palmira, 2016).

La Universidad Nacional de Colombia sede Palmira cancela por la prestación del servicio de agua valores equivalentes a un aproximado de 64 viviendas pertenecientes a estrato 4 (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio Colombia, 2010). Estos valores de consumo se presentan debido a los diferentes usos que se dan dentro de universidad, tales como el aseo de las instalaciones, la preparación de alimentos entre otros.

Considerando la importancia y vulnerabilidad del recurso hídrico, la Universidad ha desarrollado estrategias que permitan la reducción del consumo de agua, con un enfoque hacia la eficiencia, es decir, utilizar de una mejor manera el recurso, para permitir la conservación y su vez disminuir la presión sobre este recurso.

Dichas estrategias, integran el plan de uso eficiente y ahorro del agua, el cual se implementó hace 8 años, en donde se ha logrado una disminución porcentual en consumos de agua para el año 2016 de 44,21% con respecto al año 2008 (Sistema de Gestión Ambiental sede Palmira, 2016); es decir, el impacto que ha tenido el plan sobre la gestión ambiental y sobre la disminución de los consumos de agua en este centro educativo es favorable.

Actualmente, aún se desconoce qué usos están afectando en mayor medida el consumo de agua y así mismo no se tiene certeza, sobre la sustentabilidad de los procesos que se desarrollan dentro de la institución. Por tal razón surge la necesidad de conocer el verdadero consumo por actividad, usuario y hábitos de consumo, para identificar que prácticas y actividades que están afectando el consumo de agua, para así poder generar herramientas e indicadores que proporcionen información que permita a la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira llegar a la eficiencia deseada.

La presente investigación es un aporte a los procesos de gestión ambiental que se desarrollan en las instituciones o centros educativos, como también a los diferentes procesos que se adelantan en materia ambiental en la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, ya que en el ámbito nacional ningún centro educativo ha calculado su huella hídrica, herramienta propuesta para generar mejor comprensión entre la relación de los procesos desarrollados por la Universidad y los impactos sobre el recurso hídrico.

## METODOLOGÍA

Para el cálculo de la huella hídrica se utilizó la metodología descrita por la red mundial de huella hídrica liderada por Arjen Hoekstra, la metodología se encuentra en el manual para la evaluación de huella hídrica (2011)

**Huella hídrica total.** La huella hídrica total del proceso, se determinará a partir de la sumatoria de los componentes verde, azul y gris de la siguiente forma:

### Ecuación (1)

$$\text{Huella Hídrica} = \text{HH Azul} + \text{HHverde} + \text{HHgris}$$

Donde:

**Huella Hídrica:** La cuantificación de la huella hídrica se expresa en unidades de volumen por unidad de tiempo, (Volumen/tiempo). Está compuesta por la huella hídrica azul (**HH Azul**), la huella hídrica verde (**HH verde**) y la huella hídrica gris (**HH gris**).

**Huella hídrica azul.** La huella de agua azul es un indicador de uso consuntivo de agua azul, en otras palabras, el consumo de recursos hídricos superficiales o subterráneos; la determinación de huella hídrica azul se realiza teniendo consideración de los siguientes componentes.

### Ecuación (2)

$$\text{HH azul} = \text{Vol}_{inc} + \text{Vol}_{Eva} + \text{FNR}$$

Donde:

**Vol<sub>inc</sub>:** Volumen de agua incorporada al proceso (Vol/tiempo); **Vol<sub>Eva</sub>:** Volumen de agua evaporada (Vol/tiempo); **FNR:** Perdida de flujo de retorno, se refiere al volumen de agua que no regresa a la misma cuenca hidrográfica de captación.

**Huella hídrica verde.** La huella hídrica verde corresponde al volumen total de agua que proviene de las precipitaciones y que cae efectivamente sobre plantas y suelo del lugar de estudio, para posteriormente evapotranspirarse. Se obtiene a partir de las ecuaciones 3 y 4:

### Ecuación (3)

$$\text{Agua Verde efectiva} = \text{Precipitación} * \text{Área}$$

En donde:

**Precipitación:** cantidad de precipitación que cae sobre la zona de estudio, expresada en (mm de agua/tiempo); **Área:** Área de zonas verdes de la institución, se expresa en unidades de superficie (m<sup>2</sup>).

Con la información presentada anteriormente se obtiene el agua verde que efectivamente es aprovechada en la universidad, a la cual se deberá realizar una diferencia, en donde se considere la

cantidad de agua que se incorpora al proceso, en este caso, al aprovechamiento de esta agua en zonas verdes y también una diferencia de la cantidad de agua que se evapora por procesos naturales con condiciones ambientales propias de la zona de estudio.

#### Ecuación (4)

$$HH \text{ verde} = A \cdot V_{Inc} + A \cdot V_{Eva}$$

Donde:

**Vol<sub>Inc</sub>**: Volumen de agua verde incorporada al proceso, (Vol/tiempo); **Vol<sub>Eva</sub>**: Volumen de agua verde evaporada, se expresa en unidades de volumen por unidad de tiempo.

**Huella hídrica gris.** Es el volumen de agua contaminada, que puede ser cuantificada como el volumen de agua requerida para diluir los contaminantes hasta el punto en que la calidad del agua esté sobre los estándares aceptables.

#### Ecuación (6)

$$HH \text{ gris} = \frac{(Vol_{Efl} * C_{Efl}) - (Vol_{Afl} * C_{Afl})}{C_{Max} - C_{Nat}}$$

Donde:

**Vol<sub>Efl</sub>**: Volumen del Efluente; **C<sub>Efl</sub>**: Concentración en el efluente en base al parámetro utilizado para la cuantificación; **Vol<sub>Afl</sub>**: Volumen del Afluente; **C<sub>Afl</sub>**: Concentración en el afluente en base al parámetro utilizado para la cuantificación; **C<sub>Max</sub>**: Concentración máxima del parámetro utilizado para la cuantificación en el cuerpo receptor según la normativa ambiental; **C<sub>Nat</sub>**: Concentración natural libre de impactos antropogénicos del parámetro utilizado para la cuantificación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

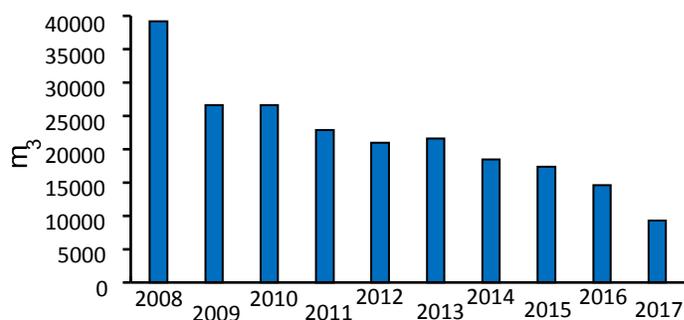
**Diagnóstico de infraestructura.** Servicio de acueducto y alcantarillado. Actualmente la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira se encuentra suscrita al servicio de acueducto, con la empresa Aqua Occidente S.A E.S.P, organización encargada de prestar el servicio de acueducto y alcantarillado en la ciudad de Palmira, Valle del Cauca. La empresa realiza captación de agua superficial del Río Nima; la cual es tratada en la planta de tratamiento de agua potable, localizada a 7 Kilómetros del casco Urbano de la ciudad de Palmira en el Corregimiento de Barrancas, y distribuida a través de una red

principal a algunos sectores de la ciudad de Palmira.

Actualmente la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, cuenta con 7 acometidas de agua potable y 1 acometida de agua subterránea, las cuales registran los datos de consumo de agua través de macromedidores de 2 pulgadas, aunque no se desarrolla micromedición dentro de la institución. La red de suministro principal de agua, se encuentra en tubería de PVC con diámetro de 2", la red de suministro secundaria presenta tubería en PVC con tuberías que varían de entre 1", 3/4" hasta 1/2".

**Diagnóstico de consumo de agua.** La Universidad actualmente consume alrededor de 65251 litros de agua dulce al día, es decir la suma del consumo de agua potable y agua subterránea, de los cuales 51251 litros corresponden a consumo de agua potable, mientras que el consumo de agua subterránea asciende a 14000 litros.

**Consumo de agua potable.** El consumo de agua potable en los últimos años ha disminuido de forma constante, puesto que el consumo de agua disminuyó cerca del 63% entre los años 2008 y 2016. Ya que en el año 2008 se presentó un valor de consumo de agua potable de 39151 m<sup>3</sup> al año, mientras que en 2016 el consumo de agua potable fue de 14604 m<sup>3</sup> al año (Fig. 1).



**Figura 1.** Registro de consumo de agua potable.  
**Fuente:** Sistema de gestión ambiental Unal Palmira, 2017

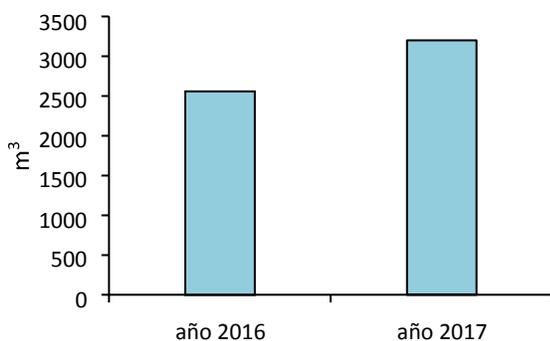
**Consumo promedio diario.** Considerando que la universidad funciona con normalidad desde el día lunes hasta el día sábado, se ha desarrollado un indicador que permita monitorear el consumo de agua potable diario, es decir, cuando existe una actividad académica normal. Como resultado se

determinó que el promedio diario de consumo de agua potable es de 51251 litros de agua (Tabla 1).

**Tabla 1.** Consumos promedio

| Periodo      |                       | 1 de enero del 2017 A:<br>30 de junio del 2017 |   |
|--------------|-----------------------|--|---|
| MES          | Variables             |  |   |
|              | Periodo<br>(días/mes) | Caudal<br>promedio<br>(m <sup>3</sup> /día)    | Volumen<br>utilizado<br>(m <sup>3</sup> /mes) |
| Enero        | 31                    | 37.87  | 1174  |
| Febrero      | 28                    | 65.18  | 1825  |
| Marzo        | 31                    | 67.84  | 2103  |
| Abril        | 30                    | 48.4   | 1452  |
| Mayo         | 31                    | 45.2   | 1401  |
| Junio        | 30                    | 43.84  | 1315  |
| <b>TOTAL</b> |                       |  | 9270 m <sup>3</sup> / año                     |

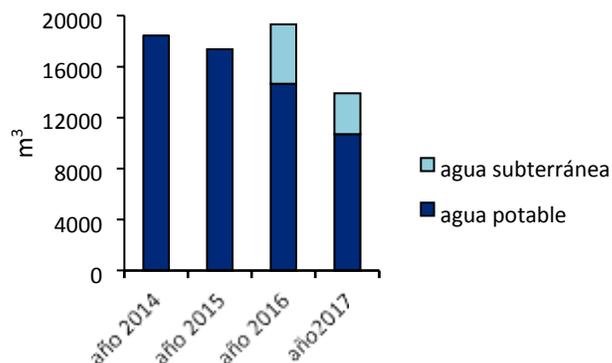
**Consumo de agua subterránea.** Desde el año 2016 la Unal Palmira, realiza extracción de aguas subterráneas, con las que se suple las necesidades hídricas de procesos como riego, desde el mes de mayo de 2016 se instaló un medidor que se verifica constantemente con el fin de evaluar las cantidades de agua que son extraídas. Es importante mencionar que la extracción de agua subterránea cuenta con los permisos legales emitidos por las entidades que regulan el uso de los recursos naturales. En la Figura 2 se muestra el consumo de agua subterránea, desde el mes de mayo de 2016 hasta el mes de agosto de 2017.



**Figura 2.** Registro de consumo de agua subterránea  
**Fuente.** Propio de esta investigación.

**Consumo de agua dulce.** Es importante diferenciar, el consumo de agua potable y el consumo de agua subterránea (Fig. 3), ya que el

agua potable presenta múltiples problemáticas en su estudio: las condiciones ambientales, la extracción y captación del recurso, el tratamiento, el transporte y conducción hasta llegar a los usuarios, es por ello que se paga por el servicio de agua potable, actualmente el valor por m<sup>3</sup> en la ciudad de Palmira es de \$2126 pesos.



**Figura 3.** Registro de consumo de agua dulce.  
**Fuente.** Propio de esta investigación.

Además, si se considera el consumo total de agua dulce el resultado es negativo, ya que indica que la Universidad no ha mejorado la eficiencia hídrica, puesto que al sumar el consumo de agua potable y subterránea los valores son mayores a años anteriores.

**Calculo de huella hídrica.** Los resultados del cálculo de la huella hídrica para el campus, son el resultado del análisis de múltiples variables ambientales involucradas en la cuantificación, como son: calidad de la cuenca abastecedora de agua potable, precipitación en la zona de estudio, análisis de calidad de agua en la red de la universidad, análisis de vertimientos de la universidad. El resultado del cálculo se expresa en m<sup>3</sup> al año.

Una vez realizado el cálculo, se obtuvo que la huella hídrica total de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira es de 7418 m<sup>3</sup> (Fig 4).

**Huella hídrica azul.** La huella hídrica azul de la Universidad es de 2143 m<sup>3</sup>, resultado del consumo de agua dulce, agua potable y subterránea, y representa el 29% del total de la huella de la institución.

**Huella hídrica verde.** La huella hídrica verde de la Universidad es de 2980 m<sup>3</sup>, valor que es resultado de la apropiación del agua lluvia en las zonas verdes. Es

importante mencionar que el año 2017 presentó valores anormales en cuanto a precipitación (Ideam, 2017), aumentando el promedio de precipitación. Así mismo este valor debe ser analizado con mayor detalle, ya que los beneficios ambientales representados en bienes y servicios ambientales de las zonas verdes pueden ser mayores a la huella; así mismo, la cobertura vegetal es considerada como el mejor indicador de la gestión ambiental.



**Fig 4.** Porcentaje de huella hídrica azul, verde y gris  
**Fuente.** Propio de esta investigación.

**Huella hídrica gris.** La huella hídrica gris de la Universidad es de 2295 m<sup>3</sup>, valor calculado con la variable DBO<sub>5</sub>. El resultado de la huella gris representa el impacto asociado a los procesos desarrollados al interior de la institución.

## CONCLUSIONES

La Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, actualmente consume un promedio de 65251 litros diarios de agua dulce, de los cuales 51251 litros corresponden a consumo de agua potable, mientras que el consumo de agua subterránea asciende a 14000 litros diarios.

La huella hídrica de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira es de 7418 m<sup>3</sup> (hasta el mes de agosto de 2017), donde el 40% corresponde a huella hídrica verde, 31% a huella hídrica gris y un 29% a la huella hídrica azul, que corresponde a 2143 m<sup>3</sup>.

En el ámbito nacional, no existen normativas claras que permitan a los centros educativos proponer

objetivos alcanzables en cuanto a eficiencia en el consumo de agua potable, el único referente nacional se presenta en la norma técnica colombiana NTC 1500 pero los valores presentados son muy elevados en contraste con normativas internacionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Contraloría General de la República, “Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente 2012,” p. 512, 2012.

Contreras M. Y. and González K. A., “El Acceso Al Agua Para Consumo Humano En Colombia,” *Rev. Econ. Inst.*, vol. 15, no. 29, pp. 125–148, 2013.

Corrales A. and Acevedo Y. P, “Diseño del programa de ahorro y uso eficiente del agua en la Escuela de Cadetes de Policía, General Francisco de Paula Santander,”

IDEAM, *Estudio Nacional del Agua*. 2014.

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio Colombia, “Título B. Sistemas de Acueducto,” in *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*, 2010, p. 480.

*Oab.Ambientebogota.Gov.Co*, 2010.

TRUJILLO CARDONA C. D. and SARMIENTO OCAMPO J. F., “Estrategias de uso eficiente y ahorro de agua en centros educativos, caso de estudio, edificio facultad de ciencias ambientales – universidad tecnológica de pereira,” pp. 1–100, 2012.

**Andrés Felipe Reyes Giraldo y Hugo Alexander Martínez Correa**

## RESUMEN

**El chontaduro es una fuente considerable de compuestos fenólicos, con una importante de antioxidantes que pueden proporcionar efectos beneficiosos en la salud. Estos compuestos se obtienen mediante técnicas de extracción convencionales, y se puede mejorar su obtención al emplear pretratamientos, por tal razón en este trabajo se evaluó el efecto del pretratamiento de microondas en la obtención de compuestos fenólicos de la cáscara de chontaduro mediante extracción convencional. Los resultados mostraron que la mejor condición para la extracción de fenoles para microondas fue de 180 s con una potencia de 280 W (1.3619 mg GAE/g harina) en comparación al control (0.9578 mg GAE/g harina). Por tanto el uso del microondas mejora la extracción de fenoles.**

**Palabras Clave — Cáscara, Fenoles, microondas, Soxhlet.**

## I. INTRODUCCIÓN

Los compuestos fenólicos son una variedad importante de antioxidantes que pueden proporcionar efectos beneficiosos en la salud humana, como prevención de enfermedades cancerígenas, cardiovasculares o neurodegenerativas (Sánchez-Camargo, et al, 2016) gracias a su capacidad para reducir los procesos oxidativos en el cuerpo humano (Pereira, et al, 2015) Debido a su actividad antioxidante son extraídos de matrices vegetales y utilizados como ingredientes funcionales en la industria alimentaria para mejorar la calidad nutricional de los alimentos (Pereira, et al, 2015)

Andrés Felipe Reyes Giraldo: [anfreyesgi@unal.edu.co](mailto:anfreyesgi@unal.edu.co), estudiante de Maestría en Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Colombia.

El chontaduro (Fig 1.) es una fuente considerable de compuestos fenólicos, siendo la cáscara la que cuenta con mayor proporción en este componente, seguido de la pulpa y luego la semilla (108, 65.7 y 61.2 mg de GAEs/100 g de peso fresco respectivamente) (Contreras-Calderón, Calderón-Jaimes, Guerra-Hernández & García-Villanova, 2011). No obstante, la cáscara es desechada sin tener en cuenta que representa el 11% del fruto (Ordóñez-Santos, Pinzón-Zarate & González-Salcedo, 2015) es decir, que de 68670 toneladas de la producción nacional de chontaduro (Agronet, 2014), 7554 toneladas corresponden a cáscara, por lo que podría ser utilizada para la extracción de éstos compuestos antioxidantes.

Generalmente, estos compuestos se obtienen mediante técnicas de extracción convencionales, sin embargo, requieren tiempos largos para la extracción y grandes cantidades de disolventes (Machado, Pasquel-reátegui, Fernández & Martínez, 2014). De acuerdo con estudios realizados, el uso de pretratamientos en la obtención de compuestos bioactivos mejora el rendimiento de extracción y en conjunto con fuentes alternas de energía se disminuye tiempo del proceso, consumo de energía y uso de disolvente (Ganesapillai, Mathew, Singh & Simha, 2016).

No se reportan investigaciones realizadas sobre pretratamientos en un residuo como lo cáscara de chontaduro. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del pretratamiento de microondas en la obtención de compuestos fenólicos de la cáscara de chontaduro mediante extracción convencional.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. *Materia prima*

La harina utilizada para la investigación es el

Hugo Alexander Martínez Correa: [hamartinezco@unal.edu.co](mailto:hamartinezco@unal.edu.co), Profesor, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia

residuo del proceso de extracción supercrítica de carotenoides a partir de harina de cáscara de chontaduro (Gutiérrez-Montero, 2016). Esta harina desengrasada se caracterizó, encontrándose: un tamaño de partícula menor a 600  $\mu\text{m}$ , contenido de humedad del  $2.2 \pm 0.004\%$  (ICONTEC, 2009), cenizas  $2.3 \pm 0.14\%$  (AOAC, 2005), grasa  $1.43 \pm 0.41\%$  [3], proteína bruta  $7.17 \pm 0.17\%$  (Kjeldahl, 1983) y carbohidratos totales 86.9%.



Fig. 1. Frutos de chontaduro (*Bactris gasipaes*)  
Fuente: autores

#### B. Diseño experimental

El efecto del pretratamiento de y microondas en la extracción de compuestos fenólicos a partir de harina de cáscara de chontaduro desengrasada se evaluó mediante un diseño factorial  $3^2$ , donde los factores fueron el tiempo (180 a 540 s) y la potencia del microondas (W) 200 a 400 W (Tabla 1). La extracción soxhlet se empleó para la obtención de estos compuestos. Los valores obtenidos se compararon con un control (sin ningún tipo de pretratamiento).

Tabla 1. Valores experimentales que se utilizaron durante el proceso de extracción de compuestos fenólicos.

| Variable     | -1  | 0   | 1   |
|--------------|-----|-----|-----|
| Potencia (W) | 200 | 300 | 400 |
| Tiempo (s)   | 180 | 360 | 540 |

#### C. Descripción del proceso

La extracción fue realizada usando equipo de extracción convencional soxhlet siguiendo el procedimiento descrito por la referencia

(Machado, et al, 2014). Para ello, se emplearon 5 g de harina y se extrajeron con 200 mL de etanol a  $80^\circ\text{C}$  durante 5 horas.

#### D. Contenido en fenoles totales

El contenido total de fenoles se cuantificó usando el reactivo de Folin-Ciocalteu, de acuerdo con el procedimiento descrito por la referencia (Martínez-Correa, et al, 2011) 1 ml de extracto diluido se transfirió a un matraz aforado de 25 ml que contenía 9 ml de agua ultra pura. El reactivo de Folin-Ciocalteu (1 ml) se agregó y se mezcló. Después de 5 min, 10 ml de carbonato de sodio (7%) fueron agregados y se completó el volumen con agua ultra pura. Luego de 90 min de incubación a  $23^\circ\text{C}$  en la oscuridad, se midió la absorbancia a 750 en un espectrofotómetro (Lambda 40 UV-VIS, Perkin Elmer, EE.UU.), y el resultado se calculó usando una curva de calibración de ácido gálico pre-preparada (0-100mg/l). El blanco se preparó usando el mismo procedimiento con un 1 ml de etanol en lugar de 1 ml de extracto. El resultado fue expresado en equivalentes de ácido gálico (mg GAE/g harina).

#### E. Análisis estadístico

Análisis de varianza (ANOVA) fue utilizado para identificar las diferencias significativas entre las variables tiempo y potencia/amplitud para cada pretratamiento. El software SPSS v.18 se empleó para este análisis.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un diseño factorial  $3^2$  se desarrolló para determinar la influencia de radiación microondas en la extracción de compuestos fenólicos. De acuerdo con el análisis de varianza, no se hallaron diferencias significativas tanto para las potencias utilizadas como para los tiempos en este pretratamiento. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre las potencias utilizadas, se pudo observar claramente que cuando la potencia fue 540 W se obtuvo la menor cantidad de fenoles totales, y esto sucedió porque al usar potencias demasiado altas se induce la degradación de los compuestos fenólicos (Ganesapillai, Mathew, Singh & Simha, 2016).

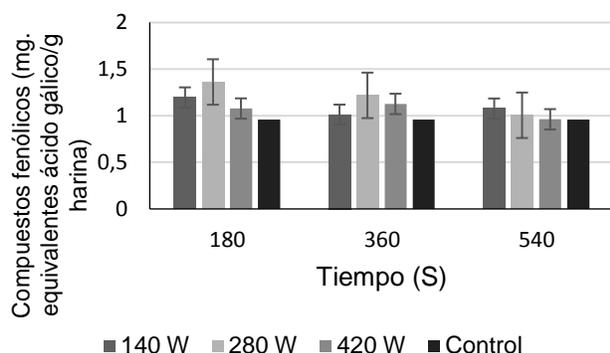


Fig. 2. Efecto del tiempo y la potencia del microondas en la extracción de compuestos fenólicos.

Tal como se observa en la Fig. 2, el mayor contenido en fenoles totales se encontró para la condición de 180 s con una potencia de 280 W. Al comparar el contenido de fenoles totales con el control se evidenció que la proporción de fenoles fue mayor para el microondas con 1.3619 mg GAE/g harina, mientras el control tuvo 0.9578 mg GAE/g harina.

#### IV. CONCLUSIONES

El pretratamiento de microondas mejora el proceso de obtención de compuestos fenólicos de harina de cáscara de chontaduro desengrasada. Donde la mejor condición para el microondas fue 180 s con una potencia de 280 W.

#### AGRADECIMIENTOS

División de investigación y extensión –DIEPAL, Coordinación de investigación y extensión facultad de Ingeniería y administración por el apoyo financiero con el proyecto Hermes 35785

#### REFERENCIAS

Agronet (2014). Reporte: Producción de chontaduro en Colombia. Consultado en Junio de 2017. Recuperado de: <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>

AOAC. (2005). Ash. Official Methods of Analysis, 923.03.

Bligh, E., & Dyer, W. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911-917.

Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content

and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 44(7), 2047–2053.

Ganesapillai, M., Mathew, M., Singh, A., & Simha, P. (2016). Influence of Microwave and Ultrasound pretreatment on Solvent Extraction of Bio-components from Walnut (*Juglans regia* L.) Shells, 60(1), 40–48.

Gutiérrez-Montero, D. J. (2016). Extracción de compuestos bioactivos de epicarpio y mesocarpio de chontaduro (*Bactris gasipaes*) usando tecnología de fluidos supercríticos. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

ICONTEC. (2009). Cereales y productos de cereales: Determinación del contenido de humedad. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, NTC 529.

Kjeldahl. (1983). Neue Methode zur Bestimmung der Stickstoffs in organischen körnern. *Z. Anal. Chem.*, 22, 366-382.

Machado, A. P. D. F., Pasquel-reátegui, J. L., Fernández, G., & Martínez, J. (2014). Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry (*Rubus fruticosus* L.) residues: a comparison with conventional methods. *Frin.*

Martínez-Correa, H. A., Magalhães, P. M., Queiroga, C. L., Peixoto, C. a., Oliveira, A. L., & Cabral, F. a. (2011). Extracts from pitanga (*Eugenia uniflora* L.) leaves: Influence of extraction process on antioxidant properties and yield of phenolic compounds. *Journal of Supercritical Fluids*, 55(3), 998–1006.

Ordóñez-Santos, L. E., Pinzón-Zarate, L. X., & González-Salcedo, L. O. (2015). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of total carotenoids from peach palm fruit (*Bactris gasipaes*) by-products with sunflower oil using response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 560–566.

Pereira, E., Barros, L., Dueñas, M., Antonio, A. L., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). Gamma irradiation improves the extractability of phenolic compounds in *Ginkgo biloba* L. *Industrial Crops and Products*, 74, 144–149.

Sánchez-Camargo, A. D. P., Montero, L., Stiger-Pouvreau, V., Tanniou, A., Cifuentes, A., Herrero, M., & Ibáñez, E. (2016). Considerations on the use of enzyme-

assisted extraction in combination with pressurized liquids to recover bioactive compounds from algae. *Food Chemistry*, 192, 67–74.

Solana, M., Boschiero, I., Dall'Acqua, S., & Bertucco, A. (2015). A comparison between supercritical fluid and pressurized liquid extraction methods for obtaining phenolic compounds from *Asparagus officinalis* L. *The Journal of Supercritical Fluids*, 100, 201–208.

# Variabilidad espacial de la profundidad en la labranza vertical del cultivo de caña en un suelo del Valle del Cauca

Sebastian Saavedra Rincon<sup>1</sup>, Oscar Chaparro Anaya<sup>2</sup>

## RESUMEN

**En un campo sometido a labores de renovación para el cultivo de caña, se analizó el comportamiento espacial de la profundidad alcanzada en la labor y se comparó con el criterio de aceptación para su posterior evaluación. La profundidad se registró con un sensor remoto conectado a un sistema de navegación satelital y se encontró en el semivariograma una fuerte dependencia espacial en los datos que estuvieron separados como máximo 9.2 m, que corresponde a los datos cuyos vecinos están a lo sumo en los tres pases adyacentes. En la superficie generada mediante interpolación Kriging se observó que el 57.58% del área trabajada cumplió con el criterio de la labor y el 42.42% restante del área se trabajó a una profundidad superior en un 10% al criterio establecido. Esto evidencia la utilidad de los sistemas de información geográfica y las herramientas estadísticas involucradas en el concepto de agricultura de precisión.**

**Palabras Clave:** labranza vertical, agricultura de precisión (AP), sistemas de información geográfica (SIG), interpolación Kriging.

## I. INTRODUCCIÓN

La sector azucarero en Colombia se localiza en el valle geográfico del Río Cauca, con un área sembrada de 232.070 ha. Es una agroindustria que da empleo a 188.000 personas de forma directa, 50 empresas proveedoras de servicios especializados, 2750 agricultores proveedores de caña; entorno a la producción de azúcar refinada, energía limpia, alcohol carburante y papel a partir de bagazo (Asocaña, 2016).

Durante la operación de cosecha debido al peso y tráfico de la maquinaria empleada, el suelo se compacta siendo requerido operaciones de labranza vertical para el correcto desarrollo de la zona radicular de la planta. Esta compactación limita el rendimiento del cultivo debido a que no permite el normal desarrollo de las raíces, disminuye el espacio poroso estructural y afecta el flujo del agua en el perfil del suelo (Porras, 1995).

La labranza vertical tiene como objetivo fracturar el suelo hasta fragmentar las capas profundas, con el fin de mitigar la compactación o eliminar la presencia de mantos impermeables y así, favorecer la estructura del suelo para promover el movimiento del agua y el aire, otorgando a la planta un medio favorable para su crecimiento (Rodríguez & Daza, 1995).

Durante la operación de la labranza vertical la profundidad de trabajo se convierte en un factor de calidad, siendo requerido su monitoreo, evaluación y control.

Esta operación se realiza con roturadores verticales, siendo el Cenitandem uno de los más usados. Durante el funcionamiento del implemento es de suma importancia garantizar que la profundidad sea monitoreada, asegurando la roturación del suelo en un rango de profundidad entre los 45 y 50 cm. En los últimos años con la aparición de los sistemas de navegación satelital (GNSS) y el uso de sensores se ha hecho posible medir en tiempo real la profundidad de la operación de un implemento.

Así pues, en aras de mejorar las condiciones estructurales del suelo las técnicas de que permiten hacer un mapeo del comportamiento espacial de las áreas de producción agrícola representan una herramienta de gran utilidad para el gerenciamiento de los sistemas de producción (Landau, Pereira, & Hirsch, 2014).

El objetivo del presente artículo fue monitorear, modelar y evaluar el comportamiento espacial de la

<sup>1</sup>Sebastian Saavedra Rincon: [ssaavedrar@unal.edu.co](mailto:ssaavedrar@unal.edu.co), estudiante de Maestría en Ingeniería – Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia.

<sup>2</sup> Oscar Chaparro Anaya: [ochaparroa@unal.edu.co](mailto:ochaparroa@unal.edu.co), profesor asociado – departamento de ingeniería, Universidad Nacional de Colombia

profundidad alcanzada en una operación de labranza vertical mediante un Cenitandem en función de los criterios de calidad propuestos para la labor.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del área de estudio.** La investigación se realizó en un lote con un área de 27 hectáreas, cercano a la vía que conduce de Candelaria a Pradera en el valle del Cauca, localizado en las coordenadas geográficas 3°25'12.85"N y 76°19'0.16"O.

**Muestreo.** En enero de 2017 se realizó la labor con un equipo subsolador en configuración Tándem (fotografía 1) de 4 puntas con una profundidad máxima de 60 cm y un ancho de trabajo de 3.5 m.

Se hizo un solo pase y se registraron los valores de profundidad con el **Equipo de Registro de Profundidad** desarrollado por la empresa **Operadores del Campo S.A** en compañía de **Agrum Tecnología S.A.S**. El sensor realiza la toma de datos mediante detección remota y, a partir de un algoritmo compara la elongación del cilindro hidráulico que gobierna el implemento, la altura medida con tecnología GNSS y corrección de doble frecuencia (RTK) del punto medio geométrico del eje horizontal que sostiene los vástagos, la profundidad potencial de estos y la geometría inherente al implemento; para entregar como producto los valores de profundidad logrados en la labor en un archivo texto como puntos espacialmente referenciados (imagen 1) a los cuales se les asigna el atributo de profundidad, para su posterior análisis. Además de permitir ver en tiempo real con un dispositivo móvil que se conecta vía GSM con el equipo, la profundidad a la que trabaja el implemento. El criterio para la realización de la labor de labranza vertical es mantener una profundidad de trabajo entre los 45 y 50 cm.

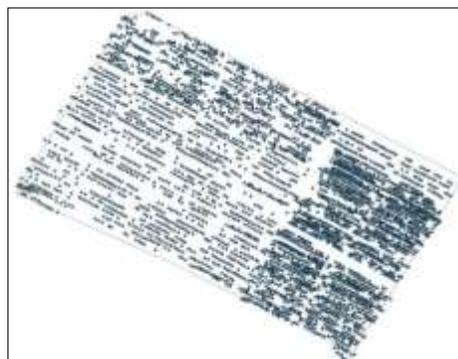
**Fotografía 1.** Ejemplo, implemento subsolador en configuración Tándem.



**Análisis estadístico.** La información recolectada se sometió a las pruebas de la estadística descriptiva; en los que se determinó: la media, desviación estándar, valor máximo y mínimo, coeficiente de variación y asimetría. Posteriormente y bajo la misma consideración, se procedió a verificar si la variable cumplió con los supuestos de estacionaridad y normalidad, requisitos para la construcción del semivariograma (Cordoba, Bruno, Costa, Valzarini, M. 2016).

Cuando la distribución de los datos registrados no fue normal ni simétrica (ni se logró la normalidad con una transformación simple), se aceptó que al menos los datos (originales o transformados) fueran simétricos (asimetría entre -2 y 2) (Jaramillo, D. 2009).

**Imagen 1.** Representación espacial de los puntos muestreados.



El supuesto de estacionaridad se comprobó mediante un análisis de tendencia espacial con regresión múltiple, donde la profundidad tomo lugar como la variable dependiente y las coordenadas cartesianas X y Y de los puntos muestreados tomaron lugar como las variables independientes. Cuando se obtuvo un modelo de regresión que explico a lo sumo un 20% ( $R^2 \leq 20\%$ ) de la variabilidad espacial de la variable, se aceptó el supuesto de estacionaridad. Para el caso en el que no se cumpliera esta condición se aceptó que el modelo explicara a lo sumo el 50% ( $R^2 \leq 50\%$ ) de la variabilidad (Alesso, et al, 2012; Córdoba, eta al, 2016); Jaramillo, 2009; Jaramillo, D., 2012a).

Posteriormente se procedió a generar la superficie o mapa con la representación espacial de la variable analizada mediante interpolación Kriging y se verifico las predicciones hechas por este con el método de validación cruzada mediante el coeficiente de regresión Fernández, & Ribes, 2014).

Todos los análisis estadísticos mencionados se realizaron con los programas GS+ versión 10 y StatsGraphics Centurion XVI versión 16.1.15. Y los cálculos espaciales con el programa QGIS versión 2.18.1.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis estadísticos.** En la tabla 1 se muestra el resumen del análisis estadístico descriptivo de la profundidad alcanzada en la labor de subsolado. Se observa que los datos registrados fueron muy poco variables con un coeficiente de 5.30742% y cumplieron (después de hacer ensayos con transformaciones sencillas tipo logarítmicas y potenciales) al menos con el supuesto de simetría con un coeficiente de -0.582373, valor que se encuentra dentro del rango de aceptación. Ya que, la comprobación del supuesto de normalidad no se pudo hacer debido a que el programa no soportó la cantidad de datos para realizar la prueba de Shapiro-Wilk.

La poca variabilidad en la información registrada se debió a la corrección en tiempo real que pudo hacer el operario del tractor gracias al dispositivo móvil ubicado en la cabina, a la profundidad del implemento durante la labor.

También se observa que no se obtuvo una profundidad menor a los 45 cm y mayor a los 55 cm.

**Tabla 1.** Resumen estadístico para la profundidad alcanzada – Registros originales.

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| <b>Recuento</b>                 | 4105      |
| <b>Promedio</b>                 | 50.0169   |
| <b>Desviación estándar</b>      | 2.6546    |
| <b>Coeficiente de variación</b> | 5.30742%  |
| <b>Mínimo</b>                   | 45.0      |
| <b>Máximo</b>                   | 55.0      |
| <b>Rango</b>                    | 10        |
| <b>Asimetría</b>                | -0.582373 |

En el análisis de regresión se observó que el modelo (tabla 2) que mejor representa la variabilidad de la profundidad alcanzada en función de las coordenadas cartesianas X y Y es lineal. Aunque, no presenta una fuerte tendencia espacial; ya que, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es del 0.785859%, dejando la explicación de un poco más del 99% a la variabilidad aleatoria y a la

dependencia espacial (Jaramillo, 2012). Por lo que se acepta el supuesto de estacionaridad.

**Tabla 2.** Modelo de regresión múltiple para Profundidad alcanzada en la labor.

| <b>Modelo</b>                                      | <b>R<sup>2</sup> (%)</b> |
|--|--------------------------|
| Z= 719,795 -<br>0,0000658448(X) -<br>0,00171036(Y) | 0.785859                 |

\* Z: Profundidad alcanzada en la labor

En la tabla 3 se muestran los resultados del análisis del semivariograma con los valores de la profundidad alcanzada en la labor. Se observa que la modelación que mejor se ajustó al variograma experimental fue la isotrópica con un modelo de regresión exponencial que caracterizó una fuerte dependencia espacial con un nugget < 25% del sill [6] y presentó la menor suma de residuos al cuadrado (RSS) (Fernández & Ribes, 2014). Además, se observa que hasta los 9.2 m ( $A_0$ ) existe dependencia espacial entre las muestras (Jaramillo, D., 2012a). La dependencia espacial de los vecinos separados hasta una distancia no mayor a los 9.2 m, coincide con datos cuyos vecinos están a lo sumo en los tres pases adyacentes, teniendo en cuenta el espaciamiento que se dio entre un pase y el otro para evitar solapes en la operación.

Además, se verificó que la semivarianza experimental (grafico 1) tuviera al menos 15 intervalos de distancia y no menos de 50 pares de datos por intervalos (Fernández & Ribes, 2014).

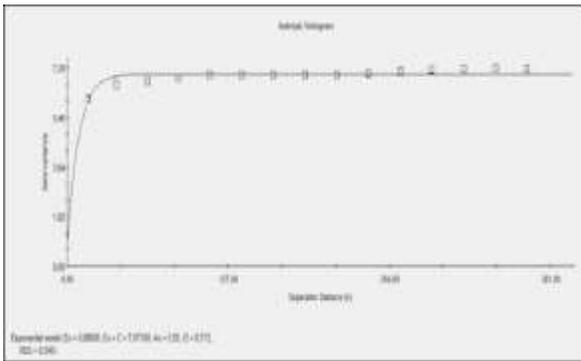
**Tabla 3.** Resumen de la estadística estructural para la variable profundidad alcanzada.

| <b>Modelo</b>     | <b>C<sub>0</sub></b> | <b>C<sub>0</sub> /Sill (%)</b> | <b>A<sub>0</sub> (m)</b> | <b>%R<sup>2</sup></b> | <b>RSS</b> |
|-------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------|
| Isotropico        | 0.88                 | 12.44                          | 9.2                      | 71.2                  | 0.345      |
| Anisotropico 45°  | 6.58                 | 40.71                          | 3874                     | 55.6                  | 2.88       |
| Anisotropico 90°  | 6.58                 | 40.71                          | 3874                     | 55.6                  | 2.88       |
| Anisotropico 135° | 6.58                 | 40.71                          | 3874                     | 55.6                  | 2.88       |

\*C<sub>0</sub>: Nugget, A<sub>0</sub>: Rango.

Los modelos anisotropicos presentaron modelos lineales para caracterizar su dependencia espacial, pero como se observó en la tabla 3 existe un alto porcentaje de la variabilidad espacial (44.4%) que es explicado por la variabilidad aleatoria, con un

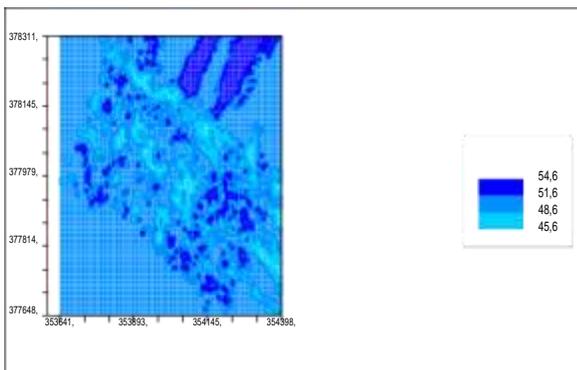
nugget entre el 25% y el 50% del Sill que caracteriza una moderada dependencia espacial (Jaramillo, D., 2012a).



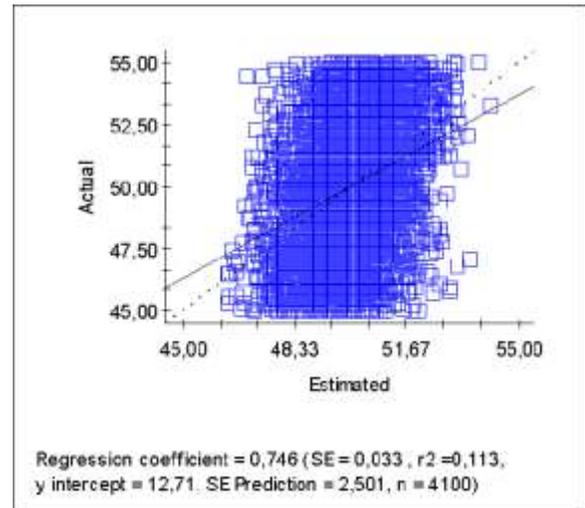
**Grafico 1.** Semivarianza de la variable analizada – modelo isotropico. Fuente: Propia.

Una vez recopilada toda la información necesaria se procedió a generar la superficie de variabilidad espacial de la profundidad alcanzada en la labor (grafico 2) con el método de interpolación kriging ordinario. El cual muestra que una porción mayoritaria del área trabajada se fracturo hasta una profundidad que oscilo entre los 48.6 cm y 51.6 cm, otra porción de menor área que se fracturo a una profundidad que oscilo entre los 51.6 cm y los 54.6 cm y una última con un área mayor al anterior que se fracturo hasta una profundidad que oscilo entre 45.6 cm y los 48.6 cm. Indicando que el campo en su totalidad fue mecanizado a una profundidad superior a limite inferior impuesto por el criterio de aceptación de la labor.

Simultaneamente se procedio a validar graficamente y cuantitativamente el modelo con el metodo de validación cruzada (grafico 3), en el cual se observo que el coeficiente de regresión (r) predijo un 74.6% de los datos intercambiados en la prueba. Lo que indica la eficiencia del modelo (Henriquez Mendez & Masís 2013).

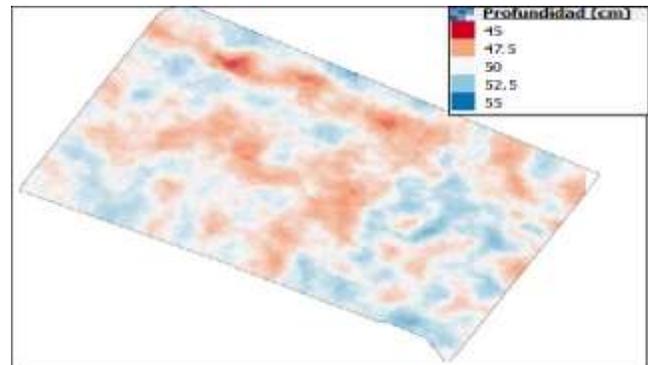


**Grafico 2.** Representación grafica del comportamiento espacial de la profundidad alcanzada en la labor.



**Grafico 3.** Grafico y estadísticos obtenidos de la prueba de validación cruzada. Fuente: Propia.

Validado el modelo usado para la construcción del mapa, se llevo esta información al progama QGIS para hacer la reconstrucción del mapa (imagen 2) y poder estimar el area de las porciones mencionadas anteriormente.



**Imagen 2.** Mapa del comportamiento espacial de la profundidad alcanzada en la labor contruido en QGIS .

Como se muestra en la tabla 4 la porción que se estima cumple con el criterio de profundidad propuesto corresponde al 57.58% del área total, es decir 15.55 ha fueron subsoladas a una profundidad entre los 45 cm y los 50 cm cm. El 42.42% del área restante fue subsolada a una profundidad entre los 50 cm y los 55 cm, excediendo el limite superior del criterio en un valor que toma a lo sumo un 10% mas, en toda la dimensión dentro del rango. Valor que se considera admisible para la labor.

**Tabla 4.** Cuadro de estimación de áreas para las profundidades que están alrededor del valor de aceptación.

| Profundidad (cm) | Área (ha) | % del área total |
|------------------|-----------|------------------|
| 45.6 – 47.5      | 0.45      | 1.66             |
| 47.5 – 50        | 15.1      | 55.92            |
| 50 - 55          | 11.45     | 42.42            |

#### IV. CONCLUSIONES

Se observó que la variable profundidad alcanzada en la labor de subsolado presentó una fuerte dependencia espacial ( $C_0 < 25\%$  del Sill) en los pares de muestras separados 9.2 m como máximo, esto representado en un modelo de semivarianza teórico exponencial e isotrópico con parámetros indicados en la tabla 3. La interpolación Kriging generó una superficie que muestra que el 57.58% del área trabajada cumplió con el criterio propuesto para la labor. El restante del área estuvo por encima del límite superior de profundidad propuesto, fracturando 5 cm más como máximo. Exceso que representa un 10% del valor establecido, por lo que se consideró admisible.

Así pues, los análisis geoestadísticos incluidos en la mayoría de los sistemas de información geográfica (SIG) y paquetes estadísticos, usados de forma correcta según los criterios del método y aplicados bajo el concepto de agricultura de precisión (AP), se presentan como una fuerte herramienta para la evaluación de las operaciones de mecanización agrícola y/o cualquier otra operación que pueda generar información de un parámetro al cual sea posible asociarle una referencia espacial (Landau, Pereira & Hirsch, 2014), como se muestra en este estudio.

#### V. REFERENCIAS

Alesso, C., Pilatti, M., Imhoff, S., & Grilli, M. (2012). VARIABILIDAD ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS Y FÍSICOS EN UN SUELO DE LA PAMPA LLANA SANTAFESINA. *Ciencia del Suelo*, 30(1), 85-93.

Asocaña, 2016. *Aspectos generales del sector azucarero Colombiano 2015-2016*, Cali: Coordinación editorial - Asocaña.

Córdoba, M., Bruno, C., Costa, J., Valzarini, M. (2016). Variabilidad espacial de suelo a escala de lote y su relación con los rendimientos. *RIA Revista de investigaciones agropecuarias*, 42(1), 47-53.

Fernández, D., & Ribes, M. (2014). Uso de la geoestadística y los sistemas de información geográfica en agricultura. En *Manual de agricultura de precisión* (págs. 84-91). Montevideo: ICCA, Procisur.

Henríquez, C., Méndez, J., & Masís, R. (2013). INTERPOLACIÓN DE VARIABLES DE FERTILIDAD DE SUELO MEDIANTE EL ANÁLISIS KRIGING Y SU VALIDACIÓN. *Agronomía Costarricense*, 37(2), 71-82.

Jaramillo D. (2012a). Variabilidad espacial del suelo: Bases para su estudio. *Revista de la facultad de ciencias Universidad Nacional de Colombia sede Medellín*, 73-87.

Jaramillo, D. (2009). VARIABILIDAD ESPACIAL DE LAS PROPIEDADES ÁNDICAS DE UN ANDISOL HIDROMÓRFICO DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO (COLOMBIA). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 62(1), 4907-4921.

Jaramillo, D. (2012). VARIABILIDAD ESPACIAL DE ALGUNAS PROPIEDADES DE UN MOLLISOL DE CLIMA CÁLIDO SECO DE ANTIOQUIA (COLOMBIA). *Agronomía*, 20(2), 7-17.

Landau, E., Pereira, D., & Hirsch, A. (2014). Uso de Sistema de Informaciones Geográficas para espacialización de datos del área de producción agrícola. En *Manual de agricultura de precisión* (págs. 22-30). Montevideo: ICCA, Procisur.

Porras, V. (1995). Labores de cultivo. En *CENICAÑA. El cultivo de la caña de azúcar en zona azucarera de Colombia* (págs. 179-189). Cali: CENICAÑA.

Rodríguez, C., & Daza, O. (1995). Preparación de suelos. En *CENICAÑA. El cultivo de caña en la zona azucarera de Colombia* (págs. 109-114). Cali: CENICAÑA.