

Edición No.01

**12 | 2017**

SENA | Regional Antioquia |  
Centro de Servicios y Gestión Empresarial

**Grupo de investigación GIGAT**  
Medellín-Colombia



## **aplicativo de testing basado en modelos ágiles | *pág. 12***

inmersión a los estilos de aprendizaje | *pág. 3*

identificación de prácticas que fomentan la innovación  
empresarial | *pág. 18*



**MODUM - Edición No.01**  
ISSN: 2590-5430(en línea)  
Periodicidad: Bianaual

**Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA**  
Centro de Servicios y Gestión Empresarial  
Sistema de Gestión Estratégica de la Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA)

---

[www.sena.edu.co](http://www.sena.edu.co)  
[/centrodeserviciosygestionempresarial.blogspot.com.co/](http://centrodeserviciosygestionempresarial.blogspot.com.co/)  
[/sites.google.com/site/sennovacesge/](http://sites.google.com/site/sennovacesge/)

Calle 51 No. 57 - 70  
Av. del Ferrocarril - Torre Norte  
Medellín - Colombia

(4) 5760000 IP 42403

## SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE – SENA

**José Antonio Lizarazo Sarmiento**  
*Director General (E)*

**Juan Felipe Rendón Ochoa**  
*Director Regional Antioquia*

**Emilio Eliecer Navia Zúñiga**  
*Coordinador Grupo de Investigación,  
innovación y producción académica*

**Rosalía Suescún Giraldo**  
*Subdirectora Centro de Servicios y  
Gestión Empresarial - Regional  
Antioquia*

**Blanca Libia Manco Berrio**  
*Coordinadora Administración de  
Formación Educativa*

**Claudia Marcela Porras Ortiz**  
*Coordinadora Académica*

**Erick Humberto Arbeláez H.**  
*Coordinadora Académico*

**Marta Lucía Isaza Suárez**  
*Coordinadora Académica*

**Jeannethe Avendaño Ramírez**  
*Coordinadora Académica*



## | COMITÉ CIENTÍFICO

### **Bell Manrique - Losada**

Ph.D. en Ingeniería.

Profesor Investigador, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.

### **Jaime Alberto Echeverri Arias**

Ph.D. en Ingeniería.

Profesor Investigador, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.

### **Luis Alberto Tafur Jiménez**

Ph.D. en Sonido y Vibraciones.

Decano Facultad de Ingenierías, Universidad de San Buenaventura Medellín, Colombia.

### **Héctor Jaime Dulcé Moreno**

Ph.D en Ciencias Naturales (Física).

Docente Investigador UFPS, Investigador Asociado, Cúcuta, Colombia

### **José Armando Becerra Vargas**

M.Sc. en Controles Industriales.

Docente Investigador UFPS, Investigador Asociado, Cúcuta, Colombia

### **Yesenia Restrepo Chaustre**

M.Sc. en Controles Industriales.

Docente Investigador UFPS, Cúcuta, Colombia

**John Echavarría**

M.Sc. en Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación.  
Líder SENNOVA, Centro de los Recursos Naturales Renovables La Salada-SENA,  
Medellín, Colombia

**Ricardo Araujo Vidal**

M.Sc. en Ciencias Agroalimentarias.  
M.Sc. en Gerencia de Proyectos de Investigación y Desarrollo.  
Líder SENNOVA, Centro Agroempresarial y Acuícola - SENA, Riohacha, Colombia

**Blanca Inés Alvarado**

M.Sc. en Educación.  
Líder SENNOVA, Complejo Tecnológico Minero Agroempresarial - SENA, Puerto  
Berrio, Colombia

**Mónica Obregón Barrios**

M.Sc. en Ciencias Agrarias.  
Líder SENNOVA, Complejo Tecnología Agroindustrial Pecuario y Turístico- SENA,  
Medellín, Colombia.

**Fernando Doval Navarro**

M.Sc. en Intervención Social en Sociedades del Conocimiento.  
Líder SENNOVA, Complejo Tecnológico para la Gestión Agroempresarial - CTPGA.-  
SENA, Medellín, Colombia.

**Juan José Castillo Rodríguez**

M.Sc. en Desarrollo Rural.  
Líder SENNOVA, Centro Minero Ambiental- SENA, Medellín, Colombia.

**Diego Alejandro Orozco**

M.Sc. en Administración.  
Instructor SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, Medellín, Colombia.

**Mónica Eliana Villa Rodríguez**

Esp. en Diagnóstico y Consultoría Empresarial.  
Instructora SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, Medellín, Colombia.

**Juan David Vahos Montoya**

Esp. en Desarrollo de Software.  
Instructor SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, Medellín, Colombia.

**Gabriel Jaime Silva Bolívar**

Diseñador Visual.  
Instructor SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, Medellín, Colombia.

**Sindy Lorena Nieto Jara**

M.Sc. en Gerencia de proyectos. Instructora, SENA

**Edwin Fernando León Orozco**

M.Sc. en Marketing. M.Sc. en Educación.  
Investigador de proyectos de Neuromarketing y Neuroventas.

**Adriana María Rojas Figueroa**

M.Sc. en Dirección de Marketing y Contenido Digitales.  
Instructora SENNOVA, Centro de Servicios y Gestión, Empresarial, Medellín,  
Colombia

**Nilza Elena Viana Rúa**

M.Sc. en Mercadeo.  
Instructora SENNOVA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, Medellín,  
Colombia

**Rubén Darío Cárdenas Espinosa**

Ph.D en Tecnología de la Información.  
Instructor SENA, Centro Metalmecánico, Distrito Capital, Colombia

**Laura Cristina Rojas Bedoya**

M.Sc. en Ciencias - Biotecnología.  
Gestora Tecnoparque Nodo Medellín, Medellín, Colombia

**Dily Alexandra Castillo Carvajal**

Esp. en Gerencia de Empresas.  
Gestora Tecnoparque Nodo Medellín, Medellín, Colombia.

**Camilo Andrés Paramo Velásquez**

M.Sc (C). en Ingeniería - Biomédica.  
Gestor Tecnoparque Nodo Medellín, Medellín, Colombia.

**Julián Alberto Patiño Murillo**

M.Sc. en Automatización industrial.  
Gestor Tecnoparque Nodo Medellín, Medellín, Colombia.

**Catherine Gómez López**

M.Sc. en Medio Ambiente y Desarrollo.  
Gestora Tecnoparque Nodo Medellín, Medellín, Colombia.

**Alexander Florián Villa**

M.Sc. en Ingeniería.  
Gestor Tecnoparque Nodo Medellín, Medellín, Colombia.

**Jorge Jymmy Bolaños Gonzales**

M.Sc. en Ingeniería.  
Gestor Tecnoparque Nodo Medellín, Medellín, Colombia.

---

## | COMITÉ EDITORIAL

### EDITORA

**Nathalia Marín Pareja**

PhD en Ciencia e Ingeniería de Materiales.  
Gestora Tecnoparque Nodo Medellín, Medellín, Colombia

## **CO-EDITORES**

### **John Jairo Castro Maldonado**

M.Sc. en Ciencia y Tecnología de Materiales. M.Sc. (C) en Controles Industriales. Dinamizador Tecnoparque Nodo Medellín - Profesional grado 10 SENNOVA.

Centro de Servicios y Gestión Empresarial - SENA, Medellín, Colombia

### **Ruth Zoraida Osorio Gutiérrez**

Esp. en Formulación de Proyectos.

Gestora Tecnoparque Nodo Medellín, Medellín, Colombia.

### **Sandra Milena Velásquez Restrepo**

M.Sc. en Ingeniería énfasis materiales, MBA en administración.

Líder del Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación – SENNOVA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial - SENA, Medellín, Colombia.

### **Hernán Francisco Villar Vega**

M.Sc. (c) En Gerencia.

Líder de Gestión del Conocimiento – Regional Antioquia, Colombia.

### **Fernando de Jesús Franco Cuartas**

Esp. en Finanzas

Instructora SENNOVA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, Medellín, Colombia

## **COORDINACIÓN DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**

### **Marcela Orrego Palacios**

Diseñadora Visual. Instructor SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, Medellín, Colombia.

Esp. En Ilustración Creativa

## **DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**

### **SEMILLERO HÍBRIDO COMUNICACIÓN GRÁFICA**

Centro De Servicios Y Gestión Empresarial

### **Alvaro Enrique Sánchez Pulido**

Diseñador Visual. Instructor SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, Medellín, Colombia.

### **Malcon Paul Argumero Cortés**

Diseñador Gráfico. Instructor SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, Medellín, Colombia.

Esp. En Ilustración Creativa

## **Aprendices vinculados al SEMILLERO HÍBRIDO**

Carmen Cecilia Piedrahita Seguro

Daniela Guzman Monsalve

Leidy Vanessa Triviño Borjas  
Paola Andrea Mosquera Raigoza  
Salomé Restrepo Vasco  
Sebastian Gaviria Orozco  
Melina Ocampo Quintero  
Veronica Alexandra Londoño Agudelo  
Alejandro Giraldo Rendón  
Juan Jose Urrego Morales  
Alexander de Jesus Hurtado Osorio  
Ilustración Portada: Alvaro Tuberquia Henao

---

## **| GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GERENCIA Y APLICACIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA - GIGAT**

### **DIRECTOR**

John Jairo Castro Maldonado  
Dinamizador Tecnoparque nodo Medellín

### **CO-DIRECTORA**

Nathalia Marín Pareja  
Gestora Tecnoparque nodo Medellín

### **INVESTIGADORES**

#### **Sandra Milena Velásquez Restrepo**

Líder Sennova

#### **Hernan Villar Vega**

Lider de Gestión del Conocimiento

#### **Diego Alejandro Orozco Álvarez**

Líder Semillero de Investigación

#### **Fernando De Jesús Franco Cuartas**

Líder Semillero de Investigación

#### **Gabriel Silva Bolívar**

Líder Semillero de Investigación

#### **Juan David Vahos Montoya**

Líder Semillero de Investigación

#### **Camilo Andres Paramo Velasquez**

Gestor Tecnoparque nodo Medellín

#### **Ruth Zorayda Osorio Gutierrez**

Gestor Tecnoparque nodo Medellín

#### **Catherine Gomez Lopez**

Gestora Tecnoparque nodo Medellín

**Ramiro Antonio Isaza**

Gestor Tecnoparque nodo Medellín

**Dily Alexandra Castillo**

Gestora Tecnoparque nodo Medellín

**Adriana María Rojas Figueroa**

Instructora Sennova

**Nilza Elena Viana Rúa**

Instructora Sennova

**Claudia Marcela Porras**

Instructora

**Dyron Javier Ramirez Osorio**

Instructor

**Joan Sebastián Ruiz**

Instructor

**Monica Eliana Villa**

Instructora

**Ruth Zoraida Osorio Gutierrez**

Esp. en Formulación de Proyectos, Gestora Tecnoparque – Nodo Medellín, Medellín, Colombia.

**Hernan Francisco Villar Vega**

M.Sc.(c) En Gerencia Líder de Gestión del Conocimiento – Regional Antioquia, Colombia.

**Fernando de Jesús Franco Cuartas**

Esp. en Finanzas. Instructor SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, Medellín, Colombia.

## DESDE LA SUBDIRECCIÓN

*“Sin educación y ciencia, no hay futuro”, afirmó recientemente el doctor Rodolfo Llinás en una entrevista concedida a la revista Semana. Coincidiendo con esta percepción, el Grupo de Investigación en Gerencia y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología -GIGAT del Centro de Servicios y Gestión Empresarial, categorizado ante COLCIENCIAS, y toda la comunidad SENA de este centro, propicia espacios donde aprendices, instructores y empleados administrativos, proponen situaciones de interés regional, local y nacional, buscando reflexionar desde el punto de vista científico y tecnológico sobre posibles soluciones y mejoras que sean un aporte a la sociedad.*

*Estamos convencidos que la investigación es parte fundamental de cualquier proceso educativo. El ganador del premio Nobel de física, Richard Feynman, resaltaba constantemente la importancia de descubrir las cosas por uno mismo, hablando de los temas y jugando con ellos antes de mirar un libro, concepto que entra en total consonancia con el actual modelo pedagógico constructivista que implementa el SENA para desarrollar en los aprendices las competencias técnicas y humanas.*

*La investigación aplicada y el desarrollo experimental se deben asumir como herramientas para el*

*efectivo proceso de enseñanza aprendizaje, y no como un obstáculo más para las actividades de instructores o docentes. Últimamente, los avances tecnológicos son asimilados con gran facilidad y agrado por los jóvenes y niños, lo cual, en vez de convertirse en un problema, lo debemos ver como una oportunidad, ya que a través de la tecnología se pueden desarrollar procesos muy interesantes pues la tecnología forma parte fundamental de la búsqueda de nueva información y de generación de nuevos conocimientos.*

*Temas como el bigdata, la realidad virtual, la realidad aumentada, plataformas financieras y la inteligencia artificial entre otros, llaman particularmente el interés de los jóvenes por la conexión, tan directa que tienen con los dispositivos electrónicos que ellos usan en la cotidianidad y, por ende, es nuestra oportunidad como instructores o docentes investigadores para aprovechar esta motivación y orientar a estas mentes en los procesos investigativos.*

*Hoy, se valora mucho en el ser humano su capacidad crítica, argumentativa y creativa; muchas de las labores operativas físicas han desaparecido, debido al avance tecnológico a nivel mundial. Se habla entonces de dos tipos de industrias: las industrias*

enfocadas en la economía de la información y el conocimiento y las 4G, destacadas por la implementación acelerada de tecnología de punta que aumenta su productividad de forma exponencial, requiriendo personal altamente capacitado para vincular a sus procesos productivos. Igualmente, las nuevas tendencias artísticas se abren un espacio cada vez más protagónico en el desarrollo tecnológico mundial. Ejemplos representativos son concursos de fotografía y diseño publicitario que involucran técnicas innovadoras, usando software o equipos de alta gama, aplicando técnicas como la fotogrametría, entre otras. Así mismo, el entretenimiento digital es usado como acelerador de emprendimientos tecnológicos, a través del desarrollo de videojuegos empleando tecnologías a la vanguardia como MOCAP o STOP MOTION, entre otras.

La divulgación científica es una responsabilidad y un compromiso de todo investigador. Con relación a ello, la doctora Victoria Espinosa en su artículo: "Difusión y divulgación de la investigación científica" menciona que: "La divulgación del conocimiento científico es una responsabilidad de todo aquel que investiga, porque contribuye a la democratización del conocimiento, realimenta las desigualdades preexistentes y comunica resultados a la comunidad formada por los especialistas en la materia"

Es así como uno de los objetivos de la divulgación científica es despertar vocaciones científicas. "La creatividad llega con la juventud", destaca Bernardo Herradón, investigador del Instituto de Química Orgánica CSIC de España, exhortando a la vinculación de jóvenes curiosos a la investigación científica

en los diferentes ambientes, en pro de tener cada día nuevas y más creativas ideas para el desarrollo de proyectos de Ciencia y Tecnología.

En el contexto descrito, la revista MODUM representa una alternativa valiosa en la publicación de resultados parciales o finales de proyectos o actividades de investigación, desarrollo experimental e innovación, contribuyendo así a la circulación y apropiación de nuevos conocimientos que ayudan a enriquecer los procesos formativos y motivan a los discentes o aprendices a incursionar en actividades de investigación, redacción y lectura, aspectos importantes en un emprendedor o empleado integral del siglo XXI.

En consecuencia, el sistema SENNOVA y toda la comunidad SENA del Centro de Servicios y Gestión Empresarial se complacen en presentar la revista MODUM, medio de comunicación escrito que divulgará temas de interés en ciencia, tecnología, innovación y artes, empleando un estilo llamativo y fresco que busca capturar al lector desde su portada, gracias al aporte de instructores y aprendices que demuestran sus excelentes habilidades a través de este producto, buscando mostrar la ciencia, la tecnología y las artes como mundos repletos de experiencias fascinantes.

**Rosalía Suescún Giraldo**

Subdirectora

Centro de Servicios y Gestión Empresarial

## EDITORIAL

Uno de los objetivos institucionales del SENA es avanzar hacia la excelencia y la mejora de la calidad de sus programas de formación para el trabajo, bajo un modelo de formación por proyectos que incentiva la incorporación de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico dentro del desarrollo de las habilidades y las competencias de sus aprendices.

El Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA, como sistema de investigación del SENA, busca la apropiación social y la divulgación de la ciencia, la tecnología y la innovación mediante procesos de gestión aplicada en los diferentes semilleros y grupos de investigación que se han venido creando en los diferentes centros del SENA. Además, busca incentivar la cultura de la innovación y el emprendimiento, por medio de su Red Tecnoparque, programa que cuenta con 15 sedes y que promueve el desarrollo de prototipos funcionales que incorporen soluciones tecnológicas e innovación en productos, procesos y servicios que puedan ser transmitidos al sector productivo del país, así como el desarrollo de proyectos en alianzas con el sector productivo que buscan incrementar la capacidad de las empresas colombianas en innovación.

En respuesta a esta nueva etapa de calidad y pertinencia que está afrontando el SENA, desde el Centro de Servicios y Gestión Empresarial de la Regional Antioquia en conjunto con Tecnoparque nodo Medellín, hemos creado la revista MODUM como un medio de divulgación enfocado en diferentes sectores económicos del país, con el fin de difundir los resultados de los diferentes proyectos de investigación que se han desarrollado en las redes de conocimiento tanto a nivel de nuestro centro, como el de otros centros del SENA y diversas entidades de educación superior del país.

Debe servir la revista, además, como un medio para despertar vocaciones científicas, y la vinculación de jóvenes curiosos, con intereses de investigación en los diferentes ambientes y especialidades del conocimiento, en pro de tener cada día ideas nuevas y creativas para el desarrollo de proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Este primer volumen, nace como resultado de la recopilación de los 10 mejores artículos presentados en nuestro I Congreso Nacional de Ciencia Tecnología y Gestión, evento donde actores vinculados en actividades de investigación, desarrollo e innovación, pudieron socializar y discutir acerca del desarrollo, resultados y productos de los proyectos tanto de

diferentes centros del SENA como de instituciones externas.

Cada artículo publicado en esta revista ha sido revisado por un Comité Científico conformado por pares académicos expertos en los diferentes temas, así como por el Comité Editorial, quienes han puesto todo su empeño para seleccionar lo mejor del material enviado, aportando a la calidad de la formación y la investigación de Colombia.

El Comité Editorial invita a todos los aprendices e instructores del SENA y demás actores de la investigación del país, a seguir presentando sus trabajos, para continuar contribuyendo con la apropiación y la divulgación social del conocimiento científico como una responsabilidad y un compromiso de todo investigador, aportando al mejoramiento de la calidad en la formación, la investigación y la industria del país.

**NATHALIA MARÍN PAREJA, PhD**

**Editora**

**Gestora de proyectos I+D+i**

**Tecnoparque nodo Medellín**

# Contenido

## 1

---

### **ESTRUCTURA Y EVOLUCIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO COLOMBIANO DE LA BANCA COMERCIAL A LA BANCA DE INVERSIÓN**

FERNANDO DE JESÚS FRANCO CUARTAS

**pág 13**

## 2

---

### **ANÁLISIS BIOMECÁNICO DEL GESTO DEL PEDALEO EN CICLISTAS DE RUTA**

FANNY VALENCIA LEGARDA  
NATALY ANDREA SALCEDO ZAMBRANO  
CAMILO ANDRÉS PÁRAMO VELÁSQUEZ

**pág 35**

## 6

---

### **APLICATIVO DE TESTING BASADO EN MODELOS ÁGILES**

MARTA ESTER GÓMEZ ADASME  
JUAN DAVID VAHOS  
RUBÉN DARÍO CASTRILLÓN GUTIÉRREZ

**pág 77**

## 7

---

### **INMERSIÓN A LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE IMMERSION INTO LEARNING STYLES**

ANA CECILIA HERNÁNDEZ ESCUDERO  
DORIS ELENA MONSALVE SOSSA  
DORIS LLANETT ORREGO MOSCOSO

**pág 89**

# 3

---

## **GESTIÓN RIESGO OCUPACIONAL DEL ENTORNO DE TRABAJO EMPRESARIAL DE LA COOPERATIVA COOMERCA**

FANNY VALENCIA LEGARDA  
NATALY ANDREA SALCEDO  
EYICED ALEJANDRA GOEZ

**pág 47**

# 4

---

## **ANÁLISIS COMPARATIVO DE INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SINÚ MUNICIPIO DE MONTERÍA,- CÓRDOBA**

CARLOS ANDRÉS BURGOS GALEANO  
KATERIN LAFONT ÁLVAREZ  
PAULA ANDREA ESTRADA PALENCIA

**pág 55**

# 5

---

## **EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE CONSORCIOS BACTERIANOS REMIEDIADORES DE AGUAS RESIDUALES CONTAMINADAS CON DETERGENTES**

SARA OLGA ESCOBAR MACÍAS  
SANDRA PAOLA VÁSQUEZ LARA  
YASSER DANIEL ROMERO HERNÁNDEZ

**pág 65**

# 8

---

## **GENERADOR DE 4 A 20 mA PARA VERIFICACIÓN DE VÁLVULAS DE CONTROL EN PROCESOS INDUSTRIALES**

LUIS CARLOS MARROQUÍN CASTILLA  
RAÚL TEHERÁN MANJARREZ  
JEAN CARLOS RUBIO PÁEZ

**pág 101**

# 9

---

## **PRÁCTICAS QUE FOMENTAN LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL: UNA REFLEXIÓN SOBRE EL USO DE TIC PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS**

ERIKA JULIETT RESTREPO ZAPATA  
ANA ALEXANDRA PINO MARTÍNEZ  
NILZA ELENA VIANA RÚA  
JOHN JAIRO CASTRO MALDONADO

**pág 109**

# 10

---

## **APLICACIÓN INTERACTIVA CON REALIDAD AUMENTADA PARA EL APRENDIZAJE DE LA FAUNA Y FLORA DEL RÍO GUATAPURÍ DE LA CIUDAD DE VALLEDUPAR –COLOMBIA**

CERLY PATRICIA MARTÍNEZ WALKER 1  
FABIÁN GALVIS ALMANZA 2  
ALEXANDER CASTRILLO GALVÁN

**pág 121**

# ESTRUCTURA Y EVOLUCIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO COLOMBIANO DE LA BANCA COMERCIAL A LA BANCA DE INVERSIÓN

---

POR:  
FERNANDO DE JESÚS FRANCO CUARTAS<sup>1</sup>

## | RESUMEN

La consolidación de las ciudades como Estado-Nación, implica la aceptación del Contrato Social, en sus diferentes estructuras políticas, culturales, étnicas, sociales, y económicas. Esta última dimensión, establece las normas, políticas, mecanismos e instrumentos, para que el Estado regule la actividad económica, comercial y financiera, evitando así la anarquía en el manejo, desconfianza, incertidumbre, riesgo y cuantificación de los recursos, estableciendo medios de pago único y válidos entre las equivalencias para los diferentes bienes transables por parte de las personas, familias, empresas y Estado y poder cumplir el rol de transferir, el ahorro hacia la inversión. Este estudio, de carácter aplicado, documental, descriptivo, cuantitativo, sincrónico, exploratorio, está orientado al análisis y evolución de la estructura de la banca comercial, donde el día a día radica en captar y colocar, hacia la banca de inversión, cuyo objeto social es la compra venta de empresas como mecanismo de reestructuración corporativa y crecimiento económico. Los hallazgos encontrados, a partir de los informes de estabilidad financiera, evidencian un Sistema Financiero Consolidado, a nivel técnico como tecnológico, y con indicadores de

solventia financiera robustos para mitigar y ser garantes ante las crisis reiteradas del capitalismo financiero y salir airoso de choques externos en la economía global.

**Palabras claves:** Bancos, Estructura, Regulación, Sistema, Solvencia.

<sup>1</sup>Centro de Servicios y Gestión Empresarial SENA Medellín, ffrancoc@misena.edu.co

## I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo parte de la revisión bibliográfica sobre la literatura objeto de estudio, con campo gravitacional en las publicaciones del banco de la república, sobre estabilidad financiera, el estatuto orgánico del sistema financiero colombiano, la superintendencia financiera de Colombia, la Asociación bancaria de Colombia y demás autores presentes en redes sociales como researchgate, google académico, National Bureau of Economic Research (NBR, 2017), NBR, bases de datos y repositorios universitarios (repositorioslatinoamericanos, 2017). Es de acotar que la Superintendencia Financiera presenta la información de las entidades que vigila, agrupada de la siguiente manera:

- Establecimientos de crédito: banca de segundo piso, bancos, compañías de financiamiento comercial, cooperativas financieras, organismos cooperativos de grado superior.
- Industria aseguradora (Fasecolda, 2017): compañías de seguros de vida, compañías de seguros generales, sociedades cooperativas de seguros y sociedades de capitalización.
- Intermediarios de valores y otros agentes (ANDI, 2017): administradoras de sistemas de pago de bajo valor, almacenes generales de depósito y casa de cambio.
- Pensiones, cesantías (Asofondos, 2017) y fiduciarias: fiduciarias, fondos de cesantías, fondos de pasivos pensionales, fondos de pensiones obligatorias, fondos de pensiones voluntarias, sociedades administradoras.
- Portafolios de inversión.

A partir de esta lectura, se analiza la estructura del sistema financiero colombiano y su posterior evolución, acotando que dicha estructura gravita entorno al sector bancario. En tal virtud, la apertura

económica hacia la globalización imprime el punto de inflexión para la banca comercial y el reto de migrar a la banca de inversión como estrategia para enfrentar las nuevas realidades de la banca universal.

De acuerdo con el párrafo anterior, se establece un paralelo entre la banca comercial y la banca de inversión al tiempo que se filtran los signos vitales del sistema financiero colombiano de acuerdo a los requerimientos de Basilea y la matriz Pestel (Villegas, Arboleda, & Estrada, 2017)

### Antecedentes

Antes de la era Cristiana el comercio, básicamente era de subsistencia, es decir, sin la manifestación de excedentes en el intercambio de productos. Ya en la era Cristiana, y en la gran revolución que implicó el descubrimiento de América, para la geopolítica y la economía del mundo, el comercio entre España, Europa y Oriente, se dinamiza con el patrón Oro, el cual llegaba en cantidades sin precedentes de las nuevas tierras cubiertas del metal precioso que enloqueció a todo aquel que se hizo a ultramar. (Soto, 2015).

Cuando los excedentes presentes en el intercambio de productos empezaban a deteriorarse, especialmente fruto del almacenamiento, se ve la necesidad de crear una medida que sirva de medio de pago, que sea aceptada por todos y que sirva para acumular riqueza. Los tres factores que acabamos de citar, corresponden con lo que, desde el punto de vista de la modernidad define un papel moneda (Marx, 2017). Cuando aparece el papel moneda, con las características citadas, se da la dinamización del comercio y la cultura nómada de los primeros pobladores del fin de la edad media. Estas migraciones extienden los tentáculos del comercio entre las diferentes regiones del planeta.

Con la extensión del comercio se presentan invasiones originando guerras y demás conflictos entre los

interesados en la propiedad de la tierra y el usufructo de ésta, que traducidos en productos, son la génesis del comercio. Las personas que se dedicaban al comercio, al igual que los hombres que se iban a la guerra, abandonando sus territorios, vieron la necesidad de resguardar sus riquezas, representadas en monedas. Es acá cuando el clero se convierte en la institución de confianza y seguridad para custodiar los patrimonios de los incipientes libre cambistas del medioevo. Esta figura de custodia, por parte de la iglesia, dice los analistas, es la piedra angular de la Industria financiera, y de modo concreto, la gestación de lo que hasta hoy conocemos como los bancos (Banca Fácil, 2017).

Un salto cuántico en la industria financiera, se materializa en la gran revolución industrial de mediados del siglo XIX, cuando la creatividad hecha empresa, asociada a la explosión de la electricidad, la máquina de vapor, la mecánica newtoniana, el desarrollo de la química, la física y la óptica, demandaron recursos para montar las primeras factorías y hacer de dichos conocimientos aplicaciones al servicio del hombre (Voth, 2006).

Es así como los primeros proveedores de papel moneda, se ubicaron en las bancas de las plazas de los primeros estados-naciones, para cubrir la demanda de recursos direccionados a la constitución de talleres, factorías y construcción de ferrocarriles, en el ocaso del siglo XIX (Errores históricos, 2017).

En el caso colombiano, la guerra de los mil días fue financiada por particulares, que en nada diferían de los proveedores de recursos europeos apostados en las plazas públicas. Con la gran explosión de papel moneda cada una de las regiones colombianas, o incipientes organizaciones geopolíticas conocidas como departamentos, tenía su propio papel moneda, asociado a su Banco local (Peña, 2017).

## Misión Kemmerer

El desorden anterior, hizo que en 1923, apareciera la misión Kemmerer de los Estados Unidos de Norteamérica, para organizar las finanzas del Gobierno Nacional, dando origen a la banca central y a ser garante de la incipiente industrialización del país, en particular, interviniendo en el mercado de dinero, como fuente primigenia de recursos a la industria y comercio de fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX. En este lapso, se crean los bancos de Bogotá y el banco de Colombia (Serna, Mora, & Serna, 2011).

En 1928, un año antes del colapso mundial conocido como la gran depresión, inicia operaciones la Bolsa de Valores de Bogotá, como vehículo al servicio de las sociedades anónimas de la época, de manera especial de la industria textil, de alimentos y cementera. En los años cincuenta, se ven los primeros frutos de la misión Kemmerer, en términos de una estructura del sistema financiero colombiano como resalta en los días actuales (Irisity, 2014).

El avance de la sociedad anónima en el país, presiona la creación de la Bolsa de Valores de Medellín, en los albores de la década de 1960. El plan de desarrollo las Cuatro Estrategias, del Presidente Misael Pastrana Borrero (DNP, 2017), conlleva la creación de las Corporaciones de Ahorro y Vivienda, CAV, sobresaliendo CONAVI, Corporación Nacional de Ahorro y Vivienda, Davivienda, Granahorrar. En los alrededores de 1980, los empresarios caleños, ven la necesidad de crear la Bolsa de Valores de Occidente como instancia para buscar y fondear recursos de tesorería (Sierra, Duarte, & Rueda, 2015).

## De la banca comercial a la banca de inversión

La década de los 80, marca un punto de inflexión entre la banca comercial y la banca de inversión, como resultado del crecimiento exponencial de la sociedad anónima y sus emisiones de acciones y deuda, representadas en bonos. La regulación financiera de la época, para las sociedades anónimas abiertas y cerradas, requiere de agentes especializados en determinación y proyección del riesgo sistémico y de unidad de negocio, reestructuraciones empresariales, fusiones, adquisiciones, absorciones, liquidaciones y, técnicas para valorar empresas con las respectivas ofertas públicas de adquisiciones, OPA, (Suaza, 2015). En esta misma época, a nivel mundial, irrumpe con fuerza la innovación de productos financieros, o la denominada ingeniería financiera, con los productos subyacentes en el mercado de derivados, en países desarrollados como las plazas bursátiles de Wall Street en Estados Unidos de Norteamérica y en Londres al interior del Financial Times Stock Exchange, FTSE 100.

Ya con la liberalización o apertura de la economía colombiana en 1990, la banca colombiana, que se dedicaba a la captación y colocación de créditos de manera exclusiva, ve la necesidad, ante la competencia internacional con la llegada de los primeros bancos extranjeros, a volverse socio de las unidades deficitarias, al brindarles asesoría en sus proyectos productivos más allá del simple otorgamiento de recursos (Zuleta, 2015).

En el año 1991, el gobierno colombiano, con el rollover de su deuda externa, provoca disrupción en el mercado de capitales al crear los Títulos de Endeudamiento Soberano, TES, como mecanismo de financiación pública, al corto, mediano y largo plazo. De igual manera, la Ley 100 y la Ley 50, en particular la primera de éstas leyes, origina nuevos actores para el mercado financiero, como son las administradoras de fondos de pensiones y cesantías de los asalariados colombianos (Morales, 2017).

La crisis bancaria de finales de la década de los 80 e inicio de la última década del siglo pasado, y por

Año	Adquisición	Adquiriente	Valor Transacción en MM USD
2007	<i>Banagricola</i>	<i>Bancolombia</i>	<b>900</b>
2010	<i>BAC Credomatic</i>	<i>Grupoaval</i>	<b>1920</b>
2012	<i>HSBC Centroamérica (Menos Panamá)</i>	<i>Davivienda</i>	<b>801</b>
	<i>HSBC Suramérica</i>	<i>GNB Sudameris</i>	<b>400</b>
2013	<i>Grupo mercantil Guatemala</i>	<i>Bancolombia</i>	<b>216</b>
	<i>HSBC Panamá</i>	<i>Bancolombia</i>	<b>2100</b>
	<i>Grupo reformador de Panamá</i>	<i>Grupoaval</i>	<b>411</b>
	<i>Banco BBVA Panamá</i>	<i>Grupoaval</i>	<b>490</b>

Tabla 1. Adquisiciones bancarias  
Fuente Asobancaria.

la presión de la competencia de bancos internacionales en el parque financiero colombiano, permiten la concentración de la industria bancaria en Colombia (ver tabla 1). De modo similar, la superintendencia bancaria y la superintendencia de valores, fusionadas en 2005, dan vida a la superintendencia financiera de Colombia, regulan a favor de la creación de entes jurídicos con objeto social de prestar servicios financieros al tenor del Estatuto Orgánico del Sistema Financiero Colombiano (Rodríguez E. L., 2016).

El amanecer del siglo XXI, gradúa de adolescentes mayores al sector bancario colombiano en mercados internacionales en Centro, Sur y Norteamérica adquiriendo corporaciones y bancos en dichas regiones, caso Bancolombia, adquiriendo a banagrícola, Davivienda, adquiriendo a HSBC Centroamérica y Grupoaval, adquiriendo a BAC Credomatic (Upegui, 2017) (Tabla 1)

La etapa de maduración del sistema financiero conlleva la recomposición de la propiedad. En la (tabla 2) se muestra la evolución.

	1991	1994	1996	1998
	Junio	Diciembre	Junio	Junio
1. Oficiales	55.5	22.1	20.6	10.3
2. Privados	45	77.9	79.4	89.7
2.1 Privados extranjeros/Mixtos	7.6	8.6	9.7	31.4

Fuente: Steiner, Barajar y Salazar (1999)

Tabla 2. Estructura de propiedad de los bancos (participación en los activos) en el período de 1991 a 1998

## Aspectos normativos

El estatuto orgánico del sistema financiero colombiano, EOSFC, (Estatuto Orgánico, 2017) define las siguientes entidades:

- Establecimientos de Crédito
- Sociedades de Servicios financieros.
- Sociedades de capitalización
- Entidades aseguradoras.
- Intermediarios de seguros y reaseguros.

Según el EOSFC, “Los establecimientos de crédito comprenden las siguientes clases de instituciones financieras: establecimientos bancarios, corporaciones financieras, compañías de financiamiento y cooperativas financieras.

Son establecimientos bancarios las instituciones financieras que tienen por función principal la captación de recursos en cuenta corriente bancaria, así como también la captación de otros depósitos a la vista o a término, con el objeto primordial de realizar operaciones activas de crédito” (Estatuto Orgánico, 2017).

“Son corporaciones financieras aquellas instituciones que tienen por función principal la captación de recursos a término, a través de depósitos o de instrumentos de deuda a plazo, con el fin de realizar operaciones activas de crédito y efectuar inversiones, con el objeto primordial de fomentar o promover la creación, reorganización, fusión, transformación y expansión de empresas en los sectores que establezcan las normas que regulan su actividad” (Estatuto Orgánico, 2017).

Para entender la evolución del Sistema Financiero Colombiano, debemos partir de su estructura de acuerdo al Estatuto Orgánico que normatiza su estructura en cuatro mercados a saber: mercado de dinero, mercado de capitales, mercado de divisas y mercado OTC (Cuartas, 2017). Los títulos de valores transados en el mercado de dinero tienen un vencimiento inferior a un año, los de mayor plazo se transan en el mercado de capitales intermediado

## [ sección ]

(sector bancario) o mercado de capitales desintermediado (Bolsas de valores). Dado la globalización y el desarrollo de las TIC, el crecimiento del comercio se torna exponencial y presiona la monetización de los flujos de caja a través del mercado de divisas durante las 24 horas del día, siete días a la semana, en 365 al año, lo que garantiza la autonomía del mercado de monedas. Las transacciones al margen de la oferta y la demanda tienen lugar en el denominado mercado mostrador, Over the Counter (Bolsa de Valores de Colombia, 2017).

Cuando se habla del sistema financiero, muchas personas lo relacionan directamente con los establecimientos bancarios o básicamente con lo que se conoce como “la banca” (Sierra S. I., 2013). Básicamente el Sistema Financiero (llamado también Sector Financiero) es el conjunto de instituciones

Establecimiento de crédito por tipo de intermediario
<b>Sector Privado Nacional</b>
<i>Bancos</i>
<i>Corporaciones Financieras</i>
<i>Compañías de Financiamiento Tradicional</i>
<i>Compañías de Financiamiento Especializadas Leasing Financiero</i>
<b>Sector Privado Extranjero</b>
<i>Bancos</i>
<i>Corporaciones Financieras</i>
<i>Compañías de Financiamiento Tradicional</i>
<i>Compañías de Financiamiento Especializadas Leasing Financiero</i>
<b>Sector Cooperativo</b>
<i>Organismos cooperativos de grado superior</i>
<i>Cooperativas financieras</i>
<b>Sector Público 1 Piso</b>
<i>Bancos</i>
<i>Compañías de Financiamiento Especializadas Leasing Financiero</i>
<b>Sector Público 2 Piso</b>
<i>Instituciones Oficiales Especiales (IOES)</i>

Tabla 3. Establecimientos de crédito por tipo de intermediario. Fuente Superfinanciera de Colombia

que, previamente autorizadas por el Estado, están encargadas de captar, administrar e invertir el dinero tanto de personas naturales como de personas jurídicas (nacionales o extranjeras) (Prieto, 2015).

En la actualidad la arquitectura financiera de los establecimientos de crédito viene dada por la siguiente estructura que se muestra en la tabla 3 (Superfinanciera de Colombia, 2017).

Según la superintendencia financiera de Colombia, en la actualidad existen 23 bancos

Entidad
<b>Bancos Nacionales</b>
<i>Banco de Bogotá</i>
<i>Banco Popular</i>
<i>Bancolombia</i>
<i>Helmbank</i>
<i>Occidente</i>
<i>BCSC</i>
<i>Davivienda</i>
<i>Banco AV Villas</i>
<i>Bancamia</i>
<i>WWB S.A</i>
<i>Bancoomeva</i>
<i>Banco Finandina</i>
<i>Coopcentral</i>
<b>Banco Extranjeros</b>
<i>Banco Corpbanca</i>
<i>Citibank</i>
<i>HSBC</i>
<i>GNB Sugameris</i>
<i>BBVA</i>
<i>Red Multibanca Colpatría</i>
<i>Procedit</i>
<i>Banco Falabella S.A</i>
<i>Banco Pichincha S.A</i>
<i>Banco Santander de Negocios Colombia</i>

Tabla 4. EC por tipo de Entidad Fuente Superfinanciera de Colombia

privados, 13 nacionales y 10 extranjeros (Tabla 4) (Superfinanciera, 2017).

## Evolución de la industria Financiera

Uno de los trabajos pioneros sobre el nacimiento y evolución del sistema financiero colombiano es el realizado por Rodríguez M. y Mora A. en 2005, en el cual plantean que (Rodríguez M. S., 2015):

A partir de la actividad bancaria desde 1841 y con énfasis en cada uno de los siete períodos que significaron el desarrollo de la misma, así como en aquellas entidades claves dentro de su fortalecimiento. Los períodos por considerar son la época de

“banca libre” (1870 – 1923); el nacimiento del Banco de la República (1923); el surgimiento de diversos bancos entre 1929 y 1949 y de la ASOBANCARIA en 1936; las dos crisis en el período (1956 – 1986), época en la cual aparece FOGAFÍN (1985); la llegada de la banca extranjera (1990 – 1997); la crisis entre los años 1998 y 2001, y los demás hechos importantes hasta finales del año 2009.

En línea con la investigación realizada por Rodríguez y Mora, los “Inicios de la actividad bancaria (1841–1870), antes del surgimiento de los bancos comerciales en Colombia, el sistema de crédito estuvo controlado por la Iglesia Católica por medio de los préstamos hipotecarios –censos– y por algunas casas

Nombre del Banco	Ciudad	Año de fundación	Capital inicial (Pesos)	Fecha de liquidación
Banco de Antioquia	Medellín	1872	694.000	1892
Banco Mercantil	Medellín	1874	40.000	1878
Banco Restrepo & Cía	Medellín	1875	N.D	1915
Banco de Medellín	Medellín	1881	1'539.000	1902
Banco Popular	Medellín	1882	100.000	1904
Banco Industrial de Manizales	Manizales	1882	240.000	N.D
Banco de Sopetrán	Sopetrán	1882	100.000	N.D
Banco de Oriente	Rionegro	1883	125.820	1944
Banco Vicente B. Villa e Hijos	Medellín	1883	20.000	1904
Banco de Progreso	Medellín	1883	60.000	1904
Banco Botero Arango e Hijos	Medellín	1883	N.D	1890
Banco del Zanculo	Medellín	1883	N.D	1913
Chavez Vásquez y Cía	Medellín	1890	20.000	1899
Caja de Ahorros de Medellín	Medellín	1890	N.D	N.D
Banco de Sonsón	Sonsón	1894	10.000	1936
Banco de Salamina	Salamina	1897	N.D	(Después de 1994)
Banco de Comercio	Medellín	1898	400.000	1902
Banco del Quindío		1898	100.000	N.D
Manuel A. Villegas y Cía.	Medellín	1899	N.D	1904
Crédito Antioqueño	Medellín	1900	N.D	1904
Banco de Yarumal	Yarumal	1901	1'000.000	1904
Banco Central	Medellín	1901	N.D	1904
Banco Minero	Medellín	1901	6'000.000	1928
Banco Agrícola	Medellín	1901	N.D	1904
Banco Republicano	Medellín	1901	6'000.000	1928
Banco de Jericó	Jericó	1905	100.000	1929
Vásquez Correa y Cía.	Medellín	1907	N.D	1920
Banco de Sucre	Medellín	1909	6'000.000	1922
Banco Alemán Antioqueño	Bremen - Medellín	1912	750.000	---
Banco de Caldas	Manizales	1915	400.000	1925
Banco de Fredonia	Fredonia	1920	500.000	N.D
Banco Hipotecario de Medellín	Medellín	1920	1'000.000	N.D

N.D: No disponible  
Fuente: Brew (1997, 116); Botero Restrepo, M.M (1985,128); Reseña histórica de la industria bancaria en Colombia 1821-1919 (1944), Revista del Banco de la República, XVII (198).

Tabla 5. Bancos establecidos en la región antioqueña (1872-1923) Fuente las entidades bancarias en Colombia.

[ sección ]

NOMBRE DEL BANCO	FECHA DE FUNDACIÓN	FECHA DE LIQUIDACIÓN
Banco de Bogotá	1870	---
Banco de Colombia	1875	---
Banco Popular	1877	(Hacia 1886)
Banco de Crédito Hipotecario	1883	1885
Banco Internacional	1885	n.d.
Banco de Cundinamarca	1881	(Antes de 1886)
Banco de Unión	1881	1886
Banco Hipotecario	(Antes de 1888)	(Antes de 1914)
Banco Prendarios	(Antes de 1888)	(Antes de 1914)
Banco de los Exportadores	1897	1911
Banco de Agricultores	(1899-1902)	(Antes de 1914)
Banco de Crédito y Comercio	(1899-1902)	(Antes de 1914)
Banco de Ahorro Mutuo	(1899-1902)	(Antes de 1914)
Banco Americano	1889	(Antes de 1914)
Banco de Comercio	1901	(Antes de 1914)
Banco Central (1)	1905	1928
Banco Hipotecario de Colombia	1910	N.D
Banco Mercantil Americano (2)	1918	1925
Banco López	1919	1923
Banco de Londres y Sud América (2)	1920	N.D
National City Bank (2)	1920	N.D

(1) Se convirtió en banco comercial en 1909.

(2) Sucursal de un banco extranjero.

N.D = no disponible

Fuentes: Memoria del Ministerio del Tesoro 1888, 53; Reseña histórica de la industria bancaria en Colombia, 1821-1919 (1944); Villegas y Yunis (1976-365); Franco Holguín, J. (1966,32-44)

Tabla 6. Bancos fundados en Bogotá (1871-1923)

NOMBRE DEL BANCO	CIUDAD	FECHA DE FUNDACIÓN	CAPITAL INICIAL (PESOS)	FECHA DE LIQUIDACIÓN
Banco de Barranquilla	Barranquilla	1873	312.500	1904
Banco de Bolívar	Cartagena	1874	145.000	Hacia 1890
Banco de Cartagena	Cartagena	1881	100.000	1919
Banco Popular de Bolívar	Cartagena	1883	54.000	n.d.
Banco Unión	Cartagena	1883	160.000	1917
Banco Márquez	Barranquilla	1883	125.000	1893
Banco Americano	Barranquilla	1883	565.000	1904
Banco del Estado	Cartagena	1884	N.D	1887
Banco de Riohacha	Riohacha	1885	150.000	1888
Banco del Departamento	Cartagena	1888		1888
Banco Comercial de Barranquilla	Barranquilla	1904	250.000	1967
Banco de Bolívar	Cartagena	1907	500.000	1939
Banco Industrial	Cartagena	1913	5.000	1925
Banco de Crédito Mercantil	Barranquilla	1914	100.000	1925
Banco de Sinú	Montería	1916	100.000	(Hacia 1923)
Banco Dugand	Barranquilla	1917	400.000	1925
Banco Nacional de Sabanas	Sincelejo	1920	500.000	(Hacia 1940)
Banco Comercial de Cartagena	Cartagena	1923	202.000	1925

N.D= no disponible

Fuentes: Meisel Roca, A y Posada Carbó, E (1988); Meisel Roca, A (s.f.); Informe del Departamento del Magdalena (1890)

Tabla 7. Bancos creados en la costa atlántica (1873-1923)

NOMBRE DEL BANCO	CIUDAD	FECHA DE FUNDACIÓN	CAPITAL INICIAL (PESOS)	FECHA DE LIQUIDACIÓN
Banco de Santander	Bucaramanga	1872	300.000	1879
Banco del Cauca	Cali	1873	300.000	1893
Banco del Norte	El Socorro	1881	101.600	(Antes de 1890)
Banco del Tolima	Neiva	1881	200.000	(Antes de 1905)
Banco de Pamplona	Pamplona	1882	86.255	1928
Banco Prendario de Soto	Bucaramanga	1883	100.000	1888
Banco de Santander	Bucaramanga	1883	200.000	1888
Banco del Estado	Popayán	1884	102.400	---
Banco de Honda	Honda	(Antes de 1887)	n.d.	1887
Banco Prendario de Palmira	Palmira	1893	6.000	(Antes de 1905)
Banco de Boyacá	Tunja	1903	30.000	1928
Banco de San Gil	San Gil	1906	20.000	1945
Banco del Sur	Pasto	1907	165.600	1925
Banco de Popayán	Popayán	1908	100.000	(Antes de 1922)
Caja de Ahorros	El Socorro	1910	n.d.	(Antes de 1925)
Banco de Santander	Bucaramanga	1914	150.000	1928
Banco de la Mutualidad	Bucaramanga	1914	20.000	1925
Banco Socia del Tolima	Ibagué	1917	50.000	1927
Banco Hipotecario de la Mutualidad	Bucaramanga	1918	10.000	1925
Banco Hipotecario del Pacífico	Cali	1919	330.000	1928
Banco de Huila	Neiva	1919	20.000	1925
Banco del Cementerio	Sogamoso	1919	100.000	1935
Banco de Popayán	Popayán	1919	n.d.	(Antes de 1925)

N.D. = no disponible

Fuentes: Romero (1987); Romero (1989); Reseña histórica de la industria banacaria en Colombia, 1821-1919 (1944); Villegas y Yunis (1976,366).

Tabla 8. Bancos creados en otras regiones del país (1871 – 1923)

comerciales”. Los autores en mención, continúan su trabajo de campo y advierten en su taxonomía histórica, sobre la evolución de los bancos, que “el período entre 1871 y 1923 se denomina de “banca libre”, puesto que no existía un banco central. A pesar de la inestabilidad presentada por la banca comercial –orientación especulativa–, las quiebras y los pánicos. Este período se considera el de mayor auge regional en Colombia: se fundaron 95 bancos comerciales (tabla 5) (Meisel, 2015), concentrados en unas pocas localidades (tablas 6, 7 y 8) (Meisel, 2015).

Espinel en su resumen sobre el sistema financiero colombiano de 2013, plantea (Espinel, 2013):

Se estudió la evolución y estructura del sistema financiero colombiano. Su desarrollo ha girado en torno a la banca; mientras que el mercado de capitales sigue incipiente. Las reformas de comienzos de los noventa, la implementación de la multibanca y la unificación de las bolsas, son algunos de los cambios más relevantes. No obstante, el acceso crediticio es limitado, la eficiencia bancaria y su competencia

pueden aumentarse, las últimas medidas tributarias y regulatorias han sido desfavorables, y todavía es necesario ajustar la normatividad para crear condiciones beneficiosas para los inversionistas.

En línea con el planteamiento de Espinel, la historia del sector financiero en un país está siempre ligada a la de su sociedad y su economía manifiesta Argáez, (Argáez, 2010). De manera similar, se contextualiza el pronunciamiento de la Asociación Bancaria y Portafolio quienes caracterizan el periodo 1951-1974 como una etapa de industrialización dirigida por el Estado y apalancado en la banca (Junguito, 2015).

El estudio de Ocampo (Ocampo & Colmenares, 2010), profundiza en la estructura del SFC al afirmar que los tres elementos más importantes en este lapso fueron la consolidación de un modelo de banca especializada, la fuerte presencia de la banca oficial y el papel creciente del crédito de fomento. También analiza la creación de la Junta Monetaria en 1963 y el tema del sistema de ahorro en valor constante,

## [ sección ]

Upac, establecido desde 1973 para financiar la vivienda y su impacto sobre las tasas de interés, el ahorro financiero y la estructura del sector,

Durante los años setenta se introdujeron una serie de innovaciones al sistema financiero, en respuesta a la gran demanda de crédito que caracterizaba a una economía en crecimiento como la colombiana (Garay, 2015). En particular, se crearon las corporaciones de ahorro y vivienda -CAV- y el sistema de ahorro, mediante los decretos 677 y 678 de mayo de 1972, como instrumentos para la captación de recursos para préstamos a largo plazo. Para contribuir a la ampliación del sistema financiero, en 1979 se crearon las corporaciones de financiamiento comercial -CFC-. A pesar de lo anterior, en los años sesenta y setenta el sistema financiero colombiano era bastante limitado, operaba bajo un esquema de banca especializada, había muy poca diversidad en las operaciones, estaba altamente sobrerregulado y se restringía la entrada de nuevas instituciones, lo que reducía la competencia (Cepal, 2006).

Siguiendo a Garay en 1990 se promulgó la ley 45, por medio de la cual se abandona el esquema de banca especializada y se da paso al esquema de banca universal regulada (Garay, 2015).

Las medidas tomadas permitió la existencia de un holding -filiales y matrices- con reglas que facilitan la entrada, salida, transformación, fusión y disolución de sociedades financieras, dentro de una normatividad para el manejo de eventuales conflictos de interés, buscando no restringir la movilidad del sector (Ministerio de Hacienda, 2017). Así, el proceso de desregulación del mercado financiero y de liberación de las decisiones empresariales ha venido configurando un sistema de banca múltiple, en el que la especialización de la intermediación depende principalmente de decisiones gerenciales. El sistema

de filiales se adoptó como solución para reducir la brecha entre la banca múltiple y la especializada.

En 1993 se reestructuró la ley 45 de 1990, lo cual facilitó el paso hacia un sistema de banca múltiple mediante la intervención de los intermediarios financieros en diferentes sectores de la economía. A pesar de esto, todavía se mantienen las grandes categorías de intermediarios (Ambito jurídico, 2012).

Mediante la ley 35 de 1993 se crearon condiciones de intervención estatal, orientadas a facilitar el libre funcionamiento del mercado financiero, preservar la competencia, prevenir riesgos y dirimir con claridad conflictos internos de intereses (Secretariado del Senado, 2017).

Durante los años noventa se presentaron grandes cambios en el sistema financiero colombiano. “Ocurrieron modificaciones regulatorias de naturaleza cambiaria, monetaria y crediticia, además de las relacionadas con la estructura del sistema. La apertura comercial y financiera realizada a principios de la década de los 90 y la crisis financiera establecieron el ambiente para que el sector iniciara un proceso de flexibilización y de modernización” (Arango, 2010).

Algunos hitos históricos predeterminan a los mercados financieros como: La Primera Guerra Mundial e inicios de la posguerra, el Auge financiero y del mercado de valores en EEUU, La reorientación del crédito hacia América Latina y la Crisis de 1929 en la Bolsa de NY, el inicio de la segunda guerra mundial en 1939 la que conllevó al cierre del mercado internacional de capitales (El Tiempo, 2005).

Con la terminación de la segunda guerra mundial en 1943, se dio el Acuerdo de Bretton Woods, que estableció la paridad fija oro-dólar. El fin de la guerra también permitió la creación de organismos

multilaterales como la ONU, OEA y la CEPAL. En los años sesentas se materializó la Revolución Cubana y la firma del Acuerdo de Punta del Este para la Alianza para el Progreso y la Economía Nacional. Por último, la terminación de la guerra evidenció las bajas exportaciones, altas tasas de cambio y déficit fiscal (Historia Cultural, 2017).

Por último en Colombia, los conglomerados actúan como controladores del sector financiero y es así como el grupo AVAL, liderado por el Señor Luis Carlos Sarmiento Ángulo, domina un importante número de bancos, encabezados por el Banco de Bogotá, al igual que Davivienda que está bajo el control del grupo Bolívar, en cabeza del Señor Efraín Forero y el Grupo Empresarial Antioqueño, GEA, que controla al grupo Bancolombia (Historia del GEA, 2011). Esta situación se contrapone a la pregunta de investigación planteada por Wilches, cuando se interroga “si los grupos económicos o conglomerados deben desaparecer, ¿por qué en Colombia, con una economía abierta insertada en la Economía Global, este tipo de organizaciones, en lugar de disminuir, continúa aumentando? (Wilches, 2016).

## Hallazgos

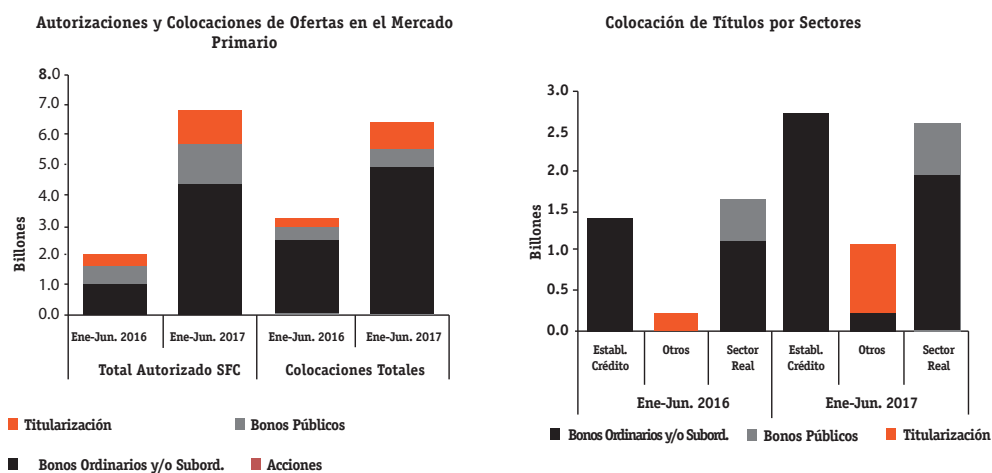
De acuerdo al informe de actualidad del sistema financiero colombiano de junio de 2017, se afirma que:

El crecimiento anual de los activos del sistema financiero al cierre de junio registró un 9.9% alcanzando un valor de \$1,518.6 billones (b). En términos absolutos, los activos presentaron un incremento mensual de \$16.5b, producto del aumento en las inversiones, la cartera neta y otros activos de \$10.4b, \$3.5b y \$2.6b, en su orden (Actualidad Financiera, 2017).

Cuando el sector bancario irrumpe a las actividades de banca de inversión, sus ingresos trascienden el margen de intermediación obtenido por la diferencia entre la tasa de colocación y la tasa de captación para obtener comisiones al ser agentes estructuradores y colocadores de ofertas públicas de adquisición: títulos de renta fija y renta variable en el mercado de capitales desintermediado (gráfica 1) (Gómez, Uribe, & Piñeros, 2009).

En otro sentido, el índice de solvencia de los diferentes establecimientos de créditos se ubica por encima de los mínimos de ley. De acuerdo con

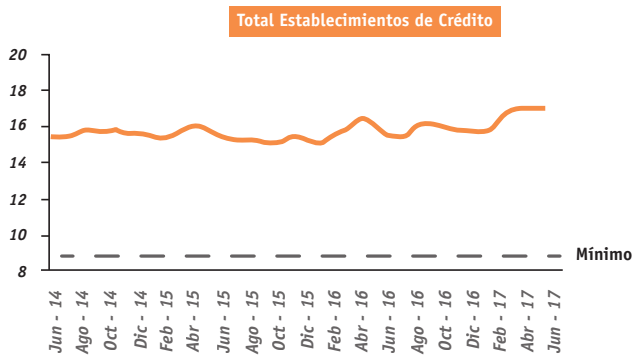
### Mercado Primario de Títulos Valores: Un primer semestre que muestra mayor dinámica y recuperación con respecto al 2016



Fuente: Sicon Sistema de Colocación de Ofertas Públicas

Gráfica 1. Mercado primario TV Fuente Superfinanciera de Colombia.

[ sección ]

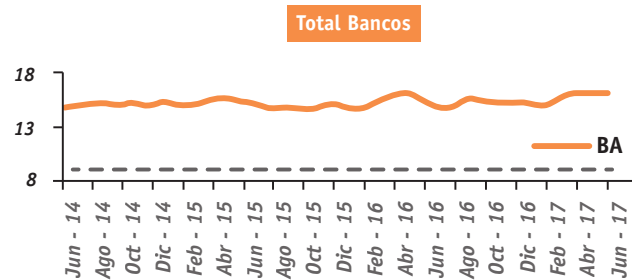


Gráfica 2. Relación solvencia EC total. Fuente superfinanciera de Colombia

la Superfinanciera, la relación de solvencia total se define como: el valor del patrimonio técnico, dividido por el valor de los activos ponderados por nivel de riesgo crediticio y de mercado (Banco República, 2017). Esta relación no puede ser inferior a nueve por ciento (9%). (Gráfica 2, 3,4, 5).

La profundización financiera optima en Colombia (Asobancaria, 2017) se define en función del producto interno bruto PIB, (gráfica 6).

La estrategia actual del sistema financiero colombiano, para su crecimiento y evolución (Superfinanciera, 2017) pasa por:



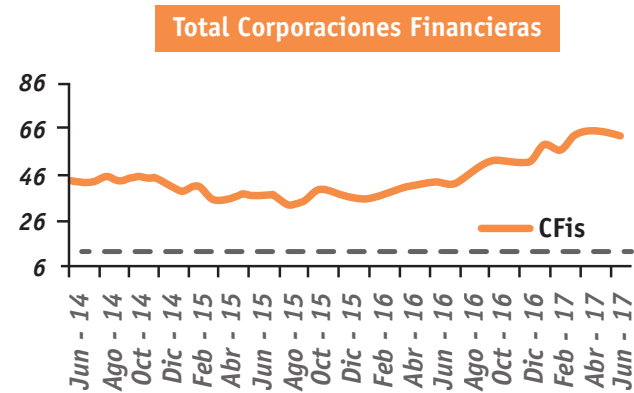
Gráfica 3. Relación de Solvencia Bancos Fuente superfinanciera de Colombia

- Elevar el uso de los productos y servicios financieros formales y las transacciones electrónicas.
- Profundizar la inclusión financiera de la población rural.
- Desarrollo de esquemas alternativos de financiamiento a PYMES.

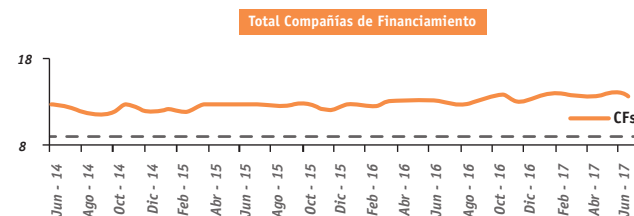
Otro hallazgo en línea con el reporte de inclusión financiera, enmarcado con las estrategias de evolución del sistema financiero, tiene que ver con la evolución en el número de puntos de acceso al sistema financiero, tal y como se ilustra en la gráfica 7 (banca de las oportunidades, 217).

Otro aspecto a resaltar consiste en el número y composición de oficinas por tipo de entidad, ver gráfica 8, 9, en donde se destacan el crecimiento del sector.

En la evolución de cajeros electrónicos, los bancos sobresalen en su liderazgo del Fintech como se evidencia en la (gráfica 10) (Repositorio fedesarrollo, 2017).



Gráfica 4. Relación solvencia Corporaciones Financieras Fuente superfinanciera de Colombia

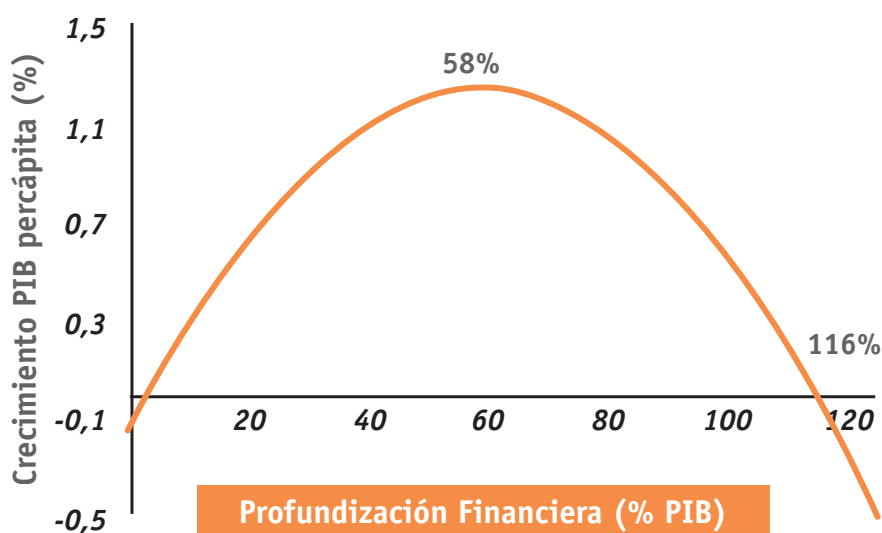


Gráfica 5. Relación solvencia Compañías financiamiento Fuente superfinanciera de Colombia

Cifras Millones de \$ y Porcentajes

Código	Entidad	Archivos ponderados por riesgo		Riesgo de mercado <sup>2</sup>		Relación de Solvencia			
		jun-17	may-17	jun-17	may-17	Básica <sup>3</sup>		Total <sup>4</sup>	
						jun-17	may-17	jun-17	may-17
1	Banco de Bogotá	69.806.468	68.597.838	213.470	211.912	13,98	14,45	21,34	21,56
2	Banco Popular s.a	17.083.105	17.151.353	104.543	110.463	9,56	9,51	11,26	11,21
6	Banco Corpabanca	23.433.950	23.256.706	186.354	191.908	9,28	9,38	12,72	12,75
7	Bancolombia s.a	112.976.242	111.400.722	688.791	836.822	9,65	9,64	16,76	16,65
9	Citibank	10.073.698	10.014.700	133.951	131.186	11,03	11,12	11,25	11,08
12	Sudameris Colombia	9.752.446	9.617.814	84.617	86.433	10,87	11,09	27,22	26,75
13	BBVA	39.587.409	39.375.869	198.479	214.117	7,27	7,34	12,83	12,73
23	Occidente	27.610.768	27.502.082	134.480	136.185	10,78	10,83	13,34	13,45
30	BCSC	8.956.114	8.932.483	27.260	30.807	12,90	12,87	18,46	18,38
39	Davivienda s.a	65.471.186	64.647.010	203.587	164.313	9,42	9,60	15,92	15,43
42	Colpatría red multibanca	21.326.207	21.023.336	77.461	81.484	7,50	7,59	11,32	11,40
43	Banco Agrario de Colombia	13.967.294	13.977.945	124.833	79.430	13,32	13,76	14,40	14,81
49	AV Villas	9.163.289	8.932.974	23.386	36.591	11,25	11,36	12,42	12,50
51	Procredit	112.326	109.080	5	3	16,34	18,01	16,36	18,03
52	Bancamia	1.255.335	1.241.689	94	107	14,59	14,74	18,27	18,45
53	Banco WWB	1.249.986	1.219.822	5.404	1.014	29,39	31,27	30,07	31,99
54	Bancoomeva	3.021.938	3.000.989	2.219	2.313	10,69	10,77	27,85	27,52
55	Finandia	1.617.570	1.592.918	207	51	12,71	12,92	14,22	14,37
56	Banco Falabella s.a	2.642.848	2.631.487	4.527	4.397	13,72	13,75	14,35	14,26
57	Banco Pichincha	3.010.770	2.965.287	3.612	2.025	11,76	12,01	13,27	13,54
58	Banco Cooperativo Coopcentral	789.435	786.066	757	799	21,74	21,89	21,84	21,98
59	Banco Santander de Negocios Colome	1.314.328	1.232.473	20.090	20.248	13,91	14,76	13,96	14,83
60	Banco Mundo Mujeres s.a	1.399.624	1.393.763	1.211	1.557	16,02	16,03	17,42	17,33
61	Banco Multibank s.a	299.553	289.236	831	2.243	34,38	34,07	34,38	34,07
62	Banco Compartir s.a	751.447	750.568	674	714	12,74	13,37	13,68	14,28
	<b>TOTAL</b>	<b>446.673.336</b>	<b>441.644.211</b>	<b>2.240.842</b>	<b>2.347.123</b>	<b>10,49</b>	<b>10,62</b>	<b>16,14</b>	<b>16,07</b>

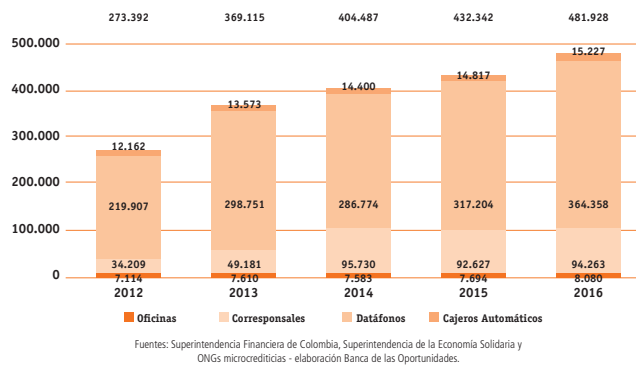
Tabla 9. Evolución del índice de solvencia establecimientos de crédito

Gráfica 6. Profundización financiera como porcentaje del PIB.  
Fuente www.asobancaria.com

## Conclusiones

El trabajo de la revisión bibliográfica sobre la Estructura y Evolución del Sistema Financiero Colombiano nos permite las siguientes inferencias.

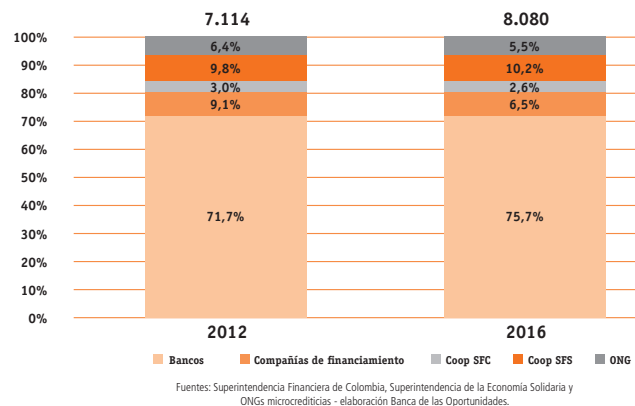
- Se valida el objetivo general de la investigación en la medida que los signos vitales de los establecimientos de crédito, a junio de 2017, arrojaron una relación de solvencia por encima de los mínimos exigidos y, en particular los bancos a junio están en 16.1% frente a un 9% exigido. Situación similar se presenta con las compañías de financiamiento, y atención especial merecen las corporaciones financieras las cuales muestran a la fecha de corte una relación de solvencia con riesgo de mercado 63.3%.
- En línea con el informe de actualidad del sistema financiero colombiano, los signos vitales de los



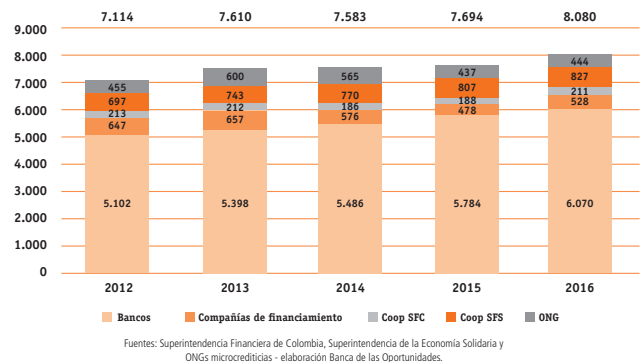
Fuente superfinanciera de Colombia  
Gráfica 7. Puntos de acceso al sistema financiero

bancos son el motor del sistema financiero colombiano, como se afirma en dicho informe. “Los resultados positivos de los establecimientos de crédito promueven la sostenibilidad y la oferta de productos y servicios: Los EC acumularon utilidades por \$4.2b. Del total, los bancos presentaron \$3.9b7 seguidos por las corporaciones financieras con \$219.4mm y las cooperativas financieras con \$32.2mm. En contraste,

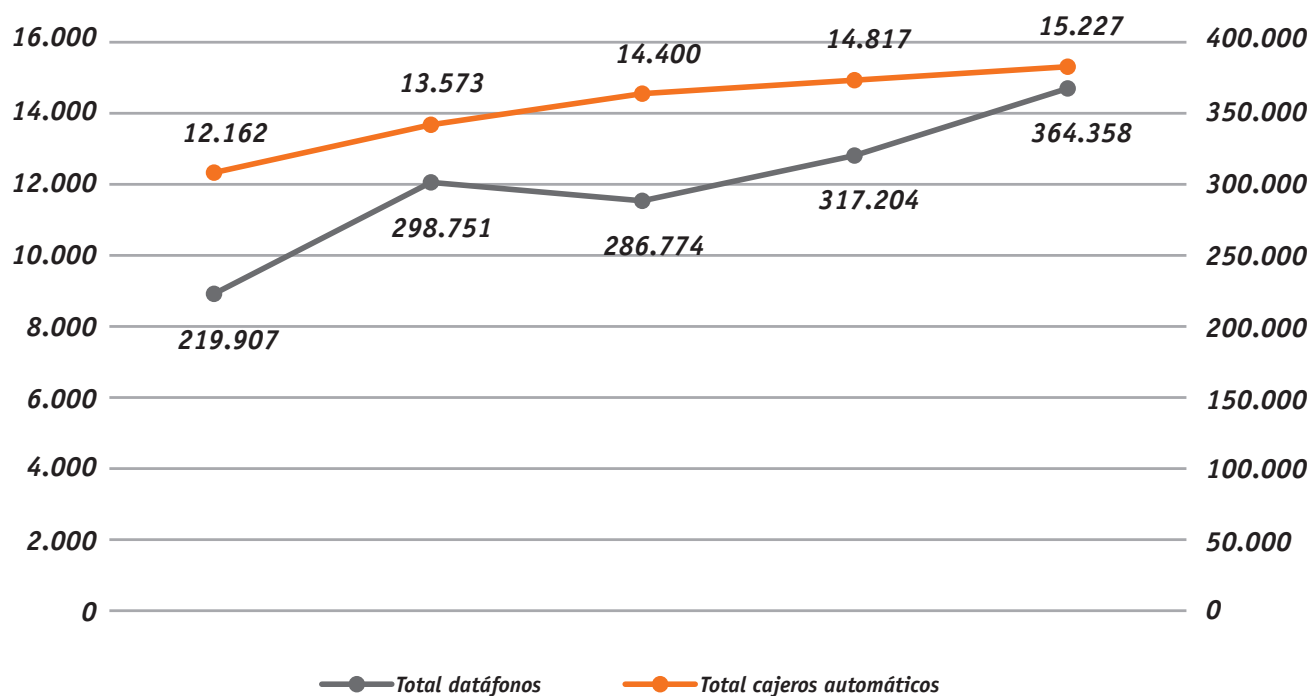
las compañías de financiamiento presentaron pérdidas por \$3.6mm. Los resultados positivos favorecen las condiciones para que se mantenga la dinámica de la oferta de productos y servicios financieros, considerando que, en promedio, cerca de un tercio de las utilidades son comprometidas anualmente por los EC para fortalecer su capacidad patrimonial”



Gráfica 9. Número de oficinas Fuente superfinanciera de Colombia



Gráfica 8. Número de oficinas Fuente superfinanciera de Colombia



Fuentes: Superintendencia financiera de Colombia y Redes de Bajo Valor, elaboración Banca de las operaciones

Gráfica 10. Evolución número de cajeros electrónicos  
Fuente superfinanciera de Colombia?

- A nivel nacional, a diciembre de 2016 el número total de puntos de acceso para todas las entidades alcanzó los 481.928, nivel que frente al total observado en 2012 (273.392) implicó un incremento en 208.536 puntos durante este período y un crecimiento promedio anual de 15,7%.

- La investigación realizada por Rodríguez en 2016, es congruente con los objetivos del presente análisis cuando se concluye que “Se analizaron 26.799 empresas del sector real y 254 entidades del sector financiero, lo que dio como resultado mejores indicadores para el sector financiero y, dentro de este, se destacó la industria aseguradora (Rodríguez G. I., 2016). Sin embargo, es necesario que estos dos sectores mejoren su desempeño, ya que solo el 2,6 % de las empresas y entidades estudiadas es eficiente”

- Las oficinas del Sistema Financiero, se incrementaron solo el 13,6%, pasando de 7114 en el año 2012 a 8080 a diciembre de 2016.

- La exploración del sistema financiero permite llegar al consenso que plantea Upegui en 2017: “A pesar de que los grupos financieros más importantes del país presentan el esquema de multibanca y ofrecen soluciones para sus clientes bajo un solo techo (bien sea dentro de la misma entidad o con entidades del grupo financiero), existen aún dentro de las 23 instituciones bancarias entidades que se han dedicado a un nicho de mercado exclusivo, característico de la banca especializada, como es el caso del WWB, Bancamia, Coopcentral, Finandina y Procredit” (Upegui, 2017).

## [ sección ]

- Los bancos fueron las entidades más representativas en número de cajeros automáticos con un total de 12.912 (84,8%), seguidos por Servibanca con 2.315 (15,2%).

### **Recomendaciones**

La presente investigación invita a los lectores a plantearse la pregunta: ¿Cuál es el nivel de independencia administrativa, operativa y económica de los sectores de seguros, las fiduciarias, las sociedades comisionistas de bolsa, frente a los establecimientos de crédito y su compromiso con el crecimiento y desarrollo del país?

### **Agradecimientos**

Mis sinceros agradecimientos al coordinador académico Erik Humberto Arbeláez Hincapié, al subdirector encargado del centro de servicios y gestión empresarial Cesge, Eimar Castaño Graciano, al exlíder Sennova, John Jairo Castro Maldonado y, por supuesto a la subdirectora en propiedad del Cesge, Rosalía Suescún Giraldo, a todos ellos, por hacer posible esta exploración hacia la investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el país. Inspiración especial para los aprendices SENA en “la voluntad de entender y transformar vidas” (CEEZ, 2017)

## REFERENCIAS

Actualidad Financiera. (30 de Junio de 2017).

**superfinanciera de colombia.** Obtenido de <https://www.superfinanciera.gov.co/descargas?com=institucional&name=pubFile1025774&downloadname=comsectorfinanciero062017.pdf>.

Ambito jurídico. (27 de Marzo de 2012).

**Ambito jurídico.** Obtenido de <https://www.ambitojuridico.com/BancoConocimiento/Educacion-y-Cultura/noti-120724-09-reformas-estructurales-al-sistema-financiero>

ANDI. (13 de Octubre de 2017).

**Asociación nacional de industriales.** Obtenido de <http://www.andi.com.co/es/GAI/GuiInv/SisFin/MerVal/Paginas/IntVal.aspx>

Arango, M. (15 de Junio de 2010).

**Cepal Naciones Unidas.** Obtenido de Cepal Naciones Unidas: <http://repositorio.cepal.org/>

Argáez, C. C. (5 de Julio de 2010).

**Revista Dinero.** Obtenido de Revista Dinero: <http://www.dinero.com>

Asobancaria. (8 de Mayo de 2017).

**Brecha de profundización financiera en Colombia.** Obtenido de Asobancaria: [www.asobancaria.com](http://www.asobancaria.com)

Asofondos. (15 de Agosto de 2017).

**Asociación de fondos de pensiones y cesantías.** Obtenido de <http://www.asofondos.org.co/>

Banca de las oportunidades. (30 de Junio de 2017).

Obtenido de <http://bancadelasoportunidades.gov.co/sites/default/files/2017-10/REPORTE%20TRIMESTRAL%20INCLUSIVO%20FINANCIERA%20JUNIO%202017.pdf>

Banca Fácil. (9 de Noviembre de 2017).

**Banca fácil.** Obtenido de <http://www.bancafacil.cl/bancafacil/servlet/Contenido?indice=1.2&idPublicacion=1500000000000012&idCategoria=2>

Banco República. (30 de Marzo de 2017).

Obtenido de [http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/ref\\_mar\\_2017.pdf](http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/ref_mar_2017.pdf)

Bolsa de Valores de Colombia. (7 de Noviembre de 2017).

**Mercado OTC.** Obtenido de <https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Mercados/horariosDeNegociacion?action=dummy>

CEEZ. (2017).

La voluntad de entender y transformar la vida. En C. d. zuleta, La voluntad de entender y transformar la vida (págs. 19 - 25). **Medellín: CEEZ.**

Cepal. (15 de Junio de 2006).

**Cepal.** Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/4809-evolucion-crisis-sistema-financiero-colombiano>

Cuartas, F. D. (15 de julio de 2017).

**gacetafinanciera.com.** Obtenido de [gacetafinanciera.com:](http://gacetafinanciera.com/) <http://gacetafinanciera.com/>

DNP. (21 de Agosto de 2017).

**Departamento Nacional de Planeación.** Obtenido de Departamento Nacional de Planeación: [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/Pastrana1\\_Prologo.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/Pastrana1_Prologo.pdf)

El Tiempo. (14 de Mayo de 2005).

**El Tiempo.** Obtenido de El Tiempo: <http://www.eltiempo.com>

Errores históricos. (5 de noviembre de 2017).

**Errores históricos.** Obtenido de <http://www.erroreshistoricos.com/curiosidades-historicas/origen/1147-origen-de-la-bancarrota.html>

Espinel, J. A. (13 de Abril de 2013).

Evolución del sistema financiero colombiano. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Estatuto Orgánico. (21 de Agosto de 2017).

**superfinanciera.gov.co.** Obtenido de <https://www.superfinanciera.>

gov.co/: <http://www.secretariasenado.gov.co/senado/>

Fasecolda. (17 de Abril de 2017).

**Fasecolda.** Obtenido de <http://www.fasecolda.com/>

Garay, L. J. (23 de Octubre de 2015).

**Banco de la Republica de Colombia.** Obtenido de Banco de la Republica de Colombia: <http://www.banrepultural.org>

Gómez, J., Uribe, J., & Piñeros, H. (2009).

Determinantes de la Rentabilidad de los Bancos en Colombia: ¿Importa la Tasa de Cambio? Borradores de Economía, 2 -21.

Granados, O. (13 de Noviembre de 2015).

**Universidad Jorge Tadeo Lozano.** Obtenido de Universidad Jorge Tadeo Lozano: <https://revistas.utadeo.edu.co>

Historia Cultural. (1 de Noviembre de 2017).

**Segunda guerra mundial.** Obtenido de <http://www.historiacultural.com/2010/08/consecuencias-segunda-guerra-mundial.html>

Historia del GEA. (1 de Agosto de 2011).

**Historia del Sindicato Antioqueño.** Obtenido de <http://sindicatoantioquia.blogspot.com.co/>

<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/>. (25 de Junio de 2017).

**Repositoios chile.** Obtenido de <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/>

Irisity, J. (2014).

Transferencia de técnicas en los esfuerzos de modernización fiscal y presupuestaria de la adiministración en america latina. Producción científica Luz, 2 - 24.

Junguito, R. (24 de Junio de 2015).

**Portafolio.** Obtenido de Portafolio: <http://www.portafolio.co>

Marx, C. (6 de Noviembre de 2017).

**Redaccion popular.** Obtenido de <http://www.redaccionpopular.com/articulo/marx-y-el-papel-moneda>

Meisel, A. (2015).

**Antecedentes del banco de la república.** Cuadernos de Historia Económica, 1 - 32.

Ministerio de Hacienda. (7 de Junio de 2017).

**Minhacienda.** Obtenido de [http://www.minhacienda.gov.co/Home-Minhacienda/ShowProperty;jsessionid=n0GHvmNXYWIKRZftSwcUR\\_gk-gMe\\_VgOVnAH1qV74i27FFz8ZczZ!449589279?nodeId=%2FOCS%-2FP\\_MHCP\\_WCC-073370%2F%2FidcPrimaryFile&revision=latestreleased](http://www.minhacienda.gov.co/Home-Minhacienda/ShowProperty;jsessionid=n0GHvmNXYWIKRZftSwcUR_gk-gMe_VgOVnAH1qV74i27FFz8ZczZ!449589279?nodeId=%2FOCS%-2FP_MHCP_WCC-073370%2F%2FidcPrimaryFile&revision=latestreleased)

Morales, K. (2017).

Análisis Teórico - Práctico de los Requisitos y Presupuestos de la Ley 100 de 1993 y Ley 797 de 2003. Repositorio Universidad católica de colombia, 1- 48.

NBR. (19 de Septiembre de 2017).

**National Bureau of Economic Research.** Obtenido de <http://www.nber.org/>

Ocampo, J. A., & Colmenares, G. (2010).

**Historia Económica de Colombia.** Bogotá: Presidencia de la República.

Peña, M. O. (7 de Julio de 2017).

**Así sucedió.** Obtenido de <http://www.asisucedio.co/xx-colombia-despues-de-la-guerra-de-los-mil-dias/>

Prieto, R. D. (15 de Junio de 2015).

**Politécnico Grancolombiano.** Obtenido de Politécnico Grancolombiano: <http://crear.poligran.edu.co>

Repositorio fedesarrollo. (11 de Noviembre de 2017).

**Fedesarrollo.** Obtenido de [http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/1274/Repор\\_Agosto\\_2006\\_Arbelaez\\_Melendez\\_y\\_Zuluaga.pdf?sequence=1](http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/1274/Repор_Agosto_2006_Arbelaez_Melendez_y_Zuluaga.pdf?sequence=1)

repositorioslatinoamericanos. (17 de Junio de 2017).

**Universidad de Chile.** Obtenido de <http://repositorioslatinoameri->

canos.uchile.cl/

Rodriguez, E. L. (2016).

Intervención del Estado en el sector financiero. Principia IURIS, 1 - 17.

Rodriguez, G. I. (13 de octubre de 2016).

La eficiencia relativa del sector real versus la del sector financiero de la economía colombiana. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Rodriguez, M. S. (2015).

Las entidades bancarias en Colombia. Universidad EAFIT, 2 -22.

Secretariado del Senado. (24 de Octubre de 2017).

**Secretariado del senado.** Obtenido de [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0035\\_1993.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0035_1993.html)

Serna, M., Mora, A., & Serna, N. (27 de Junio de 2011).

**revista MBA eafit.** Obtenido de <http://www.eafit.edu.co/revistas/revistamba/Documents/mba2011/3-entidades-bancarias-colombia.pdf>

Sierra, K., Duarte, J., & Rueda, V. (2015).

Predictibilidad de los retornos en el mercado de Colombia e hipótesis de mercado adaptativo. Estudios Gerenciales, 1 - 8.

Sierra, S. I. (26 de febrero de 2013).

**gacetafinanciera.com.** Obtenido de [gacetafinanciera.com](http://www.gacetafinanciera.com): <http://www.gacetafinanciera.com>

Soto, D. P. (2015).

**Francis Bacon t la Calumnia de America. Amauta, 1 - 16.** Obtenido de [https://ocw.uca.es/pluginfile.php/450/mod\\_resource/content/1/EL\\_IMPACTO\\_ECONOMICO\\_Y\\_SOCIAL\\_DE\\_AMERICA\\_EN.pdf](https://ocw.uca.es/pluginfile.php/450/mod_resource/content/1/EL_IMPACTO_ECONOMICO_Y_SOCIAL_DE_AMERICA_EN.pdf)

Suaza, A. G. (15 de Eeneo de 2015).

Determinantes de las fusiones y adquisiciones en el sistema financiero colombiano. Bogotá Universidad del Rosario, Cundinamarca, Colombia.

Superfinanciera. (5 de Noviembre de 2017).

**Entidades vigiladas.** Obtenido de <https://www.superfinanciera.gov>.

co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=60754

Superfinanciera. (3 de Julio de 2017).

**Superintendencia financiera de Colombia.** Obtenido de Superintendencia financiera de Colombia: <https://www.superfinanciera.gov.co/>

Superfinanciera de Colombia. (17 de Agosto de 2017).

**Superintendencia financiera de colombia.** Obtenido de <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=13070>

Upegui, A. M. (27 de Mayo de 2017).

Fusiones y Adquisiciones en el sector bancario Colombiano. Medellín, Antioquia, Colombia.

Villegas, D., Arboleda, J., & Estrada, J. (9 de Noviembre de 2017).

**UdeA.** Obtenido de <http://tesis.udea.edu.co/handle/10495/7922>

Voth, H.-J. (2006).

La discontinuidad olvidada: provisión de trabajo, cambio tecnológico y nuevos bienes durante la Revolución Industrial. RCUB Revistas científicas de la universidad de barcelona, 1 - 20.

Wilches, G. (30 de Junio de 2016).

El proceso evolutivo de los Conglomerados o Grupos Económicos en Colombia. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Zuleta, H. (15 de Mayo de 2015).

Una visión general del sistema financiero colombiano. Bogotá, Cundinamarca, Colombia. Obtenido de Banco de la Republica.

# ANÁLISIS BIOMECÁNICO DEL GESTO DEL PEDALEO EN CICLISTAS DE RUTA

POR:

FANNY VALENCIA LEGARDA<sup>1</sup>

NATALY ANDREA SALCEDO ZAMBRANO<sup>2</sup>

CAMILO ANDRÉS PÁRAMO VELÁSQUEZ<sup>3</sup>

## | RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo determinar la máxima eficiencia en la cadencia del pedaleo en ciclistas de ruta, con el fin de establecer parámetros que mejoren el rendimiento deportivo. Materiales y método. Se realizó un estudio con una población de 11 ciclistas de ruta pertenecientes a la categoría amateur. Se analizaron las principales variables biomecánicas presentes en el gesto del pedaleo, tales como cadencia y cinemática articular. Resultados. Se identificó que el 100% de la población presentó dificultades con la altura óptima del sillín. Se evidenció la participación de las articulaciones de la cadera, la rodilla y el tobillo en el gesto del pedaleo en relación a los grados de movimiento y a la cinemática articular. Conclusiones. El desajuste en la altura del sillín tiene una incidencia directa en la cadencia del pedaleo, especialmente para alcanzar la ventaja mecánica; dichos desajustes repercuten en el posicionamiento del tronco de manera tal que disminuyen los ángulos posturales, afectan la aerodinámica y la potencia para el pedaleo producto de la disminución en la flexibilidad de la musculatura de miembros inferiores especialmente en los isquiotibiales.

**Palabras claves:** Altura del sillín, cadencia, ciclismo, cinemática articular, pedaleo.

<sup>1</sup>Fundación Universitaria María Cano, fannyvalencialegarda@fumc.edu.co

<sup>2</sup>Fundación Universitaria María Cano, lab-analisismovimiento@fumc.edu.co

<sup>3</sup>Tecnoparque Sena Nodo Medellín, camiloparamo@gmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos tiempos encontrar la eficiencia en el gesto del pedaleo ha sido uno de los temas que más interés ha tenido principalmente como variable determinante en el rendimiento del ciclista (García-López, Diez-Leal, Rodríguez-Mayorro, Larrazabal, & De Galceanos, 2009, p. 9-20), por lo tanto, el rol del fisioterapeuta no solo se encamina a la rehabilitación de las lesiones deportivas como factor relevante en los procesos de acompañamiento deportivo y recuperación de las capacidades físicas, sino también en la prevención de lesiones deportivas y el desarrollo de propuestas metodológicas que tengan como finalidad mejorar el rendimiento de los ciclistas.

Estudios y autores que han abordado esta misma temática han permitido evidenciar la validez del análisis biomecánico en el ciclismo de ruta, en el caso específico del estudio efectuado en el laboratorio de análisis de movimiento de la Fundación Universitaria María Cano (2016) se identificaron variables cinemáticas y propias del gesto deportivo, que permitieron determinar la eficiencia mecánica del pedaleo en 11 ciclistas de ruta de la categoría amateur.

Desde el punto de vista interdisciplinar la fisioterapia y la biomecánica han sido disciplinas que han brindado aportes especialmente al ciclismo, entendiendo que los estudios propuestos por dichas ciencias han pretendido mejorar el entrenamiento y rendimiento deportivo (Atkinson, Davidson, Jeukendrup, & D., 2003, p.767-787).

Es de entender, que la mayoría de los ciclistas recreativos y algunos de los profesionales presentan alteraciones y anomalías principalmente al ejecutar adecuadamente el gesto del pedaleo, lo anterior como producto del desajuste que presentan frente a la máquina (Baker, 2009) (Castellote-Olivito, 1990, p. 233-238); por lo tanto la

biomecánica es una herramienta que permite dar un diagnóstico más preciso y objetivo en pro de evitar la aparición de lesiones deportivas producto del sobreentrenamiento que genera dicho deporte (Borges de Macedo, 2014, p. 987).

Teniendo en cuenta que una de las funciones que presenta el fisioterapeuta que interviene en el campo deportivo es prevenir patologías de tipo músculo esquelético, la biomecánica se convertirá para este en un instrumento que favorecerá a futuro el perfeccionamiento del desempeño deportivo.

Se debe tener en cuenta que una de las características principales que presenta el entrenamiento de los ciclistas es la frecuencia constante de pedaleo; con esta característica se busca alcanzar la condición física óptima de manera que pueda afrontar adecuadamente cada una de las carreras (García-López, Rodríguez-Marroyo, Juneau, Peleteiro, & Martínez, 2008, p. 277-286), por lo tanto, para alcanzar la adecuada frecuencia de pedaleo y a su vez el rendimiento deportivo ideal se deben tener en cuenta parámetros como los fisiológicos y los biomecánicos.

Cabe señalar que la bicicleta en el ciclismo es una herramienta customizada, esta medida busca mejorar la eficiencia del deportista y a su vez establecer la posición más ergonómica, con ello se pretende disminuir la incidencia de lesiones deportivas a causa de una mala acomodación del deportista a la máquina y minimizar el posible recrudescimiento que pueda existir debido a la repetitividad constante que presenta la ejecución del gesto del pedaleo.

El pedaleo está formado por 2 fases que se explican a continuación: una primera fase llamada de poder, la cual se extiende desde en el punto de 0° o posición inicial hasta realizar medio giro de la biela y llegar a los 180°; una segunda fase de recobro o



Figura 1: Puntos anatómicos para determinar la altura óptima del sillín y ángulo ideal de rodilla. Elaboración propia. Basada en (Baker, 2009)

recuperación, la cual se extiende desde los  $180^\circ$  hasta llegar a los  $360^\circ$ ; es decir volver a la posición inicial, entendiendo que dichas fases del pedaleo, se entienden como la participación de diferentes grupos musculares durante el gesto del pedaleo.

Teniendo cuenta que los grados de recorrido que ejecuta cada articulación en los diferentes momentos de las fases del pedaleo, son producto de una transmisión de fuerzas que en articulaciones como el tobillo y el pie son completamente diferentes a articulaciones como la rodilla, este estudio empleó el método Lemond (Lemond, 1987) con el fin de poder determinar la altura ideal del sillín y a su vez correlacionó dicha altura con la posición y los ángulos de la rodilla al momento de ubicar la biela a  $180^\circ$ , dicha posición fue propuesta por (Smith, Peveler, Bishop, & E., 2005, p. 310-324) y corroborada por (Baker, 2009) obteniendo como resultado el ángulo ideal de la articulación de la rodilla, dicho ángulo permite al ciclista poder alcanzar una mayor economía de pedaleo cuando los rangos de movimiento oscilan entre  $30^\circ$ -  $40^\circ$  de flexión (Figura 1).

Entonces, el tener un sillín bajo tendrá como consecuencia la disminución de la potencia al momento del pedaleo e incidirá en la aparición de lesiones tales como la presión patelo-femoral excesiva y un sillín demasiado alto provocará presión en zona perineal, sensación de micción y lesiones principalmente en musculatura flexora de la rodilla y la banda iliotibial (zona externa de la rodilla) (Baker, 2009), permitiendo concluir que un sillín es ergonómico cuando se adapta a la antropometría del ciclista (medidas corporales), a la bicicleta (biomecánica) y al gesto deportivo (Veloz Remache, 2015).

## II. METODOLOGÍA

### 1. Población y tipo de estudio:

Se realizó un estudio analítico-descriptivo, de corte transversal; en el cual se tomó como población objeto un grupo de 11 ciclistas de ruta, pertenecientes a la categoría amateur, de género masculino y residentes en la ciudad de Medellín durante el año 2016.

## 2. Método:

Para la evaluación de los sujetos se tuvieron en cuenta variables de tipo antropométrico como el peso, la talla, el IMC (índice de masa corporal), el ancho del torso, la longitud de la entrepierna y la longitud de las extremidades superiores e inferiores; la cinemática articular de la cadera, la rodilla y el tobillo, datos que fueron correlacionados con las medidas básicas de la bicicleta con el fin de realizar un análisis biomecánico más completo. Las medidas tomadas para el análisis ergonómico de la bicicleta fueron: Altura del sillín, longitud de la biela, distancia sillín-manubrio y la talla de la bicicleta (teórico y comercial). Para determinar la altura óptima del sillín se empleó el método LeMond (Lemond, 1987)

$$hs = (hE(\text{cms}) \times .88).$$

Entendiendo que, (hs) es la altura óptima del sillín, (hE) la altura de la entrepierna en centímetros (cm) y una constante (0.88).

## 3. Materiales:

Posterior a la toma de medidas, los ciclistas comenzaron a pedalear sobre el banco de entrenamiento a un ritmo constante durante aproximadamente 15 minutos. Para la captura de los datos se empleó un equipo de análisis de movimiento de marca BTS SMART D (referencia comercial del equipo), el cual con la ayuda de marcadores ubicados sobre superficies articulaciones (precedido de un protocolo específico) permitió la obtención de variables biomecánicas; el componente cinemático proporcionó las posiciones, ángulos y velocidades del ciclista durante la ejecución del gesto deportivo, a partir del uso de cámaras optoelectrónicas (que efectuaron la reconstrucción tridimensional de los deportista), simultáneamente las cámaras de video digital BTS VIXTA, permitieron ver la imagen del ciclista en los 3 planos de movimiento (frontal, sagital y axial).

## III. RESULTADOS

Con respecto a las variables antropométricas obtenidas en los ciclistas evaluados cabe mencionar; con relación al peso corporal se presentó una media de  $68.5 \pm 7.08$  Kilogramos, en relación a la talla se presentó una media de  $1.72 \pm 0.04$  metros para la estatura y en referencia al índice de masa corporal se presentó una media de  $23,49 \pm 2.45$  kg/m<sup>2</sup>.

Con el fin de maximizar el rendimiento y minimizar la aparición de lesiones deportivas, se empleó en este estudio el método de Greg LeMond propuesto por (Smith, Peveler, Bishop, & E., 2.005, p. 310-324) para determinar la altura óptima del sillín, definida como la altura en la cual debería estar el sillín.

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos, entre los cuales se destacan, una media de 76.4 cm para la medida de la entrepierna, una media de 70.5 cm para la altura real del sillín y una media de 67.5 cm para la altura óptima del sillín; mostrando que luego de emplear el método de Greg LeMond el 100% de la población valorada no presentó el sillín en su altura óptima.

La tabla 2. Muestra una media de 76.4 cm para la medida de la entrepierna, una media de 70.5 cm para la medida de la altura real del sillín y una media de 172 mm para la longitud de la biela, si se analizan los datos obtenidos, puede establecerse claramente que en el 36% de la población existe una relación directamente proporcional entre la altura de la entrepierna (hE), la altura real del sillín y la longitud de la biela; lo cual permite una adecuada biomecánica y una mejor eficacia del pedaleo para la población analizada.

Tabla 1. Medida de alturas óptimas del sillín

	Medida	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Medida entrepierna (hE) (cm)	76,4	77	69,5	78,5	84	87	75,5	74	75	71,5	73,5	75
Altura real del sillín (cm)	70,5	69	68	76	77	80	68	69	68	65	67	69
Altura óptima del sillín (hs) (cm)	67,5	68,1	61,5	69,4	74,3	76,9	66,8	65,4	66,3	63,2	65	66,3

Fuente: Elaboración propia de los autores (2016)

Tabla 2. Medida de la entrepierna vs longitud de la biela.

	Medida	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Medida entrepierna (hE) (cm)	76,4	77	69,5	78,5	84	87	75,5	74	75	71,5	73,5	75
Medida entrepierna (hg) (cm)	70,5	69	68	76	77	80	68	69	68	65	67	69
Longitud de la biela (mm)	172	170	170	170	172,5	172,5	175	172,5	170	170	172,5	172,5

Fuente: Elaboración propia de los autores (2016)

## [ sección ]

La gráfica 1. Muestra la cinemática de la articulación de la cadera, estableciéndose entre el 0%-50% del ciclo de pedaleo presentando una flexión de cadera con promedios de 72° para el 0%, 68° para el 25% y 54° para el 50%; para el recorrido entre el 50%-75% del ciclo del pedaleo la cadera se encuentra en extensión con promedio de 54° y para el recorrido entre el 75%-100% la cadera se encuentra en flexión con promedio de 72°.

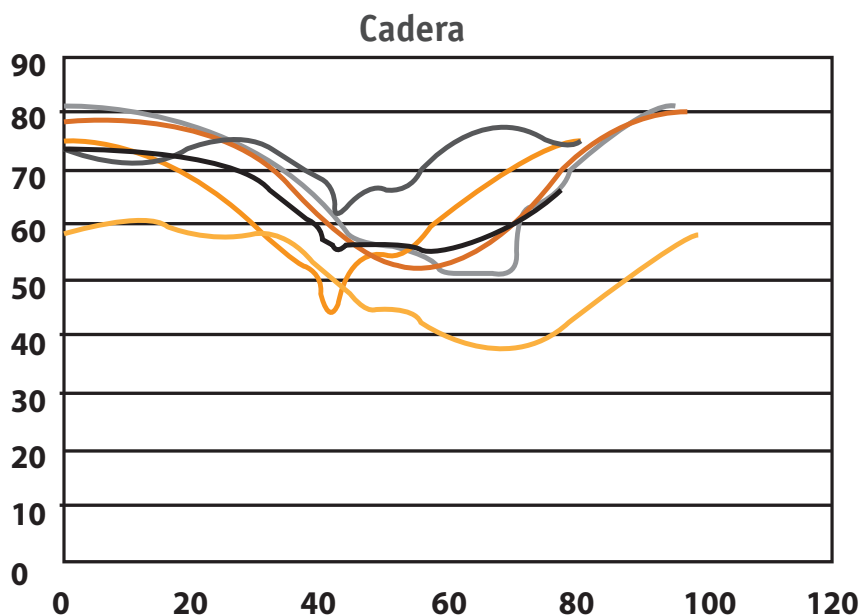


Gráfico 1. Movimiento de la articulación de la cadera durante el ciclo de pedaleo.  
Fuente: elaboración propia de los autores (2016)

La gráfica 2. Muestra la cinemática de la articulación de la rodilla, estableciéndose entre el 0-50% del ciclo de pedaleo presentando una flexión de rodilla con promedios de 59° para el 0%, 82° para el 25% y 67° para el 50%; para el recorrido entre el 50%-75% del ciclo del pedaleo la rodilla se encuentra en flexión con promedio de 63° y para el recorrido entre el 75%-100% la rodilla se encuentra en flexión con promedio de 57°.

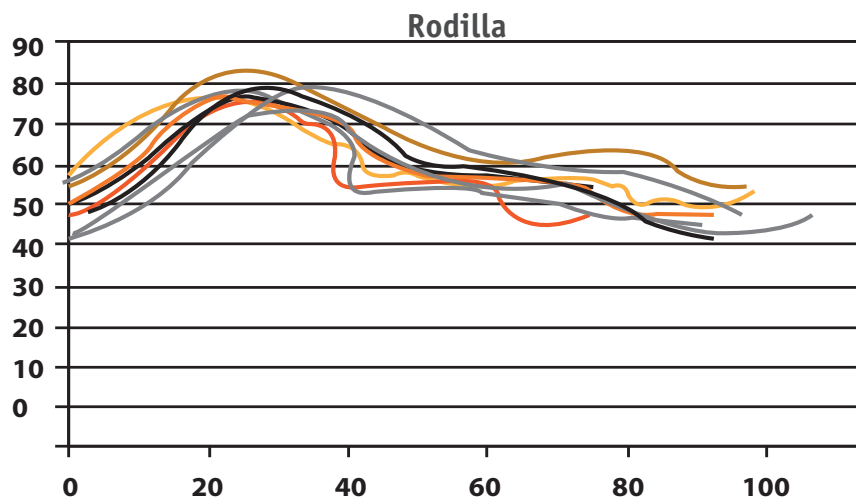


Gráfico 2. Movimiento de la articulación de la rodilla durante el ciclo de pedaleo.  
Fuente: elaboración propia de los autores (2016)

La gráfica 3. Muestra la cinemática de la articulación del tobillo, estableciéndose entre el 0%-25% del ciclo de pedaleo presentando una dorsiflexión de tobillo con promedios de  $100^\circ$  para el 0% y  $95^\circ$  para el 25%, para el 50% la articulación se encuentra en plantiflexión con promedio de  $114^\circ$ , para el recorrido entre el 50%-75% del ciclo del pedaleo el tobillo se encuentra en plantiflexión con promedio de  $110^\circ$  y para el recorrido entre el 75%-100% el tobillo se encuentra en dorsiflexión con promedio de  $100^\circ$ .

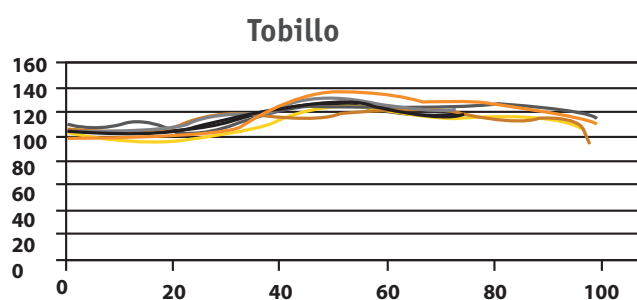


Gráfico 3. Movimiento de la articulación del tobillo durante el ciclo de pedaleo. Fuente: Elaboración propia de los autores (2016)

La biomecánica deportiva se ha enfatizado en el ciclismo en mejorar la técnica del pedaleo tomando como referencia la variable de la altura óptima del sillín, con el objeto de maximizar el rendimiento y minimizar las lesiones en el ciclista. Para el caso específico de la población valorada en este estudio ninguno de los sujetos presentó relación entre la variable analizada (altura óptima del sillín) y la eficacia del pedaleo; al compararse con otros estudios el nuestro, muestra similitud con los estudios de (Borges de Macedo, 2014, p. 987) (Kleinpaul, 2010, p. 1013-1023) (Kleinpaul J, 2012, p.783-794), apoyando los resultados en la teoría propuesta por (Alencar T, 2011, p. 507-528) (Alencar & Matias, 2009, p. 59-64) (Burnett, 2004, p. 211-219), cuando afirman que “el ajuste de la bicicleta debe ser individualizada con el fin de alcanzar el mejor

rendimiento, la comodidad y la satisfacción del atleta”, teniendo en cuenta que un sillín más bajo o más alto de su altura óptima genera disminución en la eficacia mecánica y a su vez un aumento en la producción de fuerza de los grupos musculares que intervienen en el gesto deportivo (Korff, Romer, Mayhew, & Martin, 2007, p. 991-995).

## IV. DISCUSIÓN

Pareciera insignificante que pequeños cambios en la posición del sillín pudieran marcar diferencia en las características biomecánicas de pedaleo, produciendo cambios principalmente en el patrón de la actividad muscular, generando modificaciones directas en la aplicación de la fuerza sobre el pedal y la eficacia de pedaleo (Diefenthaler, 2004, p.1-8), modificar dicho patrón durante la fase del pedaleo, repercute directamente en la reducción de la efectividad mecánica generado por la disminución de la flexibilidad muscular y de los ángulos de movimiento articular. (Borges de Macedo, 2014, p. 987).

Lo anterior permite justificar biomecánicamente, la necesidad de determinar el ajuste correcto de la altura del sillín y la posición adecuada del ciclista en la máquina; la altura adecuada del sillín se ve reflejada en el ajuste del tronco y la relación existente entre longitud de brazos vs la diferencia de alturas sillín- manillar (Álvarez, 1995, p. 9-20), por lo tanto la posición para la aerodinámica y la potencia del pedaleo pueden verse afectadas producto de dicho desajuste (Baker, 2009), produciendo cambios posicionales que se producen alteraciones en el ángulo pélvico-lumbar, la hiperextensión de la región lumbopélvica, las excesivas fuerzas de compresión sobre el periné y dolores de espalda especialmente en la parte baja (Salai, 1999). No presentar una altura del sillín

óptima se compensa con excesiva longitud de biela, lo que produce pedaleos submáximos generando mayor gasto metabólico e inadecuada biomecánica del pedaleo; produciendo pérdida en la eficiencia mecánica, debido a un mayor torque durante la fase de recobro del pedaleo (Rivero-Palomo, Ferrer-Roca, Ogueta-Alday, & García-López, 2013, p. 46-57).

Un desajuste en la medida de la entrepierna y la longitud de la biela al momento de ejecutar el ciclo del pedaleo (Korff, Romer, Mayhew, & Martin, 2007, p. 991-995) (Alcalde G., 2012, p. 20-25) (Baker, 2009) (Patterson & Moreno, 1990, p. 512-516) (Zameziati, Mornieux, & Rouffet, 2006, p. 274-281) causa modificación biomecánicas que se reflejan en la técnica del pedaleo y en las fuerzas generadas por los músculos y su transferencia hacia las bielas (Coyle E.F., 1991, p. 1-40) (Patterson & Moreno, 1990, p. 512-516) (Zameziati, Mornieux, & Rouffet, 2006, p. 274-281), también es posible encontrar un desajuste en la postura del tronco para (Belluye, 2001, p. 71-87) el desajustes en grados de flexión de tronco que presente el ciclista al momento de realizar el ciclo del pedaleo generará que la cadera sea la articulación con menos movimiento, mostrando en este estudio como los máximos rangos de movilidad articular se realizan entre el 15%-20% del ciclo de pedaleo realizado principalmente por la flexión de cadera y sobre el 50% por la máxima extensión (Cavanagh & Sanderson, 1986).

Para este estudio específicamente se evidencio que la articulación de la rodilla, presenta su máxima flexión sobre los 60° y la máxima extensión cerca de los 150°, presentando similitud con los estudios planteados por (Nordeen, 1988) (Cavanagh & Sanderson, 1986) (Álvarez, 1995, p. 9-20) (García-López, Diez-Leal, Rodríguez-Mayorro, Larrazabal, & De Galceanos, 2009, p. 277-286).

La cinemática de la rodilla se ve afectada sustancialmente por desajuste en la altura del sillín, teniendo en cuenta lo planteado por (Alcalde G., 2012, p. 20-25) (Baker, 2009) cuando correlaciona la cinemática con la altura del sillín y el ángulo ideal de la rodilla para el pedaleo; este estudio mostro que la altura real del sillín está por debajo de la altura ideal lo que genera desajustes en el ángulo de la rodilla propuesto por (Alcalde G., 2012, p. 20-25) (Baker, 2009) al momento del ciclo del pedaleo al 50%.

La articulación del tobillo se modifica principalmente por el tipo de zapatillas la cual genera diferentes niveles de flexión plantar; este estudio mostro mínima angulación entre el 15%-25% y la máxima angulación entre el 50%-75% del ciclo, mostrando valores para la extensión de tobillo entre los 130°-145° y la flexión entre los 100°-124°, reflejando que el rango de movilidad oscila en 20° presentando similitud con los estudios planteados por (García-López, Diez-Leal, Rodríguez-Mayorro, Larrazabal, & De Galceanos, 2009, p. 277-286).

## V. CONCLUSIONES

La altura óptima del sillín es una variable que permite determinar la adecuada ergonomía del ciclista, por lo cual una adecuada posición del deportista al realizar el gesto del pedaleo, produce una economía de sus fuentes energéticas, justificado por (Korff, Romer, Mayhew, & Martin, 2007, p. 991-995) cuando afirma que “la energía mecánica es producto de varios músculos con diferentes propiedades y su transferencia es el resultado de mover la biela”, con lo cual el retraso en la aparición de la fatiga tendrá como resultado el aumento del rendimiento deportivo y la eficacia en el pedaleo. El grupo analizado evidenció que el 100% de los ciclistas no presentó el sillín en su altura óptima,

teniendo en cuenta lo expresado por (Álvarez, 1995) cuando enuncia que “los ciclistas recreativos adoptan posiciones más bajas debido a la poca capacidad para ajustar correctamente la altura del sillín”. Otra razón podría ser, que la inadecuada altura del sillín es consecuencia de la disminución en la flexibilidad de la musculatura del tronco y miembros inferiores especialmente los isquiotibiales.

El desajuste en la altura del sillín incide en la cadencia del pedaleo especialmente para alcanzar la ventaja mecánica; entendiendo la relación existente entre la medida de la entropierna vs la longitud de la biela, el 36% de la población valorada presentó una adecuada correlación entre dichas variables. Como consecuencia se puede generar aumento en el gasto metabólico y en la biomecánica del pedaleo.

Debido a los grados de flexión de tronco la articulación de la cadera es la articulación con menos movimiento articular debido a las oscilaciones verticales realizadas en la mayor parte del gesto, la articulación de la rodilla expone la máxima flexión sobre los  $60^\circ$  y la máxima extensión a los  $150^\circ$  y en la articulación del tobillo el tipo de zapatilla puede alterar los rangos de movimiento especialmente la flexión plantar, presentado una mínima angulación para la plantiflexión de  $130^\circ$ - $145^\circ$  y la dorsiflexión de  $100^\circ$ - $124^\circ$ .

## REFERENCIAS

Alcalde G., Y. (2012). Biomecánica aplicada al ciclismo. Sporttraining., 20-25.

Alencar, T. (2011). Revisão etiológica da lombalgia em ciclistas. Revista Brasileira de Ciências do Esporte., 507-528.

Alencar, T., & Matias, F. (2009). Bike fit e sua importância no ciclismo. Revista Movimenta., 59-64.

Álvarez, G. (1995). Análisis y optimización biomecánica de la técnica de pedaleo en ciclistas. Tesis doctoral, Universidad de Navarra.

Assis M., E., Dagnese, F., Kleinpaul, J., Carpes P., F., & C., B. M. (2007). Avaliação do posicionamento corporal no ciclismo competitivo e recreacional. Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano. Atkinson, G., Davidson, R., Jeukendrup, A., & D., P. (2003). Science and Cycling: Current knowledge and future directions for research. Journal of Sports Sciences, 767-787.

Baker, A. (2009). Bikefit. Ebook.

Barratt, P., Korff, T., Elmer, S., & Martin, J. (2011). Effect of crank length on joint specific power during maximal cycling. . Med Sci Sports Exerc; 43, 1689-1697.

Belluye, N. (2001). Approche biomecanique du cyclisme moderne, données de la littérature. Science y sport, 71-87.

Borges de Macedo, R. M. (2014). Ergonomia aplicada na redução da dor lombar em ciclistas com o suporte da eletromiografia. universidade tecnológica federal do paraná, repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/987.

Burnett, A. (2004). Spinal kinematics and trunk muscle activity in cyclists: a comparison between healthy controls and non specific chronic low back pain subjects a pilot investigation. . Manual Therapy, 211-219.

Carvalho, M., Santos, B. L., Assis, R. A., Pereira, L., & Pussieldi, G. (2014). Comparação do perfil de ciclistas de elite de estrada com ciclistas de elite de fora de estrada em minas gerais. Revista ENAF Science.

Castellote-Olivito, J. (1990). Biomecánica de la extremidad inferior en el ciclista. Archivos de medicina del deporte: 11., 233-238.

Caten, D. R., Giovanaz, M., & Oliveira, J. (2000). Estudo comparativo entre a seleção brasileira de ciclismo dos jogos pan-americanos de winnipeg e ciclistas gaúchos. Ciências da Saúde.

Cavanagh, P., & Sanderson, D. (1986). The Biomechanics of Cycling: Studies of the Pedaling Mechanics of Elite Pursuit Riders. Science of Cycling, 91-122.

Coutinho Silva Jr, H., Trigueiro Silva Jr, J., Da Silva Lima, W., Dos Santos Cavalcanti, C., & A.O., S. S. (2009). Análise antropométrica comparativa entre a elite de ciclistas de estrada pernambucanos e a elite de ciclistas australianos. Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício, 63-68.

Coyle E.F., F. M. (1991). Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. Medicine and Science in Sports and Exercise 23., 93-107.

Diefenthaler, F. (2004). Avaliação dos efeitos da posição do selim na técnica da pedalada de ciclistas: estudo de casos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1-8.

Ericson, M., Nisell, R., & Arborelius, U. y. (1985). Muscular activity during ergometer cycling. . Scand Rehab. Med., 53-61.

Faria, I. y. (1978). The physiology and biomechanics of cycling. New York.: Jhon Wiley and Sons, Inc.

García-López, J., Díez-Leal, S., Rodríguez-Mayorro, J., Larrazabal, J., & De Galceanos, I. y. (2009). Eficiencia mecánica del pedaleo en ciclistas de diferente nivel competitivo. Biomecánica, 9-20.

García-López, J., Rodríguez-Marroyo, J. A., Juneau, C. E., Peleteiro, J., & Martínez, A. C. (2008). Reference values and improvement of aerodynamic drag in professional cyclists. Journal of Sports Science, 26(3), 277-286.

Hawley, J., & Nigel, S. (2001). Adaptations to Training in Endurance

Cyclists Implications for Performance. *Sports Med*, 31 (7), 511-520.

Houtz, S. y. (1959). Analysis of muscle action and joint excursion during exercise on a stationary bicycle. *Bone Joint Surg.*, 123-131.

Kleinpaul, J. (2010). Aspectos determinantes do posicionamento corporal no ciclismo: uma revisão sistemática. *Revista motriz.*, 1013-1023.

Kleinpaul, J. (2012). Efeito da altura do selim na cinemática da dor lombar de ciclistas. *Revista Motriz*, 783-794.

Korff, T., Romer, L., Mayhew, I., & Martin, J. (2007). Effect of pedaling technique on mechanical effectiveness and efficiency in cyclists. . *Med. Sci. Sports Exerc.* , 991-995.

Lemond, G. y. (1987). *Complete Book of Bicycling*. New York, NY: Perigee Books.

Martin, J., Malina, R., & W.W., S. (2002). Effects os crank length on maximal cycling power and optimal pedaling rate of boys aged 8-11 years. . *Eur J Appl Physiol*, 86. , 215-217.

# GESTIÓN RIESGO OCUPACIONAL DEL ENTORNO DE TRABAJO EMPRESARIAL DE LA COOPERATIVA COOMERCA

---

POR:

FANNY VALENCIA LEGARDA<sup>1</sup>

NATALY ANDREA SALCEDO ZAMBRANO<sup>2</sup>

EYICED ALEJANDRA GOEZ<sup>3</sup>

## | RESUMEN

Estudios efectuados en este contexto en otras ciudades de Colombia y Latinoamérica, evidencian que en las plazas de mercado los factores de riesgo más dicientes incluyen los relacionados con el apilamiento y transporte de materiales, la alta carga física y psicosocial y la seguridad por el tránsito de vehículos. Sin embargo, para una evaluación más profunda del problema, se requieren indicadores más sensibles que permitan analizar estas situaciones aparentemente comunes al entramado que emerge en las plazas de mercado y que detecten daños tempranos y a su vez la forma de controlar la exposición a los mencionados riesgos.

El propósito de esta investigación fue determinar y corregir condiciones de vida y prácticas de trabajo, generadoras de riesgos a la salud y efectos asociados en los empleados de COOMERCA (Cooperativa de

comerciantes de la plaza minorista) así mismo como generar soluciones eficaces para los trabajadores y usuarios de la plaza minorista José María Villa de Medellín expuestos a riesgo biomecánico.

**Palabras claves:** Ergonomía, antropometría, plaza de mercado, puesto de trabajo.

<sup>1</sup>Fundación Universitaria María Cano. fannyvalencialegarda@fumc.edu.co

<sup>2</sup>Fundación Universitaria María Cano. lab-analisismovimiento@fumc.edu.co

<sup>3</sup>Cooperativa Coomerca, bienestarocial@plazaminorista.com.co

## I. INTRODUCCIÓN

Se denominan plazas de mercado los locales construidos o destinados por el municipio de Medellín para servir de centros de expendio y abastecimiento de artículos de primera necesidad. Según Jorge William Restrepo, “el objeto principal de las plazas de mercado es el de prestar un eficaz servicio público acercando al productor y al consumidor” (Restrepo, 2012).

La plaza es un producto rural, que vino del pueblo a la ciudad como forma de intercambio de los productos agrícolas, surgió de la necesidad de proveer a las personas de la urbe para su alimentación, nace del interés de los campesinos de mejorar sus condiciones de vida.

Gran parte de los ambientes físicos en que laboran los comerciantes de los mercados informales son inadecuados, lo cual sumado a extensas jornadas laborales y a la inseguridad y delincuencia de los espacios, supone riesgos para la salud. Debido a esto, es necesario que este espacio sea concebido como un lugar seguro y saludable desde sus productos hasta sus empleados (Galvis, 2009) (Freije, 2002).

En la actualidad, la plaza minorista José María Villa, ha mejorado en su presentación, aseo, servicio, vigilancia, convivencia y calidad; sin embargo, con los nuevos requerimientos en seguridad y salud en el trabajo, es necesario establecer planes de acción, para evitar que su comunidad padezca enfermedades ocupacionales y lesiones osteomusculares, además que permitan generar cambios notables en las condiciones de higiene e incrementar la organización y convivencia.

Cabe anotar que esta propuesta nutre las actividades que desde el eje de relaciones socio-económicas en entornos empresariales localizados, vienen trabajando los grupos de investigación de La Fundación Universitaria María Cano en la plaza minorista José María Villa; específicamente para

darle respuesta a las temáticas planteadas desde las condiciones de trabajo en entornos empresariales (AM, 2005).

## II. METODOLOGÍA

Se efectuó un estudio de tipo descriptivo-exploratorio, con enfoque cuantitativo, que permitió analizar los puestos de trabajo del área administrativa y operativa de la Cooperativa de comerciantes de la plaza minorista de Medellín, se evaluaron las tareas específicas de los cargos, las dimensiones de los puestos de trabajo y algunas características antropométricas, lo cual permitió establecer planes de intervención y acciones correctivas para los puestos y áreas evaluadas, además del perfil antropométrico de la población objeto de estudio.

Se evaluaron 19 puestos de trabajo, 12 puestos del área administrativa y 7 del área operativa, dicha selección se efectuó teniendo en cuenta el diagnóstico previo de funciones y tareas críticas. Para el perfil antropométrico se seleccionaron 74 trabajadores que representaban el 50% de la población, el porcentaje seleccionado se estableció con el fin de obtener datos que sustentaran al sistema de vigilancia epidemiológico y al sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Las técnicas de trabajo utilizadas fueron las expuestas a continuación:

### 1. Selección de puestos de trabajo a evaluar:

Se seleccionaron los puestos de trabajo a evaluar, pertenecientes a la cooperativa de comerciantes de la plaza minorista de Medellín, de las áreas administrativa y operativa.

### 2. Valoración antropométrica y encuesta poblacional:

Se realizó una toma de medidas antropométricas y evaluación postural a una muestra poblacional representativa de los puestos de trabajo a evaluar,

con el objetivo de establecer el perfil antropométrico de los empleados que trabajan en la institución.

### **3. Diagnóstico ergonómico ocupacional:**

Se realizó la evaluación de puestos de trabajo desde el punto de vista biomecánico y ergonómico con el fin de identificar los peligros y riesgos ergonómicos a los que están expuestos los empleados de Coomerca.

### **4. Caracterización de peligros y riesgos ergonómicos:**

Se caracterizó estadísticamente los peligros y riesgos ergonómicos que inciden con más frecuencia sobre los empleados de Coomerca.

### **5. Generación de estrategias de intervención:**

Se establecieron las estrategias y planes de intervención de cada puesto de trabajo con el fin de ejecutarlos en pro de generar conciencia en los trabajadores de Coomerca.

### **6. Planes de acción:**

Se establecieron los planes de acción dentro de los puestos de trabajo de la Cooperativa de comerciantes de la plaza minorista de Medellín, con el fin de generar los hábitos posturales adecuados para prevenir las lesiones osteomusculares y la disminución de las mismas lesiones.

## **III. RESULTADOS**

Tras la descripción general de los cargos y actividades desarrolladas en la cooperativa Coomerca, se evaluaron las características de los puestos de trabajo usando la metodología propia diseñada para tal fin, a través de la cual se analizaron las variables ergonómicas y dimensionales tales como: Tiempo de trabajo y entorno físico dentro de las cuales se especificó el orden y aseo, la ventilación, la temperatura, el ruido y la iluminación tal y como lo exige desde la normativa el ministerio de protección social y se aplica en otros contextos (Louhevaara V, 1992) (Ministerio de protección social, 2008)

Se efectuó además la inspección ergonómica y

biomecánica del puesto de trabajo, la cual incluye las posiciones críticas durante el desempeño y los emplazamientos de acuerdo a las dimensiones del puesto (E, 1999). Finalmente se analizaron las adaptaciones de las herramientas de trabajo al puesto y al sujeto (O., 2001).

Dentro de los datos obtenidos para el perfil antropométrico se resaltan los siguientes:

El 52% (28 trabajadores) de la población presentó sobrepeso (IMC por encima de 25), el 45% (33 trabajadores) presentó peso normal y el 3% (2 trabajadores) presentó peso insuficiente. En este sentido, es necesario evaluar el estado nutricional de los empleados y correlacionar con las tareas que ejecutan y el sobrepeso o déficit del mismo, para determinar si existen variaciones notables desde el ingreso a la organización y tras la ejecución del cargo actual. De la misma forma, orientar los programas de estilos de vida saludable y de recreación hacia la alimentación saludable en pro de generar hábitos saludables de alimentación y una cultura de autocuidado.

Con relación a la variable talla, no se presentó ningún caso excepcional en el que requiriera ajustes específicos para el desempeño de las funciones. En general, las longitudes corporales de la población muestra no excedieron el 10% de variación dimensional, lo que representa condiciones físicas similares en cuanto a la manipulación manual de cargas, sin embargo, esta pequeña variación puede mostrar grandes diferencias en tareas específicas de los cargos, tales como aquellas que requieran actividades de empuje-tracción y trabajo en alturas.

Si bien los operarios de los puestos de trabajo consideran que las exigencias físicas son moderadas y ligeras de acuerdo a la escala de Borg (Burkhalter, 1996), se orientó el perfil antropométrico hacia las características que pueden desarrollar los trabajadores sin sobreesfuerzos biomecánicos.

Con relación a los puestos de trabajo del área administrativa la ubicación de los elementos de

trabajo es inadecuada para la antropometría del trabajador y las dimensiones del puesto, se evidencian posturas críticas dadas la mala ergonomía de los puestos, lo que refleja sobrecarga biomecánica y ángulos de trabajo no confortables (flexión de cuello por encima de 20°, inclinaciones y rotaciones de tronco por encima de 20°, hiperextensión de codo, flexión de rodilla por encima de 90°).

En los puestos del área operativa se evidenciaron trabajos de carga por encima de los 25 kg., flexiones de tronco en rangos máximos (por encima de 30°) principalmente en actividades de empuje y tracción. Con relación al trabajo de fuerza se evidenciaron movimientos que sobrepasan los niveles óptimos de carga, es decir actividades de fuerza por encima de los 100 N.

En este sentido, para los diferentes puestos de trabajo componentes de Coomerca, se tomó como muestra poblacional el 52 % de los empleados que desempeñan las funciones en los cargos de la organización con una edad promedio de 36 años de edad, de la cual el 22% representa la población femenina y el 78% la masculina, como se presenta en la Figura 1.

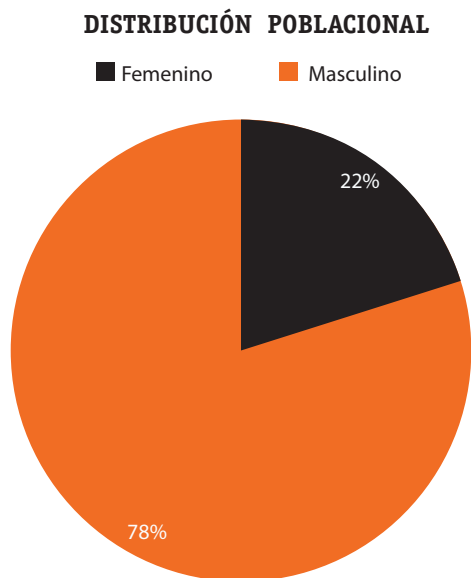


Figura 1. Determinación del género de la población de la muestra

### Valoración antropométrica y encuesta

**poblacional:** Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el índice de Quetelet o Índice de Masa Corporal, puede ser utilizado en adultos, como recurso para evaluar su estado nutricional.

Por otra parte, se presenta en la Figura 2 la distribución porcentual del índice de masa corporal de la población muestra, donde se establece:

- El 3% tiene peso insuficiente.
- El 45% tiene peso normal.
- El 20% tiene sobrepeso tipo I.
- El 15% tiene sobrepeso tipo II.
- El 17% tiene obesidad, distribuida de la

siguiente forma: el 13% obesidad tipo I, el 3% obesidad tipo II y el 1% obesidad tipo III o mórbida.

Esto indica, en general, que el 52% de la población muestra presenta un sobrepeso en cualquier clasificación, el 45% tiene un peso normal y el 3% presenta peso insuficiente. En este sentido, es necesario evaluar el estado nutricional de los empleados, justo en el momento de ingresar a la organización, con el fin de determinar si en principio se presentan alteraciones considerables en el peso del individuo o representa un valor de masa corporal significativo para aumentar el IMC por encima del normopeso (18.5 – 24,9).

De la misma forma, orientar los programas de estilos de vida saludable y de recreación hacia la alimentación saludable en pro de generar hábitos saludables de alimentación y una cultura de autocuidado.

Del 100 % de la muestra se determina:

- El 24% tienen una talla menor a 1,60 metros de estatura, equivalente a las tallas más bajas de la población muestra, de las cuales el 33% corresponde al área administrativa y el 67% a labores operativas.
- El 43% de la población corresponde a las personas con una talla entre 1,60 y 1,70 metros de estatura, donde el 100% pertenece al área operativa.
- El 33% restante presenta una talla superior a

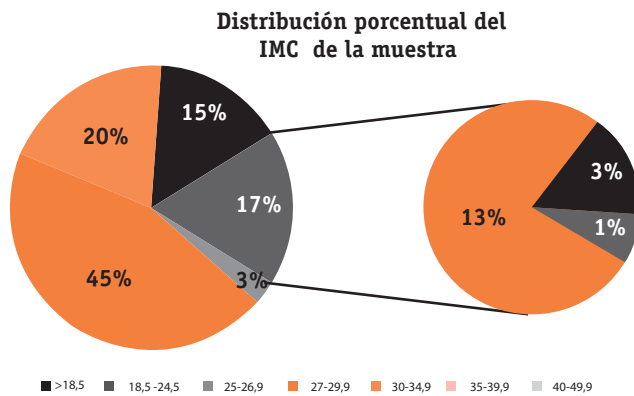


Figura 2. Distribución porcentual del IMC de la muestra.

TALLA DE LA MUESTRA POBLACIONAL

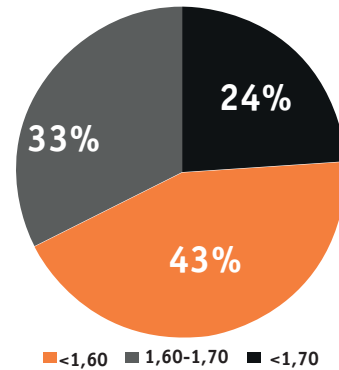


Figura 3. Talla de la muestra poblacional.

1,70 metros de altura (Figura 3), correspondiente también al área operativa.

- No se presenta ningún caso excepcional en el que se deba realizar ajustes específicos para el desempeño de las funciones.

- En general, las longitudes corporales de la población muestra no excede el 10% de variación dimensional, lo que representa unas condiciones físicas similares en cuanto a la manipulación manual de cargas, sin embargo, esa variación puede mostrar grandes diferencias en tareas específicas del cargo.

Si bien los operarios de los puestos de trabajo consideran que las exigencias físicas son moderadas y ligeras de acuerdo a la escala de Borg (Burkhalter, 1996), se orienta el perfil antropométrico hacia las características que pueden desarrollar los trabajadores sin sobreesfuerzos biomecánicos.

En este sentido, es fundamental que los planos de trabajo del puesto estén diseñados dentro de la zona de confort, de tal forma que generen comodidad en el trabajador, o en su defecto lo más cerca a dicha zona, la cual está determinada en la Figura 4.

**Diagnóstico ergonómico ocupacional:** Dentro de las funciones de los puestos de trabajo, se identificaron algunas tareas que representan sobreesfuerzos biomecánico sobre las partes corporales de los operarios, tales como:

- Levantar y transportar diferentes cargas, según lo requiera el cargo, a diferentes distancias, tales como: escaleras de diferentes tamaños, baldes con variabilidad de cargas, entre otros.
- Empujar y traccionar el shut de basura por los diferentes espacios de la plaza.

#### IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones de los puestos de trabajo, donde se tienen funciones de cargo para

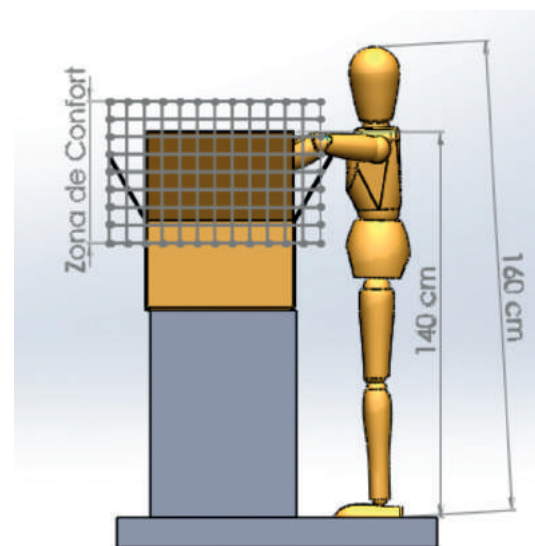


Figura 4. Alturas confortables dentro de un puesto de trabajo de pie.

desempeñar en diferente altura, especialmente para los operarios de mantenimiento y aseo, es necesario garantizar que la totalidad de las actividades que realizan los operarios, se ejecuten dentro de 1,75 metros de altura desde el nivel del suelo, en pro de evitar esfuerzos innecesarios en el sistema osteomuscular de los trabajadores. En su defecto, en caso de que no se adhiera a la altura máxima establecida, se deben generar ayudas para estas situaciones y casos.

Por otra parte, se recomienda que la talla de los trabajadores se encuentre entre 1.60 y mayor 1.70 metros de altura, de esta forma, los operarios trabajarán dentro de un intervalo de confort referente a la altura máxima de desempeño de las funciones.

El peso de los trabajadores debe acercarse o esté dentro de los valores normales establecidos de acuerdo al índice de Quetelet, lo cual equivale a un intervalo del índice de masa corporal entre 18,5 y 24,9. En caso de no conseguirlo, evidenciar que tanto en peso bajo (límite inferior) como en sobrepeso (límite superior) se acerque más al peso normal que a los límites inferiores de cada clasificación (peso bajo y sobrepeso).

Debido a las funciones del puesto, específicamente al empuje y tracción de cargas, se debe garantizar fortalecimiento de miembros superiores y de músculos intercostales dentro de las pausas de activación o

en las horas de recreación generadas por la organización, con el fin de mejorar la habilidad de empujar y halar manualmente los palets utilizados en este puesto de trabajo.

Las pausas para descanso son importantes para reducir la fatiga muscular en un trabajador que labora de pie. Sin embargo, está demostrado que la recuperación muscular por fatiga se logra en los primeros 5 minutos de descanso y que después de ello ya no se logra una beneficio adicional para el trabajador, por lo que se sugieren un esquema de descanso de 60 minutos de trabajo con 5 minutos de descanso para este tipo de trabajo (Vargas A, 2000).

En lo que se refiere a los principales riesgos ergonómicos asociados al trabajo de oficina dentro de los puestos evaluados en la plaza minorista, se pueden agrupar las siguientes categorías (Croem, 2012):

1. Riesgos relacionados con la Carga Postural.
2. Riesgos relacionados con las Condiciones Ambientales.
3. Riesgos relacionados con Aspectos Psicosociales.

## V. AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al personal administrativo y a los empleados de la cooperativa Coomerca.



Figura 5. Riesgos posturales de la oficina.

## VI. REFERENCIAS

- AM, B. L. (2005). Trabajo infantil en una Plaza de Mercado en Bogotá. Salud Pública.
- Burkhalter, N. (1996). Evaluación de la escala de Borg de esfuerzo percibido aplicada a la rehabilitación cardiaca. *Rev.latino-am.enfermagem*, 65-73.
- Croem. (2012). Prevención de riesgos ergonómicos. Barcelona, España.
- E, N. (1999). Morfología del mercado laboral en Colombia. Corporación viva de la ciudadanía.
- Estrada, M. (1998). Los perfiles de los puestos. Método de análisis de las condiciones de trabajo. Escuela Colombiana de Rehabilitación. Fac de Terapia Ocupacional.
- Freije, S. (Enero de 2002). El empleo informal en América Latina y el Caribe: Causas, consecuencias y recomendaciones de política. Obtenido de <https://publications.iadb.org/handle/11319/3772>: <http://www.idbinvest.org/es/>
- Galvis, C. (Junio de 2009). Perfil epidemiológico de la población trabajadora de vendedores ambulantes del sector informal de Villavicencio. Villavicencio, Colombia.
- Louhevaara V, S. T. (1992). OWAS a method for the evaluation of postural. Institute of Occupational Health and Center for occupational Safety.
- Ministerio de protección social. (2008). Diagnóstico nacional de condiciones de salud y trabajo de personas ocupadas en el sector informal de la economía de 20 departamentos de Colombia y propuesta de monitoreo de estas condiciones.

O., P. (2001). Ofebres artesanales de Mompox: salud ocupacional y trabajo. *Salud Pública*, 143-153.

Restrepo, J. (2012). Plazas de mercado en Medellín. *Revista Universidad Eafit*, 57-70.

Vargas A, R. H. (2000). Trabajo infantil y juvenil en una plaza de mercados de Medellín. *Facultad nacional de salud pública*

# ANÁLISIS COMPARATIVO DE INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO SINÚ MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA.

---

POR:

CARLOS ANDRÉS BURGOS GALEANO<sup>1</sup>

KATERIN LAFONT ÁLVAREZ<sup>2</sup>

PAULA ANDREA ESTRADA PALENCIA<sup>3</sup>

## RESUMEN

El uso de diferentes parámetros de índole físicos, químicos y biológicos nos permite monitorear la calidad del agua y realizar un análisis más eficiente de los sistemas acuáticos, con el objetivo de realizar un análisis comparativo de indicadores de la calidad del agua del Río Sinú, se midieron parámetros físicos y químicos como biológicos (macroinvertebrados acuáticos – BMWP Col.). Se analizaron las variables fisicoquímicas de las muestras de agua, siguiendo una rigurosa cadena de custodia, con procedimientos analíticos estandarizados, analizando los parámetros: % de saturación de oxígeno disuelto, NMP de coliformes fecales/100ml, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), nitratos, fosfatos totales, desviación de la temperatura de equilibrio, turbiedad, sólidos totales para la obtención de los índices fisicoquímicos; los organismos se identificaron mediante claves taxonómicas, se determinaron los especímenes hasta el nivel de familia. Los resultados muestran áreas con buena calidad de agua y otras fuertemente impactadas desde el punto de vista biológico, encontrándose que la calidad del agua del Río Sinú en cuanto a los índices fisicoquímicos (ICA-NSF, ICA-Rojas, ICAUCA) es buena, mientras que el índice biológico (BMWP Col.) Por su parte indica que la calidad del agua del Río es Aceptable, lo que corresponde a aguas ligeramente contaminadas.

Palabras claves: Índices, parámetros, fisicoquímicos, biológicos, calidad del agua.

<sup>1</sup>Grupo de Investigación Ciencias Ambientales Aplicadas, cburgosg@sena.edu.co

<sup>2</sup>Grupo de Investigación Ciencias Ambientales Aplicadas, katerinlafont@gmail.com

<sup>3</sup>Grupo de Investigación Ciencias Ambientales Aplicadas, paula1.5@hotmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

El incremento poblacional, asociado a la industrialización y la urbanización incrementa la demanda del recurso hídrico. La combinación de estos elementos provoca cambios en el uso del suelo, pasando de áreas rurales a áreas residenciales o industriales, lo que lleva a incrementar los vertidos urbanos y acumular sustancias tóxicas, dado que el aprovechamiento del recurso no es de forma sustentable (Torres et al., 2009; Forero et al., 2013). Otro aspecto importante que se suma al deterioro de las fuentes hídricas es la existencia de centrales hidroeléctricas, estas al realizar una regulación del caudal, alteran los hábitats, crean variaciones en la disponibilidad de recursos tróficos y traen consigo cambios en el régimen de temperaturas (Oscos et al., 2006). Como consecuencia los organismos que habitan tramos localizados aguas abajo se enfrentan a nuevas condiciones ambientales, de forma que algunos taxones disminuyen en abundancia mientras que otros la aumentan y algunos incluso desaparecen (Doledec et al., 1996).

Las variables físicas y químicas se consideran indicadores de la calidad del agua, de las condiciones tróficas y ecológicas (Castro et al., 2014). Los ICA tienen como objeto estimar el grado de calidad del agua con el propósito de reconocer problemas de contaminación (Aldana y Zacarías, 2013).

Dada la diversidad de factores que están influyendo sobre la dinámica del recurso hídrico es insuficiente la evaluación basada simplemente en los parámetros fisicoquímicos, ya que impiden tener una visión global de la calidad del agua en los ríos, pues al ser puntuales no informan sobre las variaciones en el tiempo (Roldán, 2003; Springer, 2010).

Los aspectos biológicos han adquirido una aumentada importancia, debido a que las comunidades acuáticas

actúan como testigos del deterioro ambiental y reflejan en la estructura de sus comunidades los cambios ecológicos acontecidos en ellas (Caicedo y Palacio, 1998; Roldan y Ramírez, 2008). El Biological Monitoring Working Party (BMWP) es un método de puntaje simple de macroinvertebrados reportados en una región, identificados a nivel de familia y que solo requiere datos cualitativos de presencia o ausencia (Roldán, 2003).

Montoya et al., (2011) realizaron un estudio en el Río Negro perteneciente a la ciudad de Medellín donde compararon los resultados obtenidos en un estudio llevado a cabo en el 2002 con los del 2007, empleando el BMWP/Col, el ASPT, el índice de diversidad ( $H'$ ) y el índice ICA. Los resultados obtenidos tras la aplicación de los índices indican el deterioro de la calidad del agua, especialmente en los tramos medio y bajo del río, en los cuales se observa una sustitución de los taxones característicos de aguas de cabecera por un grupo de taxones más tolerantes como Chironomidae, Baetidae, Simuliidae.

Por otra parte Forero y Reinoso (2013), realizaron una caracterización biológica y fisicoquímica de la cuenca del río Opia, con el fin de estimar la calidad del agua a través de la fauna béntica y variables fisicoquímicas. Los resultados fueron relevantes y constituyen uno de los primeros esfuerzos en el departamento del Tolima en utilizar estas herramientas para conocer a fondo el estado de la cuenca y su grado de intervención.

Diversos trabajos sustentan que el estudio de las comunidades de macro invertebrados sumado a los análisis de variables fisicoquímicas, arrojan una visión más amplia acerca del estado de contaminación en el que se puede encontrar una fuente hídrica (Hurtado et al., 2005; González et al., 2012; Hahn-vonHessberg et

al., 2009). El río Sinú es una de las principales fuentes de agua que abastece al departamento de Córdoba, se hace necesario realizar estudios que sean capaces de interpretar las características fisicoquímicas y biológicas de estos sistemas cuya importancia biológica y ecológica representan una riqueza invaluable. Por lo anterior se planteó como objetivo principal evaluar la calidad del agua del Río Sinú mediante un análisis comparativo de indicadores, en el tramo comprendido entre los Corregimientos de Jaraquiel y Garzones en el municipio de Montería, Córdoba, Colombia.

## II. METODOLOGÍA

### 1. Generalidades de la zona de estudio

La Cuenca del río Sinú se localiza en el Suroccidente de la región Caribe, tiene una longitud de 437.97 kilómetros hasta desembocar en la zona de llanura en la Boca de Tinajones. Sus principales afluentes son los ríos Verde y Esmeralda (margen izquierda) y el Manso (margen derecha) (CVS, 2011).

Desde el punto de vista de su extensión, esta cuenca cuenta con 1'395.244 Ha. De ésta, el 93% corresponde al departamento de Córdoba, el 6% al departamento de Antioquia y el 1% al departamento de Sucre. La Cuenca representa el 55,7% del territorio departamental. El ancho promedio de la Cuenca es de unos 60 Km. El perímetro de la Cuenca del río Sinú es de 857 Km, con un cauce promedio del 0,85%, constituyéndose en uno de los ejes más estratégicos del desarrollo regional (CVS, 2014).

A. Área de estudio: El estudio se llevó a cabo en el tramo del Río Sinú que atraviesa el municipio de montería, específicamente en el comprendido entre los Corregimientos de Jaraquiel y Garzones (Figura 1).

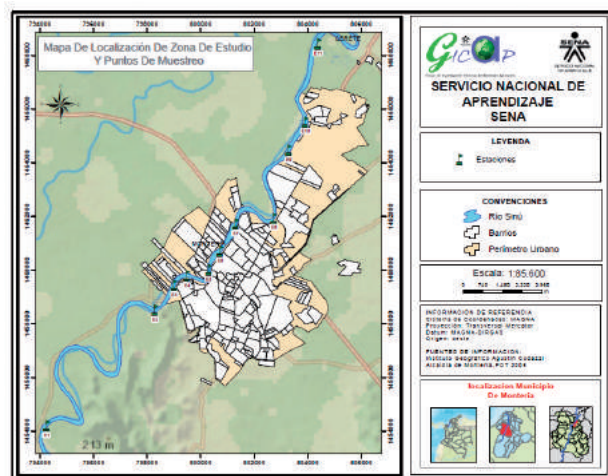


Figura 1. Ubicación de las localidades visitadas en la cuenca hidrográfica del Sinú, tramo comprendido entre los corregimientos de Jaraquiel y Garzones en el Municipio de Montería, Córdoba Colombia. Fuente: Propia

### 2. Fase de Campo

Se llevaron a cabo un total de cinco salidas de campo, previamente se realizó una visita de reconocimiento de la zona de estudio que permitió realizar la cuantificación de los vertimientos y establecer seis puntos de muestreo a partir de las actividades socioeconómicas desarrolladas en los alrededores. Existió un tiempo de dos meses entre cada toma de muestras, realizadas entre los meses de enero y agosto del 2016. Durante cada salida de campo y en cada estación de muestreo se efectuó la toma de muestras para agua residual, agua superficial y macroinvertebrados acuáticos, así mismo se registraron los datos de coordenadas geográficas y registro fotográfico.

Para la toma de muestras de los macroinvertebrados se siguió la metodología de Roldán (2003) modificada. Se dispuso una red de mano en contra de la corriente y a su vez se removió el fondo para capturar los macroinvertebrados presentes. Adicionalmente se colectaron los organismos adheridos a vegetación riparia, piedras, ramas y hojas. Seguidamente las muestras se guardaron en recipientes de plástico con alcohol al 70%, debidamente rotulado. Paralelo a la

recolección de material biológico se tomaron muestras de agua en frascos ámbar de vidrio (con capacidad de 1000 ml) para el análisis de variables físico-químicas siguiendo la metodología planteada por la APHA et al. (2012); Igualmente se tomaron muestras de agua en recipientes de vidrio esterilizados (con capacidad para 250 ml), para los análisis de colifor

Parámetros	Índices físicoquímicos		
	ICA-NSF	ICA-Rojas	ICAUCA
Coliformes fecales	x	x	x
Color			
Demanda bioquímica de oxígeno	x	x	x
Fosfatos			x
Fosforos total	x		
Nitratos	x		
Nitrógeno total			x
Oxígeno disuelto	x	x	x
pH	x	x	x
Sólidos disueltos totales	x	x	x
Sólidos suspendidos			x
Temperatura	x		

Tabla 1. Parámetros Físicoquímicos de acuerdo a los ICAS: ICA-NSF, ICA Rojas e ICAUCA.

mes fecales. En campo se determinó: oxígeno disuelto, pH, conductividad y temperatura.

### 3. Fase de Laboratorio

Se analizaron todas las muestras de agua siguiendo una rigurosa cadena de custodia, con procedimientos analíticos estandarizados analizando los parámetros: % de saturación de oxígeno disuelto, NMP de coliformes fecales/100ml, pH, demanda

bioquímica de oxígeno (DBO5), nitratos, fosfatos totales, desviación de la temperatura de equilibrio, turbiedad, sólidos totales (tabla 1).

En cuanto a los macroinvertebrados, se clasificaron por morfoespecies y para su identificación se emplearon claves taxonómicas, estereoscopio, cajas de Petri y pinzas entomológicas, los especímenes fueron identificados hasta el nivel de familia.

### 4. Análisis de la Información

Se calcularon los Índices ICA-NSF, ICA-Roja e ICAUCA a partir de los resultados de los análisis de parámetros físicoquímicos determinados en laboratorio a las muestras de agua (tabla 2).

Para evaluar la calidad de agua desde el punto de vista biológico se utilizó el índice BMWP/Col. (Roldán, 2003). La abundancia se tomó como el número total de individuos capturados por familia, la riqueza se determinó por el número de familias encontradas en cada punto. Los índices ecológicos se obtuvieron mediante el programa PRIMER V5.

## III. RESULTADOS

En total se capturaron 1269 especímenes de macroinvertebrados, distribuidos 2 Phyllums, 3 Clases, 12 Órdenes y 39 familias. El Phylum Arthropoda y en general la clase Insecta fue la mejor representada reuniendo 9 órdenes y 35 familias. A nivel de los órdenes encontrados y de acuerdo al número de individuos colectados, Trichoptera fue el más abundante con un total de 437 individuos agrupados en 6 familias y representando un 34% de todos los organismos colectados, seguidamente se encontró el orden Díptera con 225 individuos lo que representa un 18%; Hemiptera

Código	Índice fisicoquímicos de calidad de agua					
	ICA NFS		ICA Rojas		ICAUCA	
	Rango	Clasificación	Rango	Clasificación	Rango	Clasificación
1	0-25	Muy mala calidad	0-20	Muy mala calidad	0-20	Pésima
2	26-50	Mala calidad	21-35	Mala calidad	21-35	Inadecuada
3	51-70	Mediana calidad	36-50	Mediana calidad	36-50	Aceptable
4	71-90	Buena calidad	51-80	Buena calidad	51-80	Buena
5	91-100	Excelente calidad	81-100	Excelente calidad	81-100	Optima

Tabla 2. Clasificación de los ICAS: ICA-NSF, ICA Rojas e ICAUCA.

con 199 individuos (16%), Ephemeroptera con 144 individuos (11%), Odonata con 74 individuos (6%), Coleóptera con 71 individuos (6%), Plecóptera con 62 individuos (5%), Decápoda con 29 individuos (2%), Megaloptera con 16 individuos (1%), Lepidóptera con 10 individuos (1%) y Basommatophora y Architaenioglossa con un individuo lo que representa 0.1% de todos los individuos colectados (figura 2).

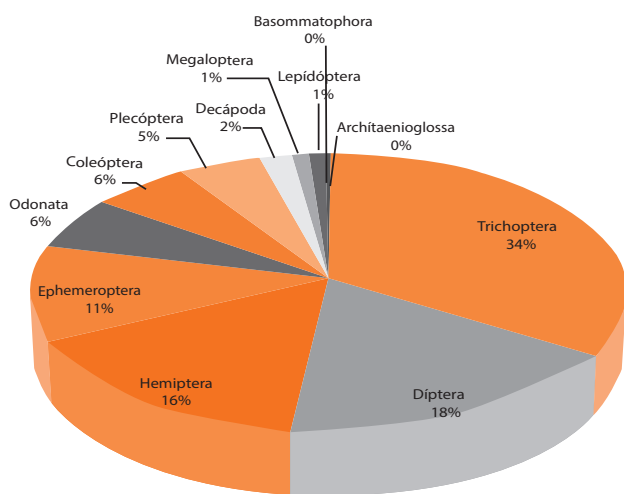


Figura 2. Porcentaje de abundancia relativa de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la cuenca del río Sinú, tramo Jaraquiel - Garzones, Montería, Córdoba. Fuente: Propia

Helicopsychidae con 89 individuos. En menor proporción se presentan las familias Hydrophilidae, Dytiscidae, Dryopidae, Muscidae, mientras que las

demás registraron una abundancia < 1%. Con relación a la diversidad de familias se reconoció que el orden

Coleóptera fue el más diverso con 8 familias, seguido de Trichoptera con 6 familias y Lepidóptera, Basommatophora y Architaenioglossa con una sola familia cada uno (figura 3).

Hydropsychidae (Trichoptera) fue la familia más abundante, probablemente porque poseen la capacidad para sobrevivir en diferentes tipos de hábitats, que le ofrezcan el sustrato necesario como rocas, piedras, hojas, arena y grava. Estos organismos pueden tolerar aguas con un poco de perturbación (Roldán, 1996).

A. Índices ecológicos: De acuerdo a los valores obtenidos la mayor abundancia se presentó en la estación Jaraquiel con 450 individuos colectados y la menor se encontró en la estación Transito con 63 individuos, esto muy seguramente justificado por la gran perturbación que evidencia esta zona por efectos de sedimentación, contaminación e intervención antrópica. La mayor riqueza se encontró en el punto ubicado en Garzones, esta fue representada por 20 familias, seguido de los puntos Mocari y Bocatoma-Proactiva con 17 familias. El punto del Transito presentó la menor riqueza de familias con

## [ Sección ]

solo 7. Los índices de diversidad de Shannon–Wiener fueron relativamente altos para el punto Mocari, moderadamente bajos para Garzones y Caracolí, bajos para las quebradas Jaraquiel, Bocatoma-Proactiva y Transito. Por otro lado el índice de Dominancia de Simpson fue bajo para todas las estaciones, lo que indica que pueden existir nichos disponibles para otras especies. De acuerdo a la uniformidad de Pielou esta fue alta para Transito, Garzones, Mocari y Caracolí, mientras que para las quebradas Jaraquiel y Bocatoma-Proactiva fue relativamente alto (Tabla 3).

### Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados acuáticos. Índice BMWP/Col.

	N	S	H'	J'	D	N1	N2
T	63	7	1,6	0,82	0,23	5	4
G	211	20	2,28	0,76	0,14	10	7
M	103	17	2,51	0,89	0,1	12	10
C	210	15	2,03	0,75	0,19	8	5
J	450	14	1,81	0,69	0,22	6	5
BP	159	17	1,75	0,62	0,25	6	4

Tabla 3. Índices ecológicos calculados para los seis puntos de muestreo ubicados en la cuenca del río Sinú, tramo Jaraquiel - Garzones, Montería, Córdoba.

El cálculo del índice BMWP Colombia se realizó de acuerdo a las familias de macroinvertebrados identificadas y la suma de los valores que corresponden a cada una, de forma general se puede decir que el índice BMWP/Col arrojó valores moderadamente altos para todas las estaciones de muestreo (excepto Transito). Por otro lado los puntos Jaraquiel, El menor valor de BMWP/Col fue el obtenido para el punto Transito y el mayor para Bocatoma-Proactiva. Como es conocido para ambientes loticos que se encuentran a una menor altura sobre el nivel mar el arrastre de sedimento es mayor con relación a los de alta montaña, algo que puede ser justificación para los valores obtenidos en este indicador BMWP para las estaciones

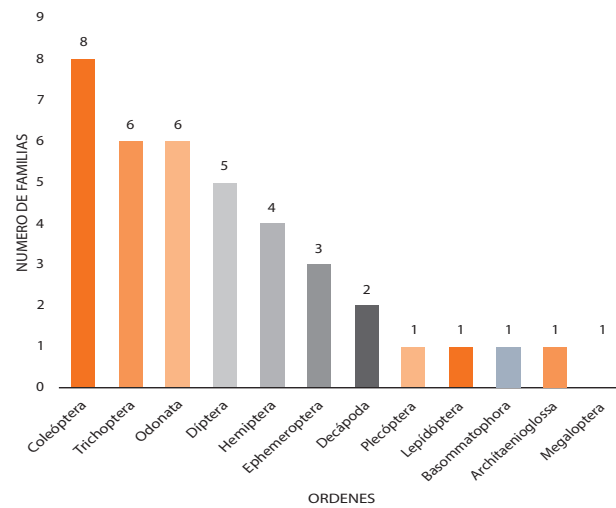


Figura 3. Diversidad de familias en los diferentes órdenes de macroinvertebrados acuáticos encontrados en la cuenca del río Sinú, tramo Jaraquiel - Garzones, Montería, Córdoba. Fuente: Propia

muestreadas.

Estaciones de muestreo= T: transito, G: garzones, M: mocari, C: Caracolí, J: jaraquiel, BP: bocatoma-proactiva. Índices ecológicos= S: Número de especies por muestra; N: Número de individuos por muestreo; D: dominancia de Simpson; H': Índice de diversidad de Shannon–Wiener; J': Índice de uniformidad de Pielou; N1: Número de especies abundantes; N2: Número de especies muy abundantes. Fuente: Propia

Garzones, Mocari y Caracolí presentaron aguas aceptables, con un ligero grado de contaminación; esto posiblemente por la presencia cerca de potreros y de poblados que muy seguramente vierten de forma directa o indirecta desechos a este cuerpo de agua. El punto Transito presentó un agua de calidad dudosa, con un valor de BMWP de 48, muy por debajo de los valores de los demás puntos de muestreo. En este sitio se evidenciaron basuras y animales muertos (Tabla 4)

Calidad	Calidad	BMWP/Col.	Significado
Tránsito	<i>Dudosa</i>	48	<i>Aguas moderadamente contaminadas</i>
Garzones	<i>Aceptable</i>	98	<i>Aguas ligeramente contaminadas</i>
Mocari	<i>Aceptable</i>	85	<i>Aguas ligeramente contaminadas</i>
Caracolí	<i>Aceptable</i>	100	<i>Aguas ligeramente contaminadas</i>
Jaraquiel	<i>Aceptable</i>	93	<i>Aguas ligeramente contaminadas</i>
<i>Bocato- ma-Proactiva</i>	<i>Buena</i>	124	<i>Aguas limpias</i>

Tabla 4. Índice BMWP/Col

## Evaluación de la calidad del agua: índices ICA

En la tabla 5, están consignados el consolidado de los cinco muestreos realizados y la determinación de los parámetros fisicoquímicos a las muestras de agua tomadas en campo.

A partir del comportamiento promedio de los ICA evaluados, se observa que de acuerdo con el ICA-NSF la calidad del agua del Río Sinú se encuentra en el rango 71-90 lo cual la clasifica como Buena Calidad. Los índices ICA-Rojas e ICAUCA muestran una tendencia similar a la del ICA-NSF clasificando la calidad del agua como Buena (rangos entre 51-80), sin embargo, observamos que los puntos medios, donde el río va siendo más impactado por los diversos vertimientos que recibe producto de las actividades antrópicas entre las que se destaca los vertimientos de aguas residuales domésticas y la minería de arena y grava el valor de los índices tienden a disminuir un poco su valor.

En general, los ICA evaluados reflejan una buena calidad del agua del río, especialmente en los puntos de Jaraquiel y Bocatoma los cuales están ubicados antes del área de

influencia de la ciudad de Montería y por ende menos propensos a ser contaminados.

### Relación entre la composición de macroinvertebrados acuáticos con las variables fisicoquímicas y microbiológicas

Las variables fisicoquímicas no están desligadas de las variables bióticas, los resultados obtenidos tras la aplicación de los índices BMWP/Col e ICA indican el deterioro paulatino de la calidad del agua del río en el tramo medio, es probable que estos resultados sean una combinación de las diferentes actividades socioeconómicas desarrolladas a lo largo del cauce, tales como las actividades agrícolas, procesos de erosión de la cuenca y vertido de efluentes residuales de tipo doméstico e industrial.

Muchos estudios han establecido la relación directa que tienen los macroinvertebrados acuáticos con variables fisicoquímicas del agua, tal es el caso reportado por Shiegh y Yang, (2000) que realizaron una investigación en un arroyo de montaña en Taiwán el cual fluye por una zona de intensa actividad agrícola, ellos encontraron que el uso de fertilizantes y otras sustancias químicas estaba relacionado con la baja densidad, diversidad y riqueza de macroinvertebrados y explicaban

Muestreo	Punto	J	B	C	T	M	G
1	ICA-NSF	73,5	75,9	73,3	74,0	76,8	81,1
	ICA-Rojas	73,58	70,8	71,5	73,6	77,1	9,2
	ICAUCA	64,2	66,5	64,1	63,6	67	74,1

Tabla 5. Resultados de ICAS para cada punto de muestreo ubicado en la cuenca del río Sinú, tramo Jaraquiel - Garzones, Montería, Córdoba.

2	ICA-NFS	75,3	81,2	75,7	76,3	73,7	75,4
	ICA-Rojas	73,6	77,8	74,9	76,7	73,3	74,9
	ICAUCA	68,2	73	69,7	66,3	62,8	64,2
3	ICA-NFS	74,1	78,4	75,3	75,2	77,3	78,6
	ICA-Rojas	77,4	76,8	75	75,5	76,6	76,9
	ICAUCA	71	71,8	69,4	69,6	67,6	67
4	ICA-NFS	76,5	79,8	76,7	73	73,6	71,1
	ICA-Rojas	77,1	77,8	75,6	75,9	74,8	77,8
	ICAUCA	71,4	72,8	65,4	67,3	66,4	70,6
5	ICA-NFS	80,4	76,7	77,7	77,4	76,4	77,9
	ICA-Rojas	77,6	78,7	74	76,5	73,7	77,7
	ICAUCA	69,2	73,6	68,5	67,5	65,5	66,2

Tabla 5. Resultados de ICAS para cada punto de muestreo ubicado en la cuenca del río Sinú, tramo Jaraquiel - Garzones, Montería, Córdoba.

\*J: Jaraquiel, B: Bocatoma, C: Caracoli, T: Transito, M: Mocari, G: Garzones Fuente: Propia

A continuación en la tabla 6 se muestran algunas de las relaciones existentes entre taxones encontrados en el estudio y las variables fisicoquímicas.

<i>Familia</i>	<b>Relacionadas con altos valores de</b>	<b>Relacionadas con bajos valores de</b>
<i>Ampullariidae</i>	<i>Recuento</i>	
<i>Chironomidae</i>	<i>Recuento, conectividad</i>	<i>% de oxígeno</i>
<i>Libellulidae</i>	<i>% saturación de oxígeno y ppm, N.M.P</i>	
<i>Hydropsychidae</i>	<i>Conductividad</i>	
<i>Veliidae</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Conductividad</i>
<i>Leptohyphidae</i>	<i>Recuento N.M.P</i>	
<i>Baetidae</i>	<i>% saturación de oxígeno y ppm</i>	
<i>Helicopsychidae</i>	<i>Conductividad, ppm, recuento, N.M.P</i>	
<i>Coenagrionidae</i>	<i>% saturación, Conductividad</i>	
<i>Gerridae</i>	<i>pH</i>	
<i>Palaemonidae</i>	<i>pH, Temperatura</i>	
<i>Tipulidae</i>	<i>Temperatura</i>	

Tabla 6. Relación entre la composición de macroinvertebrados acuáticos con las variables fisicoquímicas y microbiológicas..

los elevados valores de la conductividad eléctrica, la concentración de nitratos y la dureza del agua.

## IV. CONCLUSIÓN

La integración de los índices ecológicos, bióticos y fisicoquímicos de calidad del agua y contaminación, permiten determinar la calidad del agua de forma más precisa y exacta, pues se genera un acercamiento más holístico al estado de los cuerpos de agua, la legislación ambiental no ha tenido en cuenta la gran utilidad e importancia de los métodos biológicos, en especial los relacionados con el empleo de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Las variaciones observadas en la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados parecen evidenciar alteraciones locales en determinados puntos del sistema. Pese al impacto de origen antrópico sobre el sistema, el río A continuación en la tabla 6 se muestran algunas de las relaciones existentes entre taxones encontrados en el estudio y las variables fisicoquímicas. parece presentar una buena capacidad de autodepuración.

## V. REFERENCIAS

Aldana, M. L. y Zacarias, E.E. (2013). Determinación de los índices de calidad de agua del río Cucabaj y la influencia en los costos de tratamientos de potabilización. Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Centro Universitario de Quiché.

American Public Health Association, American Water Works Association, y Water Environment Federation. (2005). Standard Methods for the examination of water and wastewater. APHA, AWWA and WEF, Washington D.C., p 2-7, 4-138.

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge –CVS. (2014). Plan de acción para la temporada invernal en el departamento de Córdoba - PATI CVS. Montería – Colombia.

Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J. y Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. Ingeniería Solidaria, 10(17):111-124. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.811>.

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge –CVS. (2011). Plan de acción institucional 2012 – 2015. Montería – Colombia.

Caicedo, O. y Palacio J. (1998). Los macroinvertebrados bénticos y la contaminación orgánica en la quebrada La mosca (Guarne, Antioquia, Colombia). Rev. Actual. Biol. 20 (69):61-73.

Doledec, S., Dessaix, J, y Tachet, H. (1996). Changes within the Upper Rhone River macrobenthic communities after the completion of three hydroelectric schemes: anthropogenic effects or natural change? Arch. Hydrobiol., 136: 19-40.

Forero, A.M. y Reinoso, G. (2013). Evaluación de la calidad del agua del Río Opia (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. Caldasia 35(2):371-387.

González, S., Ramírez, Y., Meza, A., Y Dias, L. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. Bol.cient.mus.hist.nat. 16 (2): 135 – 148.

Hahn-vonHessberg, C., Toro, D., Grajales-Quintero, A., Duque-Quintero, G., y Serna-Urbe, L. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, universidad de caldas, municipio de Palestina, Colombia. *bol.ci ent.mus.histw.nat.* 13 (2): 89 – 105.

Hurtado, S., García-Trejo, F., y Gutiérrez-Yurrita., P. J. (2005). Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del Río San Juan, Querétaro, México. *Folia Entomol. Méx.*, 44(3): 271-286.

Montoya, Y., Acosta, Y., y Zuluaga, E. (2011). Evolución de la calidad del agua en el río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/COL y el ASPT. *Caldasia* 33(1):193-210.

Oscóz, J., Campos, F. y Escala, M.C. (2006). Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas. *Limnetica*, 25 (3): 683-692.

Roldán, G. y Ramírez, J.J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. 440p

Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col.* Editorial Universidad Antioquia. Medellín, Colombia. 170p.

Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia.* Bogotá, Colombia: Fondo FEN. 218p.

Springer, M. (2010). Biomonitorio acuático. *Revista de Biología Tropical* 58:53-59.

Shiegh, S. y Yang, P. (2000). Community structure and functional organization of aquatic insects in an agricultural mountain stream on Taiwan. *Zoological Studies* 39: 191-202.

Torres, P., Hernán, C. y Patiño, P.J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15):79-94.

# EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE CONSORCIOS BACTERIANOS REMEDIADORES DE AGUAS RESIDUALES CONTAMINADAS CON DETERGENTES.

POR:

FANNY VALENCIA LEGARDA<sup>1</sup>

NATALY ANDREA SALCEDO ZAMBRANO<sup>2</sup>

CAMILO ANDRÉS PÁRAMO VELÁSQUEZ<sup>3</sup>

## | RESUMEN

La contaminación del agua constituye una gran problemática en la actualidad debido al crecimiento poblacional, la industrialización y la urbanización, además la mayoría de los vertidos de aguas residuales son realizados a los ecosistemas acuáticos sin tratar o con tratamientos deficientes, lo que ocasiona la eutrofización de los cuerpos de aguas receptores y las consecuentes problemáticas ambientales, tales como el crecimiento desmesurado de algas, descensos abruptos del oxígeno disuelto y la muerte de fauna por asfixia. El principal objetivo de este proyecto es evaluar la actividad biológica de consorcios bacterianos como remediadores de aguas residuales contaminadas con detergentes, lo cual se realizó muestreando en diferentes puntos de la ciudad de Cartagena que cumplieran con características físicas de eutrofización, luego se realizó el análisis de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua muestreada, se realizaron pruebas bioquímicas para determinar principalmente la solubilización de fosfatos y la reducción de nitratos, y se conservaron las cepas con mayor capacidad para degradar nitratos

y solubilizar fosfatos, las cuales fueron 2 de las 6 cepas encontradas, y una de estas se presume de acuerdo a sus características que corresponde al género *Klebsiella* sp. Todo esto con el propósito de emplear estos microorganismos a través de un prototipo a bajo costo, en el que las aguas residuales contaminadas con detergentes puedan ser reutilizadas o en su defecto para que al realizarse los vertidos, vayan con menor carga de contaminantes a los cuerpos de agua.

Palabras claves: USE Aguas residuales, TR Contaminación, TR Biorremediación.

Keywords: Wastewater, Pollution, Bioremediation.

SENA-Centro Agroempresarial y Minero, Semillero SICAMS, soescobar@misena.edu.co

SENA-Centro Agroempresarial y Minero, Semillero SICAMS, spvasquez3@misena.edu.co

SENA- Centro Agroempresarial y Minero, yromeroh@misena.edu.co

## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es una modificación generada directa o indirectamente por el ser humano, y que a su vez ocasiona que esta se vuelva peligrosa tanto para el mismo como para el resto de seres vivos que dependen de ella (EcologíaHoy, 2013), que son las plantas y los animales. La contaminación hídrica puede afectar desde el lago más pequeño hasta el ecosistema acuático más grande ya que la contaminación está dada en su mayoría tanto por la mala disposición de desechos sólidos como por vertimientos de cualquier tipo de sustancia (López. 2009).

La mayoría de los vertidos de aguas residuales no son tratados, simplemente se descargan en los ríos, el mar, y/o humedales, lo que provoca una gran problemática, conocida como eutrofización, la cual consiste en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, en especial con los fosfatos (José Frías, 2012), produciéndose de esta manera un crecimiento excesivo de algas, que al morir se depositan en el fondo de los ríos o lagos, generando residuos orgánicos que, al descomponerse, consumen gran parte del oxígeno disuelto y de esta manera pueden afectar a la vida acuática y producir la muerte por asfixia de la fauna y flora. (Romero., 2010)

Las aguas residuales municipales están compuestas de materia orgánica, nutrientes (fundamentalmente nitrógeno y fósforo), cantidades traza de compuestos orgánicos recalcitrantes y metales. (Salgado-Bernal I., 2012). De la gran cantidad de nutrientes vertidos a los cuerpos de agua, los que mayor predominancia tienen en estos son los nitratos y fosfatos, que son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida

de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable. (García., 2002)

En este proceso de asimilación de nutrientes en las plantas, participan muchos microorganismos. Los microorganismos son organismos normalmente formados por una sola célula. Debido a esto, a veces se les denomina “organismos unicelulares”.

Los microorganismos se clasifican según sus características celulares, en dos tipos (LENNTECH. 2017):

- Eucariota (protistas).
- Procariota (mónera).

En la ciudad de Cartagena aunque hay numerosos avances en materia estructural, en cuanto a la planificación y correcta ejecución del sistema de limpieza y alcantarillado se encuentran muchas fallas, la principal de ellas es que muchos barrios y corregimientos de la misma no cuentan con el sistema de alcantarillado y servicio de acueducto (Arcieri. 2004) lo que obliga a las comunidades a verter sus desechos de manera directa a los cuerpos de agua aledaños, mismos que utilizan a su vez para abastecerse, lo que puede generar numerosas enfermedades de tipo entéricas y virales.

Teniendo en cuenta que en la ciudad de Cartagena de Indias se presenta el vertimiento excesivo de aguas domésticas contaminadas con sustancias orgánicas (detergentes) a canales, debido a que no existe una adecuada conexión con el alcantarillado, se considera de importancia aplicar estrategias biotecnológicas para el tratamiento de dichas aguas, con el fin de brindar soluciones que sean eficientes y económicas. Debido a esta creciente contaminación de los cuerpos de agua en la actualidad muchas investigaciones están focalizadas en la implementación de sistemas biológicos que permitan la limpieza y recuperación de las áreas impactadas por estos contaminantes orgánicos y algunos de ellos inorgánicos. (Ronald Ferrera-Cerrato, 2006).

La problemática mencionada anteriormente, en muchas ocasiones se minimiza con el empleo de

tratamientos físico- químicos, que parcialmente hacen remoción de materia orgánica pero el costo de los reactivos puede ser alto, la remoción de la demanda química de oxígeno es pobre e incluso podría producir residuos (Vidal. 2000), por eso el propósito de este proyecto fue la implementación de técnicas sostenibles y que no generen consecuencias en los ecosistemas haciendo uso de procesos como los biológicos considerados por la biotecnología ambiental como una excelente estrategia para la remediación de aguas contaminadas por compuestos orgánicos, a través de la evaluación del efecto biorremediador que ejercen consorcios microbianos en la degradación de estos compuestos. Por esto, surge el interrogante:

¿Cuál es el efecto biorremediador que ejercen consorcios microbianos en la degradación de contaminantes como el detergente, en aguas residuales?

Partiendo de esta pregunta se planteó en primera instancia un objetivo general que enmarque el enfoque del proyecto el cual es evaluar la actividad biológica de consorcios bacterianos remediadores de aguas residuales contaminadas con detergentes. Luego de plantear el objetivo general se marcaron 4 objetivos específicos que corresponden a:

1. Realizar la caracterización físico – química de las muestras de aguas residuales obtenidas de diferentes puntos ubicados en la ciudad de Cartagena de Indias.
2. Aislar consorcios microbianos biodegradadores a partir de las muestras de agua
3. Evaluar el efecto biorremediador de consorcios microbianos nativos en aguas residuales
4. Diseñar un sistema piloto para el tratamiento biológico de las aguas residuales.

De los objetivos antes mencionados cabe resaltar que en este artículo se presentarán los avances

obtenidos en cuanto a los 2 primeros objetivos, los cuales mostraron resultados claves para esta investigación; debido a la escasez de materiales en nuestro laboratorio, lo cual por el momento ha retrasado el avance de este proyecto para concretar los objetivos restantes y mostrar resultados contundentes.

## II. METODOLOGÍA

Investigación analítica- experimental con metodología cuantitativa.

**1. Localización de la investigación:** Los ensayos de biorremediación se realizarán en el laboratorio de biotecnología del centro Agroempresarial y Minero.

**2. Población de estudio:** Se evaluará la actividad biológica de consorcios microbianos obtenidos de muestras de aguas residuales en distintos sectores de la ciudad de Cartagena.

**3. Puntos de muestreo:** Se organizó un muestreo de acuerdo a lo planteado en la NTC- ISO 5667-1995 en la que se habla de técnicas generales de muestreo. Primeramente, para seleccionar los puntos de muestreo (Figura 1) se tuvo en cuenta que fueran lugares donde hubiera gran cantidad de asentamientos urbanos y, en su defecto, comerciales, para



Figura 1. Ubicación de puntos de muestreo.  
Fuente: Google Earth.

## [ sección ]

contrastar las cantidades de vertidos de aguas contaminadas con detergentes a los cuerpos de agua en el estudio de nitratos y fosfatos presentes en esta.

Otro de los aspectos tenidos en cuenta para localizar los puntos de muestreo fueron comunidades que no contaran con el óptimo servicio del alcantarillado, lo cual da como resultado una desembocadura directa de los desechos a los canales o en su defecto al cuerpo de agua colindante (Figura 2); partiendo de esto se tomó como primer punto los alrededores de la Laguna el Cabrero (Barrio Marbella) con coordenadas  $10^{\circ}26'3.17''\text{N}-75^{\circ}32'5.49''\text{O}$ , Caño Ricaurte (Olaya Herrera) con coordenadas  $10^{\circ}24'56.55''\text{N}-75^{\circ}30'41.48''\text{O}$ , y la Ciénaga de la virgen (Vía perimetral) con coordenadas  $10^{\circ}24'23.97''\text{N}-75^{\circ}29'20.04''\text{O}$ .



Figura 2. Observación de desechos sólidos en la laguna el Cabrero.  
Fuente: Propia.

## 4. Métodos.

### A. Análisis de parámetros físico-químicos.

Los métodos aplicados se realizaron con el fin de obtener datos que permitieran hacer una comparación del comportamiento que se desea de los microorganismos a aislar con las condiciones de crecimiento de cada uno de ellos en este medio, puesto

que será determinante a la hora de realizar bioensayos para probar la capacidad de degradación de cada uno en el medio al cual serán adaptados.

Se aplicaron distintos procedimientos (Figura 3) para realizar el análisis físico-químico y microbiológico de las muestras de agua residual. Primeramente se tomaron parámetros en sitio respecto a pH, Temperatura y Oxígeno disuelto, con el multiparámetros. Para medir la concentración de nitratos y fosfatos, se tomaron cantidades significativas de agua y se transportaron hasta el laboratorio de Biotecnología del Centro Agroempresarial y Minero. Se realizó primeramente el análisis de Nitratos por espectrofotometría UV de acuerdo a la metodología de (Herrera., 2009.), en el cual se midió la concentración de nitratos presentes en las muestras de agua residual obtenidas en cada punto muestreado, mediante la realización de una curva de calibración a partir de la preparación de una solución madre y una solución patrón de nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) y la medición de la absorbancia a 220 y 273 nm en el espectrofotómetro UV.

Luego el procedimiento realizado fue el de análisis de Fosfatos por colorimetría, en el cual se midió la concentración de fosfatos presentes en las muestras de agua residual obtenidas en cada punto muestreado tomando una muestra de agua, añadiendo un sobre de reactivo para fosfatos y midiendo la concentración colorimétricamente, de acuerdo a lo que plantea el manual de procedimientos del equipo (Colorímetro ORBECO HELDIGE MC-500).

### B. Análisis de parámetros microbiológicos.

Para la medición de parámetros microbiológicos de las muestras de agua residual, se aplicaron las técnicas utilizadas en el Laboratorio de Biotecnología del Centro Agroempresarial y Minero donde primeramente se aplicó la técnica de las diluciones seriadas para bajar la concentración de cada una de las muestras y luego se realizó la siembra en los medios



Figura 3. Muestreo y Análisis de muestras.  
Fuente: Propia

de cultivo selectivo y diferencial de Agar nitrato y Agar SRSM. Se incubaron por 24 horas a 35°C y se realizó caracterización macroscópica de acuerdo a las características morfológicas de las colonias y microscópica utilizando la técnica de tinción según Gram que según la coloración determina si las bacterias son Gram negativas (Fucsia) o Gram positivas (Violeta), lo que nos permitió identificarlas en los objetivos 4x, 10x y 100x.

Para la determinación de la reducción de nitrato de las cepas aisladas se aplicó en tubos de ensayo con el inóculo de cada una de las cepas obtenidas, el reactivo A y B de Griess- Ilosvay, el cual proporcionaría información de las cepas reductoras mediante un cambio de color en el medio o la ausencia de este, igualmente se procedió a analizar la capacidad de solubilizar fosfatos por parte de estas cepas en un medio solido de Agar SRSM (Sundara- Rao & Sinha.

1963) con púrpura de Bromocresol, en el que se determina esta capacidad por la acidificación del medio, la aparición de halos y cambio de color del mismo.

También se realizó el análisis para determinar la patogenicidad de las cepas aisladas, mediante la técnica del número más probable (NMP), esto se realizó aplicando 2 fases, una presuntiva y una confirmativa. Para la prueba presuntiva se inocularon tubos con cada una de las cepas y se incubaron por 24 horas a 35°C. Luego de implementar la metodología para determinar Coliformes en las muestras de agua residual se realizó el conteo de los tubos positivos. Igualmente se procedió para la fase confirmativa haciendo réplicas de los tubos positivos que resultaron en la fase presuntiva.

Finalmente se realizaron repiques de las cepas en medio con Agar nutritivo y se procedió a hacer la conservación de las mismas en donde se utilizó el

## [ sección ]

método de Crio-preservación por ultracongelación a  $-87^{\circ}\text{C}$  con el crio-preservante dimetil sulfoxido (DMSO) al 50%. Se prepararon medios con caldo BHI como suspensión celular, dimetil sulfoxido (DMSO) para la conservación de las cepas y agua peptonada. Se realizó purificación con la técnica de la siembra masiva para luego hacer raspado de cajas e inocular en la suspensión. Se prepararon 10 viales por cada una de las cepas aisladas y se Crio- preservaron en ultracongelación. (Figura 4).

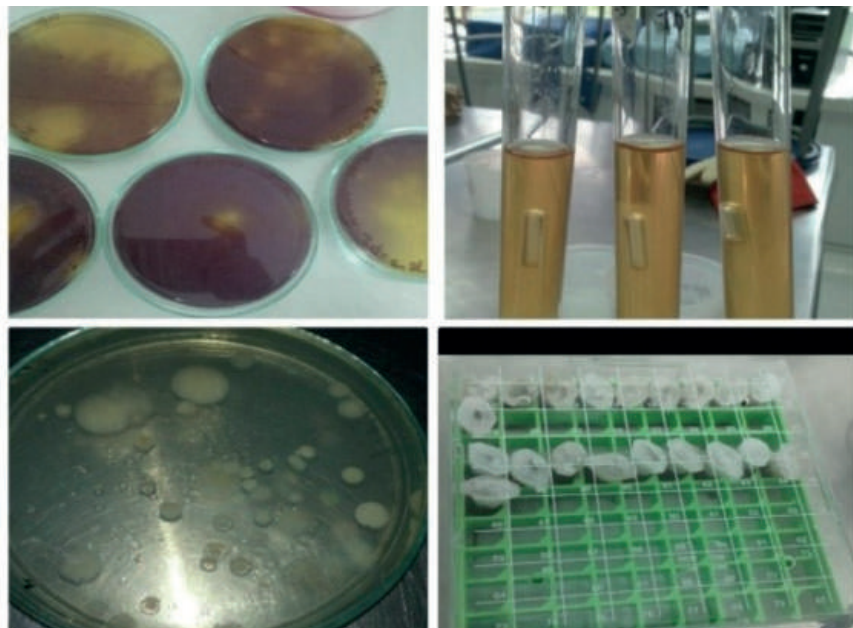


Figura 4. Procedimientos microbiológicos y conservación de cepas.  
Fuente: Propia.

## III. RESULTADOS

### 1. Análisis de parámetros físico-químicos

Al medir con el Multiparámetros los parámetros físicoquímicos en cada punto y en el laboratorio, se encontraron los resultados presentados en la tabla 1.

En esta tabla se muestra la relación que guarda cada parámetro, en tanto que algunos llegan a depender de otros. Se puede observar que los niveles de pH, se mantienen cerca del valor neutro, lo cual es muy importante a la hora de realizar la evaluación biológica, dado que esta se desarrolla bajo intervalos estrictos de pH, pero para otras especies los valores entre 5-9 unidades de pH, no son significativos para afectar esta actividad, solo aplica para especies mucho más estrictas (GARCÍA & LÓPEZ, 1985). También se puede observar la relación inversamente proporcional entre la temperatura y el oxígeno disuelto dado que entre más cálida es el agua menores son las concentraciones de oxígeno disuelto en esta;

Tabla 1. Resultado de la medición de parámetros físicoquímicos en sitio y en el laboratorio.

Punto	P1	P2	P3
<b>pH</b>	7.3	8,0	7.5
<b>Temperatura</b>	7.5	37,2°C	37°C
<b>O2 Disuelto</b>	1,21 mg/L	1,77 mg/L	1,70 mg/L
<b>Fosfato</b>	2,0 mg/L	7,2 mg/L	3,4 mg/L
<b>Nitrato</b>	18,54 mg/L	32,4 mg/L	29,12 mg/L

Tabla 1. Resultado de la medición de parámetros físicoquímicos en sitio y en el laboratorio.

también se muestran niveles extremadamente bajos, dado que los niveles normales de oxígeno disuelto en el agua son de 5-12 mg/L (Goyenola, 2007); además se muestran niveles elevados de nitratos y fosfatos dado que en Colombia el nivel máximo permitido de nitratos en agua es de 10 mg/L y de Fosfatos 5mg/L (Res 2115., 2007), cantidad que se vio excedida en la medición de este parámetro en los 3 puntos analizados y para fosfatos en el punto 2.

## 2. Análisis de parámetros microbiológicos.

Luego de realizar el procedimiento de diluciones seriadas se caracterizaron macro y microscópicamente las colonias bacterianas, en los medios con Agar nitrato y SRSM con púrpura de Bromocresol.

Se realizó el conteo en placa de las UFC (unidades formadoras de colonias) presentes en medio con Agar Nitrato, mediante la fórmula:

$N^{\circ}$  de colonias X inverso de dilución X Factor de corrección **60 X 10.000X 10= 6x10<sup>7</sup> UFC/mL**

Y luego las UFC que crecieron en Agar SRSM, que mediante el colorante púrpura de Bromocresol, mostraron las cepas que fueron capaces de degradar el fosfato presente en el medio, mediante el desarrollo de un halo de color amarillo.

$N^{\circ}$  de colonias X inverso de dilución X Factor de corrección **72 X 10.000X 10= 7.2x10<sup>7</sup> UFC/mL**

### A. Caracterización macroscópica.

Generalmente en el medio de Agar nitrato, crecieron 2 tipos de bacterias y en el medio de Agar SRSM crecieron 4 tipos de bacterias, como lo muestra la tabla 2, donde se observa la variedad en formas, borde, elevación y textura; también se muestra, que todos los aislados corresponden al tipo de microorganismo bacilo Gram Negativos.

Tabla 2. Cepas en Agar Nitrato	
Cepas en Agar Nitrato	
Cepa	Características
CAM2-N	<i>Borde entero, textura cremosa, elevadas, forma circular, Bacilos cortos Gram-.</i>
CAM2-N2	<i>Borde Dentado, textura Cremosa Planas, forma Rizoide, Bacilos cortos</i>
Cepas en Agar SRSM	
	Medida
Cepa CAM2-F3	<i>Borde entero, textura cremosa, convexa, forma circular, Bacilos cortos Gram-.</i>
CAM2-F4	<i>Borde ondulado, textura cremosa, planas, forma irregular, Bacilos cortos Gram -.</i>
CAM3-F3	<i>Borde entero, textura cremosa, planas, puntiformes, Bacilos cortos Gram -.</i>
CAM3-F4	<i>Borde entero, textura cremosa, pulvinada, forma circular, Bacilos cortos Gram -.</i>

Tabla 2. Características morfológicas de las cepas aisladas.

### B. Caracterización Microscópica

En la caracterización microscópica se obtuvieron los siguientes datos: Bacilos Gram negativos, cortos. Estas características fueron determinadas mediante tinción de Gram que a bacilos Gram negativos les da un color fucsia, lo que permitió identificarlos bajo la luz del microscopio óptico, como lo muestra la Figura 5.

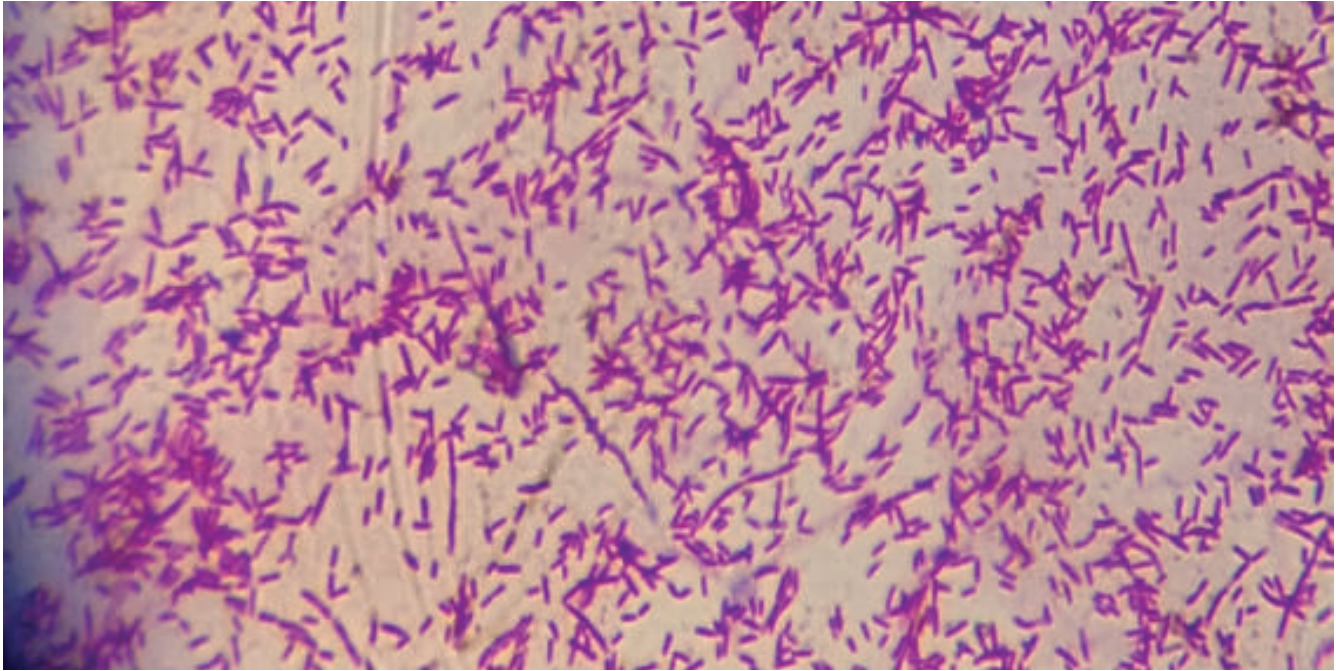


Figura 5. Bacilos Gram- vistos al microscopio en el objetivo de 100x.  
Fuente: Propia.

### C. Prueba de reducción de nitrato.

*En tubos inoculados por 24H a 35°C en caldo Nitrato, se aplicó 1 mL de reactivo A y B de Griess-Ilosvay en cada tubo del cual se obtuvo que la cepa CAM2-N es positiva, es decir que si son reductoras de Nitrato y la cepa CAM2-N2 resultó negativa, estas no son reductoras de Nitrato, esto fue determinado mediante un cambio de color en el medio de transparente a Rojo (Figura 6), cambio que no fue notado con la otra cepa en estudio.*

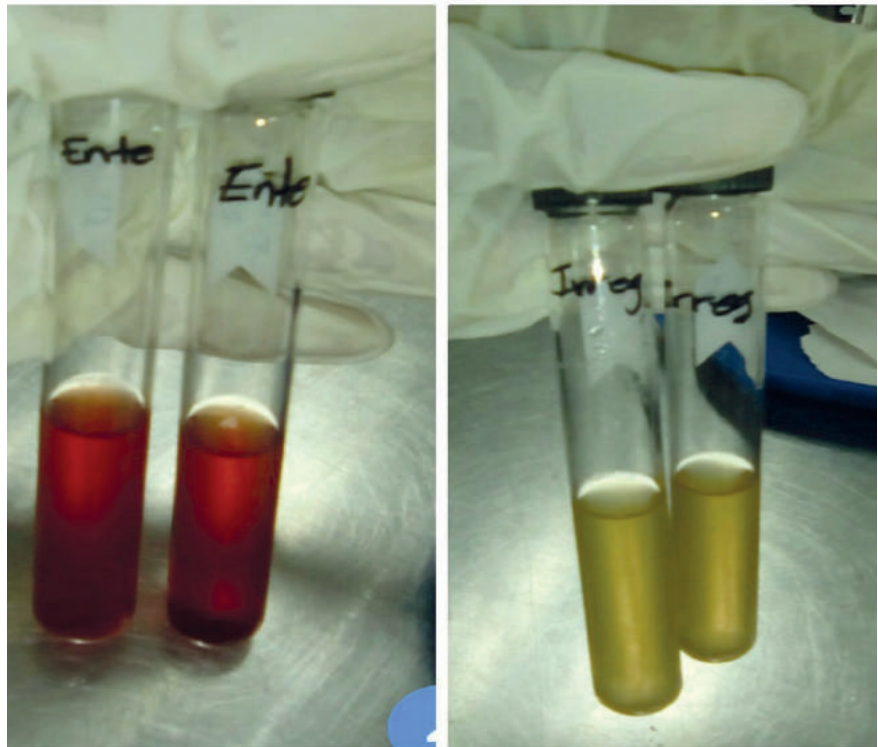


Figura 6. Cambio de color en prueba de reducción de nitratos.  
Fuente: Propia.

#### D. Determinación de coliformes por el método del número más probable (NMP)

Luego de implementar la metodología para determinar coliformes en las muestras de agua residual, se obtuvieron los siguientes resultados en la prueba presuntiva:

Punto 1-Marbella: 1100 NMP/mL

Punto 2- Vía perimetral: 42 NMP/mL

Punto 3- Caño Ricaurte: >1100 NMP/mL

Luego se realizó la réplica de los tubos positivos (Figura 7) y se incubaron a 45 °C por 48 H para determinar coliformes fecales en la prueba confirmativa, de la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Punto 1-Marbella: 1100 NMP/mL

Punto 2- Vía perimetral: 42 NMP/mL

Punto 3- Caño Ricaurte: >1100 NMP/mL

Después de realizar pruebas bioquímicas a las 6 cepas obtenidas en el aislamiento, se eligieron 3 cepas, 1 fue capaz de reducir nitratos a nitritos, aislado que fue contaminado y 2 que fueron capaces de solubilizar fosfatos, a las cuales para reducir el gasto de reactivos se realizaron pruebas para determinar si las cepas resultantes eran capaces de realizar el mismo trabajo, por esto se evaluó la capacidad reductora de las cepas solubilizadoras de fosfato y se determinó que poseen la capacidad de reducir nitratos y solubilizar fosfatos. Luego se realizó siembra en medios de cultivo selectivo y diferencial de Agar EMB y Agar McConkey que son medios para crecimiento de enterobacterias en los cuales, de acuerdo a las características macro y microscópicas de las colonias, se presume pertenecen al género *Klebsiella* sp.

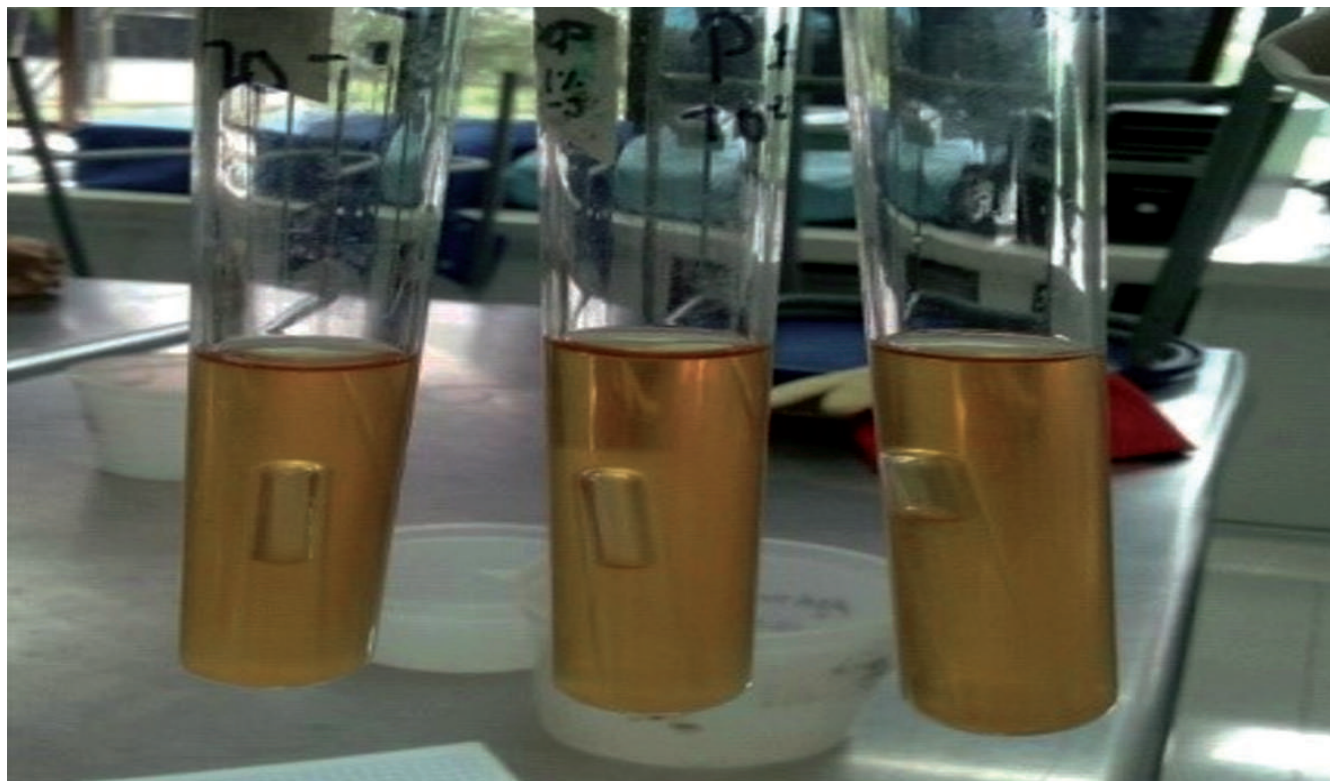


Figura 7. Tubos positivos en prueba presuntiva.  
Fuente: Propia.

## IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

*Si bien es cierto que hay una alta influencia de las condiciones fisicoquímicas sobre el crecimiento de los microorganismos que estas deben favorecer, para demostrarlo se realizó la medición de los parámetros fisicoquímicos en distintos puntos de la ciudad de Cartagena, receptores de aguas residuales domésticas y comerciales, los cuales mostraron una degradación de la calidad ambiental de estos puntos con las condiciones de contaminación a la que están sometidos, puesto que las condiciones del oxígeno disuelto eran significativamente bajas como para mantener las condiciones óptimas para albergar la vida de muchos microorganismos y mantener la calidad del agua. Caso similar a lo que plantea (Leal., 2015), en su trabajo de grado realizado para determinar la capacidad biodegradadora de bacterias aisladas de rizósfera de plantas de la ribera del río Combeima, y al tomar los parámetros fisicoquímicos determinaron que estaba siendo afectado por la contaminación, dado que al igual que en la toma de nuestros parámetros notaron descensos en los niveles de oxígeno disuelto. Por esta razón se ha decidido tomar medidas en cuanto al tratamiento de este importante recurso, planteando en nuestro proyecto una solución desde la remediación con microorganismos nativos de las aguas residuales mientras que Leal, atacaría la problemática con microorganismos aislados de rizósfera de plantas que están alrededor del río Combeima.*

*Por otro lado se tuvo el crecimiento de una cepa presuntiva de *Klebsiella sp*, microorganismo con la capacidad de crecer y/o adaptarse a ambientes con condiciones ambientales precarias, lo cual sustenta la presencia de esta en las muestras de agua tomadas. Al realizarle pruebas bioquímicas se pudo determinar que es reductora de nitrato y solubilizadora de fosfato, capacidad natural conferida a los microorganismos pertenecientes a la familia de las Enterobacterias, de acuerdo a lo planteado por (Beltrán., 2014) en el*

*artículo “La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal” y (Pachón., 2004) en su tesis “Aislamiento, Identificación y Serotipificación de enterobacterias” donde determina la alta capacidad reductora de nitratos que posee este género bacteriano, lo cual está sustentado en el proyecto “Remoción biológica simultánea de fósforo y nitrógeno de agua residual”, liderado por (Morales., 2006), donde evidencia en la presentación de sus resultados que si es posible la remoción simultánea de fosfato y nitrato en agua residual a partir de bacterias que son capaces de acumular fosfatos a partir del oxígeno de los nitratos.*

## V. CONCLUSIÓN

*Dado que nuestro proyecto aún se encuentra en curso, se concluye acerca de la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las muestras de agua tomadas.*

*La medida cuantitativa de cada parámetro permitió determinar que las condiciones en las que se encuentran los cuerpos de agua en los que se realizaron los muestreos están en estado crítico debido a la gran cantidad de residuales vertidos, donde se notó la escasa cantidad de oxígeno disuelto presente en ellas y la alta concentración de nutrientes como el nitrato y el fosfato, lo cuales fueron características importantes a la hora de hallar los microorganismos nativos que se requieren para este estudio.*

*Aun en estas precarias condiciones se notó la permanencia de algunos microorganismos cuyas condiciones de vida poco exigentes les permitieron crecer en medios con alta concentración de nutrientes, como en el caso de la presunta cepa del genero *Klebsiella sp*, a la cual se le realizarán las evaluaciones pertinentes del potencial para la degradación del contaminante objeto de este estudio (Detergente).*

## VI. REFERENCIAS

- Arcieri G, V. (25 de junio de 2004). LA CONTAMINACIÓN AMENAZA DOS BALNEARIOS DE CARTAGENA. El tiempo. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1500437>
- Beltrán Pineda, M.E. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* Volumen 15 (1). 101-113. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v15n1/v15n1a09.pdf>
- EcologíaHoy. 04 de Octubre de 2013. Contaminación del agua. [Entrada de Blog]. Recuperado de <http://www.ecologiahoy.com/contaminacion-del-agua>.
- García., G. (2002). Enfermería Comunitaria I. Obtenido de Salud Pública.: <http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/salud-publica-y-atencion-primaria-de-salud/otros-recursos-1/lecturas/bloque-iii/Contaminacion%20del%20agua.pdf>
- GARCÍA, M. E., & LÓPEZ, J. A. (1985). CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL AGUA (CIDTA). Obtenido de AGUAS RESIDUALES. COMPOSICIÓN.: [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)
- Goyenola, G. (Junio de 2007). Asociación Civil: Investigación y Desarrollo. Obtenido de Oxígeno Disuelto.: [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf)
- Herrera, R. B. (2009). ESPECTROFOTOMETRÍA- ULTRAVIOLETA. ANÁLISIS DE NITRATOS DE AGUAS.
- José Frías, N. G. (2012). BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS CON DETERGENTES POR MEDIO DE BACTERIAS QUIMIOSINTETIZADORAS. La Serena, Chile: CONCURSO XIII JUNIOR DEL AGUA 2013.
- Leal, Juan., (2015). EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD BIODEGRADADORA DE MATERIA ORGÁNICA DE BACTERIAS AISLADAS DE LA RIZÓSFERA DE DOS PLANTAS DE LA RIBERA DEL RIO COMBEIMA- TRAMO UT. (Trabajo de grado). Universidad del Tolima, Tolima, Colombia.
- LENNTECH. (s.f.). LENNTECH. Obtenido de LENNTECH: <http://www.lenntech.es/faq-microbiologia-del-agua.htm>
- López Rivera, N. C. (23 de Julio de 2009). PROPUESTA DE PROGRAMA PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA PLAZA DE MERCADO DE CERETE, CEREABASTOS – CORDOBA. Bogota.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo. (22 de Junio de 2007). Características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. [Resolución 2115].
- Morales Mejía, J. C. S. G. M. & O. G. B. (2006). Remoción biológica

simultánea de fósforo y nitrógeno de agua residual. Ingeniería Ambiental.

NTC ISO 5667 de 1996.

Pachón Cubillo, D. A. (2004). AISLAMIENTO, IDENTIFICACIÓN Y SEROTIPIFICACIÓN DE ENTEROBACTERIAS DEL GÉNERO Salmonella EN UNA POBLACIÓN DE *Crocodylus Intermedius* Y TESTUDINOS MANTENIDOS EN CAUTIVERIO EN LA ESTACIÓN DE BIOLOGÍA TROPICAL ROBERTO FRANCO E.B.T.R.B DE LA FACULTAD DE CIENCIAS – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA EN VILLAVICENCIO – META. (Trabajo de grado). Recuperado de file:///E:/Proyecto%20Semilleros/tesis198%20discusion%20nitrato.pdf

Romero., M. (2010). PROCESO DE EUTROFIZACIÓN DE AFLUENTES Y SU PREVENCIÓN POR MEDIO DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES. Ingeniería primero., 64-74.

Ronald Ferrera-Cerrato, N. G.-A.-V.-V. (2006). Procesos de biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos. Revista Latinoamericana de Microbiología., pp 179-187.

Salgado-Bernal I., D.-D. C.-A.-V.-S. (2012). Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para eliminar materia orgánica de aguas residuales. Revista Internacional Contaminación Ambiental. , 17-26.

Vidal G., Carvalho A., Mendez R., Lema J.M. Influence of the content in fats and proteins on the anaerobic biodegradability of dairy wastewaters. Bioresource Technology. 2000; 74: 231-9.

# APLICATIVO DE TESTING BASADO EN MODELOS ÁGILES.

POR:

MARTA ESTER GÓMEZ ADASME <sup>1</sup>

JUAN DAVID VAHOS M <sup>2</sup>

RUBÉN DARÍO CASTRILLÓN GUTIÉRREZ <sup>3</sup>

## | RESUMEN

Dentro de los modelos de desarrollo de software están las metodologías ágiles que revolucionan y establecen nuevas formas eficientes de realizar aplicativos. Los aprendices del Sena en el transcurso de la etapa lectiva necesitan realizar pruebas a las aplicaciones para clientes reales durante todo el ciclo de desarrollo, teniendo en cuenta las condiciones de instalación de software del mundo actual, como es la virtualización de servicios y las buenas prácticas ágiles de desarrollo. El objeto de este proyecto es poner en marcha un ambiente de pruebas con productos propios, los cuales se compararán con productos del mercado para realizar las pruebas de software de las aplicaciones de etapa lectiva de aprendices del área del desarrollo de software y los productos empresariales que genera la Fábrica de Software del Centro.

El proyecto consiste en tres productos así: un ambiente de testing para permitir las pruebas del proyecto formativo en las diferentes fases que debe cumplir como análisis, diseño, desarrollo e implementación; al utilizar la virtualización en un solo servidor, se pueden tener varios servicios a la vez y es más fácil recuperarse ante caídas o fallas. La segunda fase es la creación de un software que permite hacer un

seguimiento del ciclo o workflow del proceso de pruebas y donde se registran los artefactos para realizar los casos de prueba. La tercera fase es la implementación de software que permita la automatización de las pruebas; clasificados en seguimiento del proceso, generación de scripts y manejo de la concurrencia o performance.

**Palabras claves:** Pruebas, virtualización, Metodologías ágiles, desarrollo, aplicativos.

<sup>1</sup> Filiación (Semillero de Investigación MERLIN - Instructor- SENA), mega2808@misena.edu.co

<sup>2</sup> Filiación (Semillero de Investigación MERLIN -Instructor- SENA), jdvahos@misena.edu.co

<sup>3</sup> Filiación (Semillero de Investigación MERLIN -Practicante- SENA), kalelr@gmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones de software actualmente resuelven grandes contabilidades de empresas en todo el mundo, inclusive pequeñas soluciones para una empresa familiar. El software y el hardware están presentes desde lo cotidiano, como en el transporte público simple (buses, taxis, entre otros), hasta sistemas más complejos como el funcionamiento de los trenes, que transportan miles de personas diariamente (este es el caso del Metro de Medellín). Estas tecnologías se utilizan para el control del acceso a los usuarios, los sistemas de aire acondicionado, entre otros; los cuales son controlados a través de aplicaciones, que garantizan su óptimo funcionamiento. Las consecuencias de la mala operación de los softwares pueden llegar a ser fatales. Tal es el caso de las aplicaciones en salud que pueden ir desde una cita mal creada hasta un aparato de electrocardiograma que funcione erróneamente, pueden generar un tratamiento equivocado y quizás la muerte.

Se puede complementar la anterior afirmación con la siguiente referencia “La creciente dependencia de tareas críticas respecto del software conlleva a que el valor del mismo ya no reside solamente en la aptitud que posee de mejorar o sostener la productividad y la eficiencia de las organizaciones, sino que además se requiere que posea la capacidad de continuar operando de manera confiable aun cuando deba enfrentar eventos que amenazan su utilización.”Castellaro, M., Romaniz, S., Ramos, J., & Pessolani, P. (2009).

Si las aplicaciones de software están presentes en la cotidianidad del hombre y en las empresas, se debe garantizar su buen funcionamiento. Para ello, se deben controlar, validar y verificar constantemente, con el propósito de evitar posibles pérdidas económicas, reprocesos y tiempo.

“La construcción de software es el evento fundamental de la ingeniería de software. Los programadores trabajan construyendo e integrando programas a través de técnicas de codificación, validación y pruebas. Pero ese carácter esencial no minimiza fases tan cruciales como la planeación del proyecto, el análisis de requerimientos, el diseño y la gestión de la calidad.” Parra Castrillón, E. (2011).

La importancia de las pruebas de software ha ido creciendo con el tiempo, ya que las aplicaciones son cada vez más complejas por la información que manejan, la utilidad que tienen y los dispositivos involucrados en las soluciones informáticas. Se llaman así soluciones porque pueden involucrar tanto software como hardware y ambos en relación. “Las pruebas de software son seguramente la actividad más común de control de calidad”. Sanz, L. F. (2005).

Las pruebas son realizadas en los proyectos de desarrollo o mantenimiento de aplicaciones y sistemas. La evolución de las pruebas ha ido de la mano del aseguramiento de la calidad “El aseguramiento de calidad del software es el conjunto de actividades planificadas y sistemáticas necesarias para aportar la confianza en que el producto (software) satisfará los requisitos dados de calidad” Lovelle, J. (1999).). Las certificaciones internacionales que garantizan que las empresas pueden trabajar en todo el mundo porque han adquirido buenas prácticas en la implementación de sus proyectos de software para hacerlos exitosos como SEI con CMMI (Integración de modelos de madurez de capacidades o Capability Maturity Model Integration) o certificaciones como Scrum Master; la búsqueda de certificaciones internacionales para los analistas de pruebas como el ente certificador ISTQB (International Software Testing Qualifications Board) y toda la gama de certificaciones a nivel mundial para los tester.

Las metodologías de desarrollo de software también evolucionan para adaptarse a las necesidades

del medio y con ello surgen metodologías de desarrollo ágil que se plantean como alternativa a las metodologías tradicionales como RUP. Una metodología ágil como Scrum plantea un cliente activo dentro del proceso de desarrollo de su aplicación, con entregas totalmente funcionales en cada Sprint review y donde el cliente en conjunto con el equipo hacen la validación y verificación del desarrollo con cierto desprecio a la documentación de las fases y al UML (Lenguaje unificado de modelamiento: herramienta fundamental para las fases de análisis y diseño de proyecto en las metodologías tradicionales). Dentro de Scrum han surgido varias formas de ejecutar las pruebas ágiles como son TDD (Desarrollo guiado por pruebas de software) o su evolución ATDD (Acceptance test-driven development o desarrollo guiado por criterios de aceptación que son introducidos en cada historia de usuario).

En las pruebas tradicionales podemos mencionar dos grandes grupos las pruebas de caja blanca (o

pruebas basadas en el código fuente caminos básicos, control de flujo, control de datos o pruebas de ramificación) y las de caja negra (o pruebas basadas en la funcionalidad del producto) y dentro de ellas podemos mencionar las pruebas de clases de equivalencia, tablas de decisión, transición de estados y pruebas de experiencia.

Los aprendices Sena de la tecnología de Análisis y desarrollo de software se forman con base a proyectos que involucran en su mayoría soluciones a la medida de clientes reales, que esperan una aplicación con altos niveles de calidad y que sea la evidencia de su formación, por lo tanto surge la necesidad de validar y verificar sus aplicaciones y que sean ellos mismos quienes lo hagan en un ambiente fiel a la realidad, registrando todo el proceso en software especializado para ello.

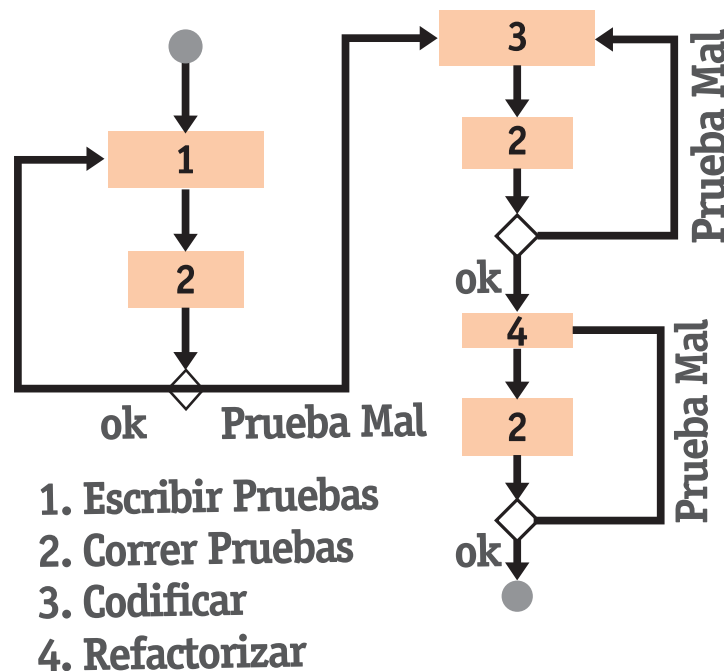


Figura 1. Pruebas TDD.  
 Fontela, M. C. (2011).

## II. METODOLOGÍA

En el proceso de desarrollo con modelos ágiles el primer paso es el levantamiento de requisitos con el cliente, el cual se hace periódicamente y juega el rol de Product Owner (PO), quién es el que da el lineamiento sobre el “Qué” del producto. Adicional a esto, hace la priorización de dichos requisitos, lo cual, se convierte en el primer artefacto SCRUM como lo es el Product Backlog (Peralta, 2005). Con esta priorización se da inicio a la fase de planeación del primer Sprint. Los sprint corresponden a la funcionalidad priorizada por el cliente, la cual, se despliega en una cartelera llamada Srint Backlog que posee tres columnas (Por Hacer, en Proceso, Terminado) para ubicar las historias de usuario (similar a los requerimientos, pero en un lenguaje más amigable para el cliente). Una vez planteados estos Sprint iniciales, entra en acción el rol del TEAM (Equipo de Desarrollo), el cual es el encargado del desarrollo del software. Una vez realizados de dos a tres Sprint se realiza el entregable llamado RELEASE, que es el equivalente a una liberación de producto. En el caso del aplicativo Gestor de Casos de Prueba (NIVAL) se prioriza inicialmente la liberación de la funcionalidad de Gestión de Casos de prueba, la cual ha sido entregada inicialmente para que el cliente (PO) pueda hacer un feedback en la reunión de Sprint Review de forma que se puedan hacer ajustes en la carga de tareas del siguiente Sprint y de ser el caso se pueda hacer una repriorización de la pila de requerimientos (Product Backlog).

Paralelo a el desarrollo de Nival 2.0, se está realizando por medio de SENNOVA y su semillero MERLIN la gestión de adquisición de una herramienta CASE que permita al igual ejecutar pruebas similares a las que se pretenden realizar con el aplicativo hecho a la medida. En el mercado se han encontrado otras herramientas que poseen licencias GPL (Generic Public Licence) o de uso Público como Mantis Bug Tracker y Selenium HQ, las

cuales pretenden crear un escenario de línea base que le permita al proyecto de Testing poder realizar comparativos de los diferentes escenarios de prueba que se obtendrán con la aplicación desarrollada por el Team (Equipo) del proyecto.



Figura 2. Logos del Software Mantis. Fuente: (<https://www.mantisbt.org>).

Una vez se tengan tanto la herramienta propia a la medida como la adquisición del software CASE y el permiso de uso de las aplicaciones con licencia GPL, se realizará la configuración de los equipos en el entorno de trabajo del laboratorio. El laboratorio consta de 20 Equipos de tipo Work Station con procesador Intel® Xeon® Quad Core Processor, 16GB Memory, 1TB Hard Drive, Tarjeta Video Nvidia 2GB. Monitor de 21". También se adquirió un servidor que permite la virtualización de los diferentes escenarios de pruebas en diferentes configuraciones de OS (Sistema Operativo) y Bases de datos. Este servidor contó con las siguientes características relevantes: procesador Intel® Xeon® E5-2620 v3 2,4 GHz, caché de 15 M, Memoria RDIMM de 16 GB, 2400 MT/s con clasificación doble ancho de datos con posibilidad de ampliar a 64 GB y 2 discos duros de conexión en caliente de 1TB 7200 RPM 6Gbps de 3.5" ampliable a 20 TB por medio de bahías de expansión. Estas especificaciones permitirán correr las diversas pruebas de diferentes productos de forma simultánea, para evitar tiempos de espera, o productos en cola con una configuración multi-hilo.

Para el laboratorio de pruebas de software, se adquirieron equipos con unas especificaciones técnicas que facilitarían la instalación de las aplica-

ciones de los aprendices y la realización de las pruebas, recordemos lo que nos dicen “Las interfaces gráficas (GUIs) representan un elemento fundamental y crítico de las aplicaciones de hoy en día, llegando a acaparar incluso hasta el 60% del código. Por lo tanto, probar la funcionalidad de las GUIs se presenta como una tarea imprescindible para asegurar la robustez, usabilidad y calidad del sistema” Luis, P., Navarro, M., Pérez, G. M., & Ruiz, D. S. (2009).

Se completaron los equipos con la adquisición de un servidor para poder atender a los diferentes ambientes de software, como: Windows con su servidor de http- servidor que permite publicar páginas web - internet information server - IIS, el motor de bases de datos SQL Server y el lenguaje de programación Visual Studio con C#; o Windows con el servidor de Http, con Apache Tomcat , el motor de bases de datos Mysql o Mariadb y el lenguaje de programación Java para web o PHP ; o Linux en alguna de sus distribuciones, ya sean Centos o Red Hat con el servidor de http con Apache o con Internet Information Server IIS para Linux , el motor de bases de datos Mysql, MariaDb o Postgres y con los lenguajes de programación PHP, Java web, Java escritorio y C#. Todo esto en ambientes virtuales dentro del mismo servidor.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información es actualmente un bien que debe ser cuidado y preservado, es valioso para las empresas y las aplicaciones que la manejan deben cumplir con unas propiedades que permitan a sus propietarios estar satisfechos con las mismas. Además, deben de cumplir con ciertas métricas que le permiten ser evaluado como software con o sin calidad, tales como: funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad, portabilidad y calidad en uso, como se menciona la norma ISO 9126 (UNE-ISO/IEC 9126-

1:2004). Como lo mencionan los autores en la siguiente cita: “La mejora continua en los procesos y productos de software es lo que se conoce como calidad total, que en gran parte es conseguida a través de la aplicación y evaluación de las métricas, y la realimentación del proceso productivo con estos resultados.” Piattini, M. G & García, F. O. (2003).

Ante esto surge y se establece como responsable de la validación y verificación de las diferentes aplicaciones de software las pruebas o testing de las mismas siendo una herramienta que debe ser efectiva, eficiente y el evaluador que los procesos implementados en una aplicación de software hacen lo que deberían hacer.

Permitir que los aprendices de la tecnología en análisis y desarrollo de sistemas de información den la importancia y reconozcan las responsabilidades, que como tester o probadores se tiene dentro del proceso de desarrollo de software, es uno de los objetivos del proyecto de testing en ambientes ágiles. Muchos desconocen o evitan asumir la tarea de testing dentro de los entornos ágiles, pero es ahí donde las pruebas de software toman una relevancia más alta, ya que en las historias de usuario -requisitos funcionales pero contados en palabras y necesidades del cliente - para efectuar una verificación efectiva de las mismas, se redactan los criterios de aceptación. Los criterios de aceptación, son para el tester o analista de pruebas, los casos de prueba a ser demostrados en la ejecución de la historia de usuario. Esto da pie, para hacer el paralelo entre lo que se considera la metodología tradicional para realizar pruebas de software y lo que se consideran las pruebas ágiles o testing ágil; con el inicio de la metodología tradicional o metodología RUP (El proceso racional unificado o en sus siglas en inglés Rational unified Process), que establece que todo proyecto de software debe trasegar las fases de

## [ sección ]

identificación de requisitos, análisis, diseño, desarrollo e implantación. Dentro de esta última, se sitúan las pruebas de software. El modelo establece que cada fase debe entregar unas evidencias o artefactos a la siguiente, y los responsables de cada fase asumen roles de acuerdo a las tareas asignadas dentro de la misma. El ciclo de vida más utilizado es el de cascada, que establece que una fase no puede empezar hasta que la otra no este correctamente terminada. Cabe resaltar que es justo en este punto donde Calidad de Software debe verificar que las evidencias se han cumplido y pueden ser el insumo para la siguiente fase.

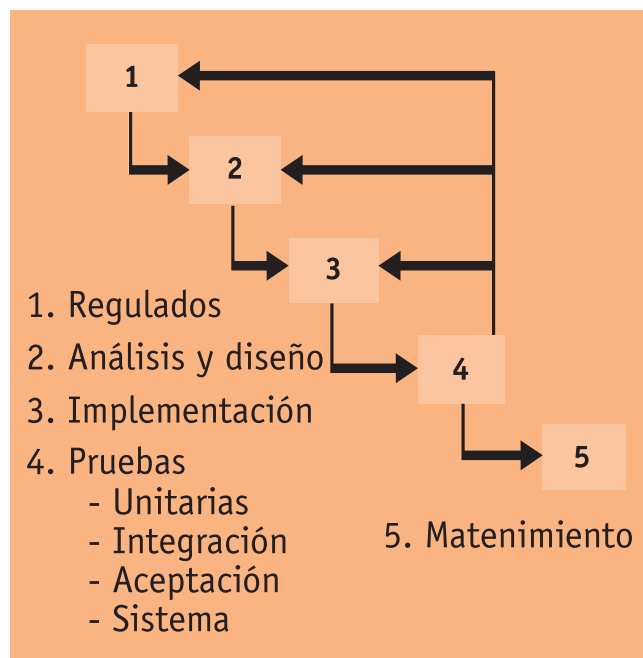


Figura 3: Figura del modelo RUP cascada.

Un ciclo de vida para los proyectos de software, que promueve las buenas prácticas de pruebas tradicionales, es el ciclo en V, donde las pruebas se realizan en cada fase, para no permitir que un error trascienda de una fase a otra; pero siguiendo los lineamientos de la metodología tradicional, donde las pruebas están en la fase de implantación. Al final del proceso de desarrollo, los errores han pasado de fase en fase y es responsabilidad del equipo de pruebas la calidad del producto. Entonces, al aplicar las buenas prácti-

cas de testing en la metodología tradicional; se encuentran pruebas unitarias o de componente, de integración, de sistema y de aceptación, como se aprecia en la Figura 4:



Figura 4. Ciclo de vida en V.

Las metodologías ágiles presentan las pruebas TDD- Desarrollo orientado a las pruebas o ATDD- Desarrollo orientado a los criterios de aceptación. Por parte del usuario han motivado la incorporación de las metodologías ágiles dentro de las empresas Se puede comprobar que cerca del 70% de las empresas ya están incorporando algunas prácticas ágiles en su proceso de desarrollo. Según estos autores, esto ha traído como consecuencia una mejora de la calidad de los productos entregados en casi un 70% de los proyectos, como puede verse en la Figura. 5. Yagüe, A., & Garbajosa, J. (2009).

El proyecto presentado a Sennova, "Aplicativo de testing para ambientes ágiles", incluye tres productos:

- Un laboratorio de pruebas de software.

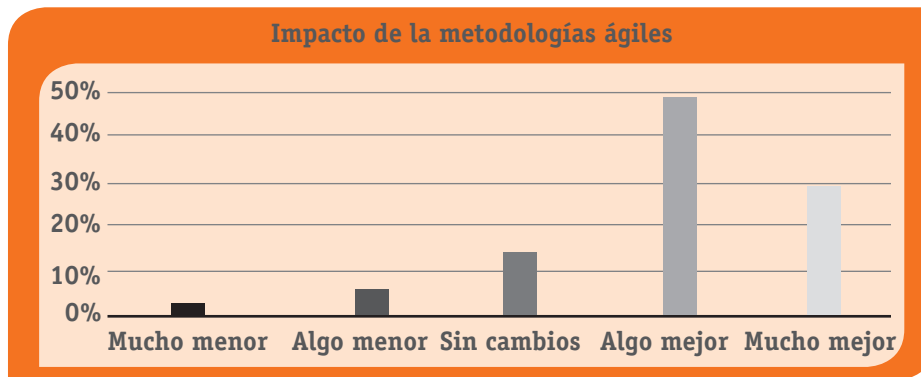


Figura 5. Impacto de las metodologías ágiles en la Calidad de Software: Yagüe, A., & Garbajosa, J. (2009).

- Un software especializado para ese laboratorio.
- Un software para el manejo de las pruebas.

La compra de un software especializado y la utilización de software para pruebas de software, como Testlink software, de uso gratuito que permite la creación y desarrollo del plan de pruebas con su cronogramas, sus casos de pruebas ya sea unitarias, de integración y de regresión; también Mantis que permite la comunicación entre el analista de pruebas y el desarrollador de la aplicación; otros software a ser trabajados y probados son X-qual (Manejo de planes de pruebas), Jmeter (Pruebas de performance o cuantas peticiones al mismo tiempo puede atender nuestro software web), Jira (Software que permite el manejo de proyectos en Scrum) , Selenium (Permite la automatización de pruebas ya sea por grabación de acciones dentro de una página web o dos con la ayuda de Junit, que permite una automatización con más variaciones y verificación de las especificaciones de las aplicaciones) , Watir (Software que se trabaja con el lenguaje de programación Ruby y que permite la automatización de pruebas, a través de grabar acciones y estas generan el código que puede ser modificado, de acuerdo a los criterios de aceptación de la historia de usuario de la aplicación) y otros software como Cucumber, AppIUM-Android, TestLodge, Sonarqube y muchos más que permiten la automatización de las pruebas de software.

Se desarrolló un software llamado Nival para el manejo de las pruebas, creado por aprendices SENA, un producto de la Fábrica de software para el semillero Merlín y un insumo, no sólo para el laboratorio de pruebas de software, sino también para el quehacer de los instructores SENA, que dan formación en pruebas de software, en sus respectivos centros de formación a nivel nacional. El proyecto Nival 2.0 es un gestor de casos de pruebas – GCP, que fue utilizado como proyecto de formación para la especialización tecnológica de pruebas de software. El proyecto de software Nival 2.0, es desarrollado bajo la arquitectura de software SOA (Aplicación Orientada a Servicios).



Figura 6. Inicio de sesión. Aplicativo Nival 2.0 Fuente: propia.

Figura 7. Módulo de Registro Plan de Pruebas, aplicativo NIVAL 2.0 Fuente: Propia.

La aplicación se desarrolló en el lenguaje de programación de C# con MVC 5, motor de bases de datos SQL Server.

El proyecto de “El aplicativo de Testing basado en modelos ágiles” da como resultado un laboratorio de pruebas, un aplicativo que permite hacer el seguimiento tanto a las pruebas tradicionales como a las pruebas ágiles y la compra de un software para la mejora del proceso de pruebas de software. Pero lo más importante, darles a los aprendices un espacio de trabajo con tecnología de punta que les permita probar sus aplicaciones y registrar el proceso para

mejorar el producto a los clientes

En la figura 8 se muestra el reporte de un Plan de pruebas realizado a un proyecto interno de la Fábrica de Software llamado GIDPI, en este resalta el detalle del informe por Roles, y atributos relevantes para el Jefe de Pruebas como lo son: Nombre del caso de prueba, Escenario de prueba, Resumen, Prueba realizada, Estado, Nombre del artefacto, Descripción, Resultado esperado y Resultado obtenido.

Figura 9. Estadísticas del Plan de Pruebas, aplicativo NIVAL 2.0 Fuente: Propia.

En la Figura 9 se puede observar la estadística del Plan de Prueba realizado para la aplicación GIDPI (<http://www.gidpi.com>) por parte de la aplicación NIVAL 2.0. En este se registran la cantidad de casos y la cantidad de evidencias recolectadas las cuales están asociadas a los criterios de aceptación. Otros aplicativos que han sido probados con la herramienta NIVAL 2.0, y que han sido desarrollados en la Fábrica de Software son: SAM (Soluciones ágiles en Mantenimiento), TruckCloud 2.0, y Calendar 365.

Para la Fábrica de Software del Centro de Servicios y Gestión Empresarial, el Laboratorio de Testing servirá como un ente externo a la Fábrica (de manera que no sea juez y parte) que permita que sus productos de software sean probados en un entorno especializado bajo unos protocolos establecidos y docu-

Reporte plan de prueba			
Plan	Fecha inicio	Fecha fin	Objetivo
Espacio para llenar	Espacio para llenar	Espacio para llenar	Espacio para llenar
Caso	Resumen	Prueba	Estados
Espacio para llenar	Espacio para llenar	Espacio para llenar	Espacio para llenar
Nombre de prueba		Escenario de prueba	
Espacio para llenar	Espacio para llenar	Espacio para llenar	Espacio para llenar
Resultdos Esperados		Resultados obtenidos	
Espacio para llenar	Espacio para llenar	Espacio para llenar	Espacio para llenar

Figura 8. Reporte Plan de Pruebas, aplicativo NIVAL 2.0 Fuente: Propia.

mentados de forma que faciliten el cumplimiento de los estándares de calidad que pide la industria del software, tales como Funcionalidad, Mantenibilidad, Confiabilidad, Usabilidad, Portabilidad y Eficiencia. La herramienta NIVAL 2.0 es un producto de esta Fábrica y aporta significativamente a la mejora en la calidad de los productos de software allí elaborados.

## IV. CONCLUSIONES

El laboratorio testing se hace necesario para realizar pruebas a las aplicaciones de los aprendices en etapa lectiva y a los proyectos realizados en la Fábrica de Software del Centro. La aplicación del software Nival 2.0 ayudará al laboratorio ya que en este software se podrán registrar las pruebas y tabular de forma clara sus resultados. Las pruebas de software para ambientes ágiles, pueden mejorar la calidad del software, ya que permiten la interacción del cliente con el desarrollo del software en los Sprint Review (reuniones convenidas entre 8 y 15 días donde el tester o probador con el cliente verifica el correcto funcionamiento de la historia de usuario desarrollado en este periodo).

Antes de poner en funcionamiento el laboratorio de pruebas, es necesario realizar una línea base con software de pruebas comercial (herramienta CASE) y software con licencias GPL (Generic Public Licence), las cuales deben ser aprobadas ante la oficina de Sistemas de la entidad para su uso en dicho ambiente, de forma que sirvan de comparativo y verificación de los resultados obtenidos con la herramienta hecha a la medida.

La industria actualmente requiere pruebas automatizadas que permitan ejecutar en menores tiempos grandes procesos sin sacrificar el valioso tiempo de analistas, probadores y desarrolladores. El laboratorio de pruebas apoyará el versionamiento de la herramienta Nival a un nivel 3.0 donde este tipo de pruebas puedan ser ejecutadas bajo estándares nacionales (Icontec) e

internacionales (ISO 25000).

## V. AGRADECIMIENTOS

A los aprendices de Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información: Jonathan Gil, Esteban Vergara y Daniel Agudelo, que han motivado el esfuerzo de presentar este proyecto y que, gracias a su determinación, pudo ser tomado en cuenta para convertirlo en una realidad. A todos los miembros del semillero MERLIN y el equipo SENNOVA del Centro, que han tenido fe en nuestro trabajo y han participado activamente en el cumplimiento de las actividades del proyecto.

## REFERENCIAS

S., Jairo, J., García, T., Pérez, Sánchez, E. (2013). Mejora de historias de usuario y casos de prueba de metodologías ágiles con base en TDD.

Journal Technology, 12, 82–104. Recuperado de: [http://issi.dsic.upv.es/archives/f-10\\_69167248521/actas.pdf%5Cnhttps://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3582.pdf](http://issi.dsic.upv.es/archives/f-10_69167248521/actas.pdf%5Cnhttps://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3582.pdf)

Engineering, C. (2007). Research Findings Impact of the Graduates from the Computer Engineering Program and of Their Perform.

Engineering, C. (2007). Research Findings Impact of the Graduates from the Computer Engineering Program and of Their Perform.

Engström, E., & Runeson, P. (2011).

Software product line testing - A systematic mapping study. Information and Software Technology, 53(1), 2–13.

<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.05.011>

Fernandez, A., Insfran, E., & Abrahão,

S. (2011). Usability evaluation methods for the web: A systematic mapping study. Information and Software Technology, 53(8),

789–817. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2011.02.007>

Fontela, M. C. (2011). Estado del arte y tendencias en Test-Driven Development. Tesis de posgrado. Universidad Nacional de La Plata, 1, Argentina. Recuperado de: [http://web.fi.uba.ar/~cfontela/Fontela\\_EstadoDelArteTDD\\_UNLP\\_EIS.pdf](http://web.fi.uba.ar/~cfontela/Fontela_EstadoDelArteTDD_UNLP_EIS.pdf)

Lovelle, J. (1999). Calidad del Software.

Conferencia, 21 de Octubre de 1999 Grupo GIDIS Universidad Nacional de La Pampa, 1–12. Recuperado de:

<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r35043>.

PDF

Luis, P., Navarro, M., Pérez, G. M., & Ruiz, D. S. (2009). Open HMI

Tester: un Framework Open-source para Herramientas de Pruebas de

Software 2 Arquitectura Open HMI Tester. Event London, 3(4), 61–66.

Peralta, A. (2005). Universidad ORT Uruguay. Recuperado de: [http://](http://www.ort.edu.uy/facs/pdf/documentodetrabajo18.pdf)

[www.ort.edu.uy/facs/pdf/documentodetrabajo18.pdf](http://www.ort.edu.uy/facs/pdf/documentodetrabajo18.pdf)

Schenone, M. H. (2004). Diseño de una Metodología Ágil de Desarrollo

de Software. Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería: Universidad de

Buenos Aires, Argentina. 1–199. Recuperado de:

[http://books.openlibra.com/pdf/disenometodologiaagilde-desarroll](http://books.openlibra.com/pdf/disenometodologiaagilde-desarrollo-software.pdf)

[o-software.pdf](http://books.openlibra.com/pdf/disenometodologiaagilde-desarroll)

Vaca, P., Maldonado, C., Inchaurredo, C., Peretti, J., Romero, M., &

Bueno, M. (2015). Test-Driven Development - Una aproximación para

entender su utilidad en el proceso de desarrollo de Software. Universidad

Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, 1–10. Recuperado de:

[http://conaiisi.frc.utn.edu.ar/PDFsParaPublicar/1/schedConfs/7/158-](http://conaiisi.frc.utn.edu.ar/PDFsParaPublicar/1/schedConfs/7/158-524-1-DR.pdf)

[524-1-DR.pdf](http://conaiisi.frc.utn.edu.ar/PDFsParaPublicar/1/schedConfs/7/158-524-1-DR.pdf)

UNE-ISO/IEC 9126-1:2004

Ingeniería del software. Calidad del producto software. Parte 1: Modelo de calidad 2004

([http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0032555#.Wf5\\_ZI\\_Wwy4](http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0032555#.Wf5_ZI_Wwy4))

Yagüe, A. (2009). Las pruebas en metodologías ágiles y convencionales: papeles diferentes, Actas de los Talleres de las Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos, 3(4), 67-73

# INMERSIÓN A LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE

POR:

ANA CECILIA HERNÁNDEZ ESCUDERO <sup>1</sup>

DORIS ELENA MONSALVE SOSSA <sup>2</sup>

DORIS LLANETT ORREGO MOSCOSO <sup>3</sup>

## | RESUMEN

La Inmersión a los estilos de aprendizaje es un proyecto, que busca definir estrategias que más se adapten a cada estilo, con el fin de que sirvan de insumo para la planeación del proceso formativo, en respuesta a la importancia que tiene para el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, contar con una herramienta que facilite la lectura de resultados confiables, a los que actualmente se obtienen con la aplicación del cuestionario de Excel, cuyo margen de error es alto, debido a su difícil interpretación por parte de los aprendices. De ahí que el desarrollo de un videojuego y un sistema de información, identificó mediante tareas interactivas, el proceso de conocimiento y los modos de aprender.

La apuesta metodológica que se siguió para desarrollar este videojuego con componentes de investigación, narrativa, diseño y animación, utilizó la plataforma Unity y delimitó como fin, el que el aprendiz mientras juega, se recree en una historia dentro de un mundo virtual y siga unas reglas, para alcanzar un resultado inmersivo: identificar su estilo de aprendizaje. Igualmente los datos adquiridos a través de este videojuego y del diseño de estrategias

metodológicas por estilo de aprendizaje, generarán una base de conocimiento, la cual se desarrollará en una fase dos.

Palabras claves: inmersión, estilos, videojuego, conocimiento, información.

Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, correo electrónico: [anaceciher@misena.edu.co](mailto:anaceciher@misena.edu.co)

Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, correo electrónico: [dmsossa@sena.edu.co](mailto:dmsossa@sena.edu.co)

Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, Centro de Servicios y Gestión Empresarial, correo electrónico: [cs.dorisorrego@gmail.com](mailto:cs.dorisorrego@gmail.com)

## I. INTRODUCCIÓN

La propuesta de identificar el estilo de aprendizaje de las personas que ingresan a los programas de formación del SENA, a través de una herramienta que resulte atractiva y confiable para dar cuenta de cómo accede una persona al conocimiento, surge a partir de la pregunta: ¿cómo crear un videojuego y un sistema de información, que permitan establecer de qué manera aprende un individuo? Con el apoyo de este recurso tecnológico, se busca definir las estrategias metodológicas que más se adapten a cada aprendiz, como insumo para que los instructores en los procesos de planeación y formación, fomenten el aprendizaje significativo; esta es la razón de ser de la presente investigación.

Los antecedentes de esta propuesta se remontan a la utilización por parte del SENA de diferentes cuestionarios, comúnmente descargados de internet, elaborados en hojas de Excel, como el conocido Test de Estilos de Aprendizaje (Profesor Kolb, n.d.), utilizado con mayor frecuencia en la Institución, cuya implementación en la fase de inducción, no ha dado los resultados esperados, debido al gran número de preguntas, a lo abstracto de las mismas, a los resultados finales emitidos y a su diseño y narrativa poco entretenidos para los usuarios; esta clase de instrumentos no logra cumplir a cabalidad con los objetivos del diagnóstico que se espera obtener antes de comenzar la etapa lectiva de la formación. Es por eso que se hace necesario pensar nuevas estrategias, que como un videojuego, susciten interés en los nuevos aprendices.

La importancia de pensar en un videojuego radica en que las nuevas generaciones pasan gran parte del tiempo involucradas en propuestas inmersivas, interactivas y divertidas (Sebastián & Martínez, s.f); se trata de un efecto o sensación de abstracción que produce el juego electrónico al estar conectado con la realidad virtual. De ahí su pertinencia a nivel técnico y lúdico, dado que estas aplicaciones resultan desde su

diseño y narrativa bastante entretenidas para los usuarios; así que la relevancia de la presente investigación, está en crear un videojuego y un sistema de información, que permitan identificar los estilos de aprendizaje, para definir a partir de allí, las estrategias metodológicas a la medida de cada aprendiz.

El término estilos de aprendizaje, se ha referido tradicionalmente a las formas de procesar el conocimiento una vez adquirido y se parte para ello de considerar, que cada persona tiene un modo individual de aprender, conocer, hacer y relacionarse, de acuerdo con sus características intelectuales, experiencias, entorno familiar, cultural y social, que le permiten vivir en sociedad y transformarla (Mejía & Grisales, 2012).

Al respecto, existen varios teóricos que han profundizado sobre el tema de los estilos de aprender; entre ellos están el Modelo de los Cuadrantes Cerebrales de Herrmann, 1998 (cortical izquierdo o experto, cortical izquierdo o estratega, límbico izquierdo u organizador y por último, límbico derecho o comunicador); el Modelo de las cinco dimensiones de Felder y Silverman, 1988 (sensitivos-intuitivos, visuales-verbales, inductivos-deductivos, secuenciales-globales y activos-reflexivos); el Modelo de Programación Neuro-lingüística de Bandler y Grinder (visual, auditivo y kinestésico), el Modelo de los Hemisferios Cerebrales (izquierdo o de manejo de los símbolos y derecho o manejo del espacio, la imaginación y la emoción) y el Modelo de las Inteligencias Múltiples de Gardner (lingüística, lógico matemática, corporal-kinésica, espacial, musical, interpersonal, intrapersonal, entre otras) (DGB/DCA, 2004).

Como puede observarse, la realización de esta investigación, implicó un rastreo documental sobre conceptos, definiciones e instrumentos de diferentes autores, para medir y conocer las tendencias de una persona en cuanto a estilos de aprendizaje, dentro de los cuales se destacan también: Coffield (1992), Alonso, Gallego & Honey (1994), Lozano (2000), Graff, Davies & McNorton (2000), Gardie (2000),

Ernest Frank III (2000), Chevrier, Fortin, LeBlanc & Théberge (2000b); Cristea & De Bra (2001), Solis & Severa (2003), Graff (2004), Coffield, Moseley, Hall, & Ecclestone (2004), Beca (2005), Figueroa, Cataldi, Méndez, Rendón, Costa, Salgueiro, & Lage (2005) y García Cu   (2006).

En este sentido, la investigación transita para su desarrollo por: 1) investigar los diferentes estilos de aprendizaje, para la definición de métodos desde lo conocido con el nombre de "jugabilidad"; 2) definir las estrategias pedagógicas, que puedan implementarse en la narrativa; 3) escribir los guiones correspondientes a la narrativa, de acuerdo con las necesidades pedagógicas y con el contenido a evaluar; 4) dise  nar los escenarios, personajes y objetos, que le darán forma; 5) animar personajes y objetos, para los diferentes escenarios; 6) desarrollar el videojuego con los insumos proporcionados en el proceso de investigación y dise  no; y 7) generar la base de conocimiento, que identifica las estrategias metodológicas de aprendizaje con los datos adquiridos por el videojuego.

## II. METODOLOGÍA

El desarrollo del videojuego fue dise  nado con estrategias basadas en métodos sustentados en la narrativa, en la cual cada jugador "pide un consejo" o "toma decisiones" para la realización de diferentes tareas de acuerdo con situaciones particulares que se le presenten. Desde la jugabilidad, se desarrolla la capacidad de recrear una historia a través de un mundo virtual, unos personajes, una emisión de sensaciones y unas reglas con base en opciones. González, Padilla, Gutiérrez & Cabrera, plantean que "est   sobradamente demostrado que los juegos pueden ayudar a desarrollar cualidades o habilidades psicológicas, cognitivas, físicas y sociales, por lo que se han incorporado poco a poco a las aulas como complementos curriculares y mediadores del proceso de aprendizaje" (González, Padilla, Gutiérrez & Cabrera, s.f, p. 1). De ahí, el interés por pensar en

los videojuegos, como estrategia para identificar los estilos de aprendizaje, debido a la necesidad de reconocerlos durante la formación.

Volviendo a los métodos de los que se habla al inicio del párrafo anterior, en el primero, identificado como "pedir consejo", el jugador tiene que conseguir tres objetos para resolver la tarea y cada objeto lo obtendrá de un personaje, que al tiempo que le entrega el objeto le pide un consejo.

En el segundo método, identificado como tomar una decisión de acuerdo con la situación, el jugador se va adentrando según la determinación tomada, en un escenario donde la solución al problema cambia drásticamente con un fin: identificar inmersivamente el estilo de aprendizaje del jugador.

La Inmersión corresponde a la producción de un efecto o sensación de abstracción, que se logra en la medida en que la persona se sumerge en el videojuego, asume el rol de jugador y se conecta con la realidad virtual en la que ejecuta unas acciones y vivencia unas reacciones; el jugador relaciona sus experiencias y conocimientos con las que le presenta el juego. Con el videojuego se espera que la persona se abstraiga en la temática recreada a través del videojuego, identifique su acceso al conocimiento y al aprendizaje, pero no necesariamente se d   cuenta de que se le está valorando.

Adicional a los métodos, el videojuego se compone de guiones en correspondencia con la narrativa del mismo, con las necesidades pedagógicas y con la narrativa a evaluar; también tiene los siguientes intereses: visibilizar la cultura SENA, representar la multiculturalidad del país, pero sobre todo, fortalecer el valor que tiene el impacto positivo y social de la formación, en relación con la capacidad que logra un aprendiz para resolver problemas en un contexto determinado. Con este fin, el videojuego permite que el jugador conozca su estilo de aprendizaje predominante, además le ofrece una experiencia inmersiva donde lo convierte en protagonista, pues



Figura 1. Tablero de tareas (fuente propia).

debe llegar a la alcaldía del municipio Senatrópolis, para realizar su etapa práctica y así culminar su formación, como “Alcalde encargado”. Bajo esta figura debe realizar diferentes tareas en beneficio de la comunidad; son estas elecciones y acciones la base que se tiene, para identificar el estilo de aprendizaje predominante (ver figura 1).

Dichas elecciones y acciones permiten que el jugador, una vez consigue los tres objetos anotados en páginas anteriores, tenga la opción de jugar un minijuego que aumenta la calidad de vida de los habitantes y al terminar todas las tareas recibe un homenaje cuya magnitud depende del puntaje global obtenido; el reconocimiento por parte de la comunidad puede tomar la forma de: una placa, un busto o una escultura en su honor, en medio de un ambiente con música, pancartas, entre otros elementos; después del cumplido recibido, observa las fotos de su ceremonia de certificación, al tiempo que recibe un mensaje que da cuenta de la importancia que tiene su formación en el SENA y el impacto que adquiere su compromiso laboral, para la comunidad y el país; finalmente, accede a un informe personal sobre su estilo de aprendizaje predominante. De esta



Figura 2. Minijuegos (fuente propia).

manera, el diseño de los escenarios, personajes y objetos dan forma al videojuego (ver figura 2).

## 1. Escenarios

La historia del videojuego se desarrolla en tiempo presente, en un municipio llamado “Senatrópolis”,



Figura 3. Senatrópolis (fuente propia).

definido en forma de isla (ver figura 3) , dentro de la cual se representa a Colombia, en cuanto a su cultura, costumbres y paisajes; sin embargo, no se hace alusiones a la historia, ni a los conflictos del país o de las regiones.

En “Senatrópolis”, todos sus habitantes se conocen, no tienen problemas de delincuencia o de orden público, pero sí tienen otro tipo de situaciones, que el jugador debe ayudar a resolver.

## 2. Descripción de los personajes:

El diseño de los personajes, hace parte de los elementos que apoyan las experiencias del jugador, entre estos el videojuego cuenta con:



Figura 4. Personajes (fuente propia).

El Aprendiz: es el personaje controlado por el jugador, quien puede escoger su nombre y apariencia.

Doña Guillermina: es una adulta mayor, de baja estatura y carácter maternal, es quien alienta al aprendiz para que cumpla con todas sus tareas.

El alcalde: es un hombre alto y de complexión fuerte, es muy seguro de sí mismo.

Don Antonio: es muy amable, religioso y trabajador (Ver figura 4)

## 3. Objetos de los minijuegos

Son otros elementos que apoyan las experiencias del jugador; ellos están asociados a las tareas y a las mecánicas del juego. El videojuego cuenta con los siguientes objetos: madera, malla, clavos y martillo; semillas, azadón y abono; cuneta, tuberías y depósito con filtro, pintura, repuestos mecánicos, llantas y finalmente radio, bengala y cesta.

Los objetos apoyan al participante en la resolución de una tarea, que es descrita a través de un minijuego, la que a su vez requiere de unas mecánicas de juego, para obtener los resultados esperados (ver tabla 1).

**Tabla 1.**  
Los objetos y su asociación con las tareas y mecánicas

Tarea	Objetos asociados	Descripción del mini juego asociado	Mecánicas
Construir el corral de gallinas de don Antonio.	Madera, malla, clavos y martillo.	Atrapar las gallinas	Presionar Arrastrar Colocar
Sembrar huerta comunitaria.	Semillas, azadón y abono.	Sembrar y cultivar, al tiempo que se aíslan los animales	Arrastrar Colocar
Construir un sistema de recolección de aguas	Cuneta, tuberías y depósito con filtro.	Ensamblar el acueducto y sortear situaciones	Arrastrar Colocar Ensamblar
Reparar red eléctrica del municipio	Mapa, moto, chiva, canoa, motosierra, cable aéreo.	Desbloquear bocatoma, para que el agua entre a las turbinas de la Mini Central	Buscar Colocar Arrastrar Conducir
Transportar los niños a la escuela para incrementar la tasa de escolaridad del municipio transporte	Pintura, repuestos mecánicos y llantas.	Conducir el transporte escolar y recoger a los niños en un tiempo predeterminado.	Conducir
Recibir donación para el hospital sorteando situaciones	Radio, bengala y cesta.	Recibir la donación en condiciones adversas	Caminar Atrapar

## 4. Animación de los personajes y objetos

Dentro de los diferentes mundos del videojuego se da cuenta de distintos tipos de animaciones, que dependen de los escenarios; unas corresponden a la unidad narrativa y otras son reacciones a acciones que realiza el jugador. Conciernen a la: cinemática

inicial, cinemática de introducción a cada tarea y cinemática final. La primera contextualiza todo el videojuego, presenta el universo, los personajes y los objetivos del jugador. La segunda explica el objetivo de cada una de ellas y su metodología. La tercera concluye la historia, se premia al jugador y se le muestra su informe personal de estilo de aprendizaje.

## 5. Descripción de las animaciones de acción – reacción

Estas animaciones se producen cuando el jugador interactúa con un objeto a través de las mecánicas o acciones y ese objeto debe reaccionar.

El jugador puede realizar las siguientes acciones durante los diferentes minijuegos y tareas: caminar en varias direcciones, recoger objetos, seleccionar opciones de decisión, presionar un botón del menú, colocar o mover objetos o piezas en determinadas lugares, conducir un vehículo u otro transporte, atrapar objetos, y ensamblar: el jugador, por medio de otras mecánicas (como recoger objetos y atrapar) podrá armar, o ensamblar cosas.

### III. RESULTADOS

La Inmersión a los estilos de aprendizaje, corresponde a la apuesta por producir un efecto o sensación de abstracción en el aprendiz, el cual se logra en la medida en que este se sumerge en el videojuego, asume el papel de jugador y se conecta con la realidad virtual en la que ejecuta unas acciones y vivencia unas reacciones; mientras juega identifica su proceso de conocimiento y los modos en que aprende, conocidos como estilos de aprendizaje, pero este resultado se logra sin que necesariamente se percate de que se le está evaluando.

Un rastreo bibliográfico muestra que, según Alonso, Gallego & Honey (1994), los estilos de aprendizaje son útiles para clasificar y analizar los comportamientos por cuanto se infieren de la forma en que actúan las personas.

Por su parte, García Cué (2006) define los estilos de aprendizaje como un conjunto de aptitudes, gustos, deseos, tendencias y comportamientos que tiene un individuo y que se expresan a través de un patrón conductual y de distintas competencias, que lo diferencian de las demás personas bajo una sola etiqueta que le da su estilo de vida.



Figura 5. Cuadrantes de estilos de aprendizaje (fuente: Kolb, 1984).

El estilo de aprendizaje es “un conjunto de preferencias, tendencias y disposiciones que tiene una persona para hacer algo y que se manifiesta a través de un patrón conductual y de distintas fortalezas que lo hacen distinguirse de los demás” (Lozano, 2000, p. 17).

De otro lado, los estilos de aprendizaje, según David Kolb, 1984, distinguen dos dimensiones para el recorrido del ciclo del aprendizaje: la percepción y el procesamiento de la información; la primera se refiere a la aprehensión y comprensión del conocimiento y la segunda hace alusión a la intención y transformación del mismo. La primera se realiza mediante la experiencia concreta o la conceptualización abstracta de los hechos o acontecimientos, mientras la segunda se ejecuta mediante la experimentación activa o la observación reflexiva (Kolb, 1984).

Kolb propone tipos y estilos de aprendizaje, basándose en las propuestas de Dewey, Lewin y Piaget. Entre los tipos, diferencia el activo, el reflexivo, el pragmático o concreto y el teórico o abstracto. Desde esta perspectiva, define que una persona puede poseer alguno de los siguientes estilos de aprendizaje: acomodador, divergente, convergente asimilador. Si es convergente fluctúa entre la conceptualización abstracta y la experimentación activa; si es divergente se mueve entre la experiencia concreta

y la observación reflexiva; si es asimilador se encuentra entre la conceptualización abstracta y la observación reflexiva; por último, si es acomodador oscila entre la experiencia concreta y la experiencia activa. El autor en mención, plantea que de acuerdo con la necesidad que la persona tenga de aprender, ella misma programa su manera de hacerlo y define o se mueve entre el ciclo de las dimensiones antes mencionadas como percepción y transformación (Kolb, 1984) (ver figura 5).

Como puede inferirse, la necesidad del sujeto que aprende es lo que lleva a pensar en el diseño de las estrategias metodológicas por estilo de aprendizaje, que cuando dependen del sujeto que enseña, este no puede desconocer a quién va dirigida la acción de transformación, así que el diseño de estas estrategias depende del estilo de aprendizaje y está determinado por tareas propuestas para que el aprendiz las realice de manera activa. Desde el videojuego, el diseño de las estrategias para la identificación de los estilos de aprendizaje implementadas en su narrativa, está determinado por tareas propuestas para que el jugador las realice mediante la acción de “pedir consejo” o tomar una decisión.

El diseño de estas estrategias, se convierte en el insumo de la planeación pedagógica del sujeto que enseña, en este caso el instructor SENA, que a través de ellas apoya al aprendiz en el aprovechamiento y mejora de su estilo de aprendizaje en relación con la solución de problemas, la generación de ideas, la innovación y la creatividad.

Esta es una apuesta diferente a la generación de un registro diagnóstico de los estilos de aprendizaje, que conciba la formación de manera transversal a través de la lectura de resultados confiables realizada una vez culmine el juego, mediante el sistema de información que arroja el estilo de aprendizaje predominante, con base en las decisiones tomadas

por el jugador, en este caso el aprendiz.

Estos insumos proporcionados en el proceso de investigación y diseño de los personajes, los objetos, los escenarios, las mecánicas de juego, las premiaciones y los guiones para dichos elementos, permitieron proceder al desarrollo como tal del videojuego, el cual requirió de un entorno de programación y diseño (Unity) y un lenguaje de programación (C#). Esta interacción de entorno y lenguaje es el que le ha dado vida al videojuego.

El videojuego culmina en la identificación del estilo de aprendizaje predominante del jugador, para dar paso a otra etapa de la investigación que tiene que ver con la generación de la base de conocimiento, la cual espera definir de acuerdo con los datos adquiridos por el videojuego, las estrategias metodológicas de aprendizaje. A partir de esta información la base de conocimiento se alimentará por medio de un lenguaje de programación subyacente en el juego, el cual traduce dichas acciones o decisiones en valores cuantitativos, que pueden ser sujeto de análisis estadístico, para la determinación del estilo de aprendizaje predominante y la recomendación de las actividades didácticas para el mismo. Esto es lo que se conoce como sistema de información.

## IV CONCLUSIONES

La Inmersión a los estilos de aprendizaje tiene como fines superar las tradicionales formas de indagar y conocer los estilos de aprendizaje de quienes se matriculan en programas SENA. Ello implica trasladar los lenguajes, dando forma a historias que buscan lo mismo, pero de manera diferente: inmersiva.

Esta investigación ha privilegiado el modelo de David Kolb o del aprendizaje experiencial 1984, que distingue tipos y estilos de aprendizaje. Los tipos son el activo, el reflexivo, el pragmático o concreto y el teórico o abstracto. Los estilos de aprendizaje,

son: o acomodador, o divergente, o convergente o asimilador. En torno a estos elementos se recrea el videojuego.

Los métodos definidos, tienen como fin identificar los estilos de aprendizaje desde la jugabilidad, que se convierte en la capacidad de recrear la historia a través de un mundo virtual, de unos personajes, de una emisión de sensaciones y de unas reglas.

El diseño de las estrategias, para la identificación de los estilos de aprendizaje implementadas en la narrativa del videojuego, está determinado por tareas propuestas para que el jugador las realice a partir de “pedir consejo” o tomar una decisión.

El diseño de los guiones tiene que ver además que con la narrativa a evaluar, con visibilizar la cultura SENA, representar la multiculturalidad del país y fortalecer el valor del impacto positivo y social de la formación SENA.

Los escenarios, los personajes y los objetos dan forma al videojuego. Su historia se desarrolla en un municipio llamado “Senatrópolis”, escenario que representa a Colombia, en cuanto a su cultura, costumbres y paisajes. El diseño de los personajes hace parte de los elementos que apoyan las experiencias del jugador, entre estos se encuentra el aprendiz, que es el personaje controlado por el jugador. Los objetos apoyan al jugador en la resolución de una tarea, que es descrita a través de un minijuego, la que a su vez requiere de unas mecánicas de juego, que sirven al jugador.

Por último, dentro de los diferentes mundos del videojuego se da cuenta de los diferentes tipos de animaciones, que dependen de los escenarios; unas corresponden a la unidad narrativa y otras son reacciones a acciones que realiza el jugador.

## V.REFERENCIAS

Alonso, C.; Gallego D.; Honey, P. (1994). Los Estilos de Aprendizaje: Procedimientos de diagnóstico y mejora. Bilbao: Ediciones Mensajero

Bandler, R. y Grinder, J. (1988) Use su cabeza para variar. Cuatro vientos, Santiago de Chile. Seminario dictado por el autor en el que enseña diferentes y eficaces técnicas de Programación Neurolingüística (PNL). Recuperado de: [http://www2.uned.es/revistaestilosdeaprendizaje/numero\\_12/articulos/articulo\\_10.pdf](http://www2.uned.es/revistaestilosdeaprendizaje/numero_12/articulos/articulo_10.pdf)

Beca (2005). Learning styles– an introduction to the research literature. [En <http://www.becta.org.uk/industry/advice/advice.cfm?section=2&id=4649>

Chevrier, J., Fortin, G., LeBlanc R., Théberge M. (2000b). Le style d'apprentissage : une perspective historique. Le style d'apprentissage. Éducation et francophonie, XXVIII(1), printemps-été 2000. Recuperado de: <http://www.acelf.ca/c/revue/revuehtml/28-1/02-chevrier.html>

Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., Ecclestone, K. (2004). Learning styles and pedagogy in post-16 learning. A systematic and critical review. Document in Learning Skills Development Agency. LSDA, PP182. Recuperado de: <http://skills.nl/lerenlerennu/bronnen/Learning%20styles%20by%20Coffield%20e.a..pdf>

Cristea, A. & De Bra, P. (2001). ODL Education Environments based on Adaptivity and Adaptability. Technische Universiteit Eindhoven. The Netherlands. En <http://wwwis.win.tue.nl/~acristea/HTML/Minerva/papers/E-Learn02-cristea-debra.rtf>

DGB/DCA (12-2004). Manual de estilos de aprendizaje. Recuperado de [http://biblioteca.ucv.cl/site/colecciones/manuales\\_u/Manual\\_Estilos\\_de\\_Aprendizaje\\_2004.pdf](http://biblioteca.ucv.cl/site/colecciones/manuales_u/Manual_Estilos_de_Aprendizaje_2004.pdf)

Ernest, F. (2000). The effect of individual difference variables, learning environment, and cognitive task on statistical learning performance. Recuperado de [http://kitkat.wvu.edu:8080/files/1383/Frank\\_E\\_dissertation.pdf](http://kitkat.wvu.edu:8080/files/1383/Frank_E_dissertation.pdf)

Felder, R. M., y Silverman, L. K. (1988). Estilos de aprendizaje y de enseñanza en la educación de ingeniería Ing. Educación, 78 (7), 674-681 Recuperado de: <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/LS-1988.pdf>.

Figueroa, N. Cataldi, Z., Méndez, P., Rendón, Z., Costa, G., Salgueiro, F., & Lage, F. (2005). Los Estilos de Aprendizaje y el desgranamiento Universitario en carreras de Informática. LIEMA. JEITICS 2005 - Primeras Jornadas de Educación en Informática y TICS en Argentina. Recuperado de <http://cs.uns.edu.ar/jeitics2005/Trabajos/pdf/03.pdf> el 15/07/2009]

García Cué, J. L. (2006). Los Estilos de Aprendizaje y las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la Formación del Profesorado. (Tesis Doctoral, Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia).

Gardie, O. (2000). Determinación del perfil de Estilos de Pensamiento y análisis de sus posibles implicaciones en el desempeño de profesionales universitarios venezolanos. Estudios Pedagógicos, (26), 25-38. ISSN 0718-0705. Recuperado de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07052000000100002](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052000000100002)

Gardner, H. (1995). Inteligencias múltiples: La teoría en la práctica. Barcelona, España: Paidós

González Sánchez, J. L., Padilla Zea, N., Gutiérrez, F. L., Cabrera M. J. (s.f.). De la Usabilidad a la Jugabilidad: Diseño de Videojuegos Centrado en el Jugador. Laboratorio de Investigación en Videojuegos y E-Learning (LIVE) - GEDES. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Universidad de Granada. E-18071, España. Recuperado de <http://lsi.ugr.es/juegos/articulos/interaccion08-jugabilidad.pdf>

Graff, M., Davies, J., McNorton, M. (2000). Cognitive Style and Cross Cultural Differences in Internet. Use and computer attitudes. European Journal of Open, Distance and e-learning. Recuperado de [http://www.eurodl.org/materials/contrib/2004/Graff\\_Davies\\_McNorton.html#2](http://www.eurodl.org/materials/contrib/2004/Graff_Davies_McNorton.html#2)

Herrmann, N. (1998) The Theory Behind the HBDI and Whole Brain Technology. The HBDI Accreditation Process. Herrmann International. Recuperado de: <http://www.hbdi.com/>

Kolb, D. (n.d.). Test de estilos de Aprendizaje, 1-2. Recuperado de: <https://goo.gl/1BSvrw>

Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning. Experience as the source of learning and Development*. Englewood Cliffs, Nueva Jersey: Prentice Hall PTR. Recuperado de [academic.regis.edu/ed205/kolb.pdf](http://academic.regis.edu/ed205/kolb.pdf)

Lozano, A. (2000). *Estilos de Aprendizaje y Enseñanza. Un panorama de la estilística educativa*. ITESM Universidad Virtual - ILCE. México: Trillas.

Mejía C. P. & Grisales J. A. (2012). Los estilos de aprendizaje y el tiempo empleado por el maestro dentro del aula de clase en la conducta del niño de preescolar y básica primaria de la Escuela Normal Superior Rebeca Sierra Cardona. En *El Saber pedagógico y la formación de maestros*. Recuperado de [http://www.ucm.edu.co/wp-content/uploads/docs/COMPILACION\\_CONGRESO.pdf](http://www.ucm.edu.co/wp-content/uploads/docs/COMPILACION_CONGRESO.pdf)

Sebastián, A., & Martínez, Gema. (s.f). La influencia de las nuevas tecnologías: videojuegos, redes sociales e internet, en los consumidores seniors en España. Universidad de Valladolid (Campus de Segovia) y Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de <file:///C:/Users/hp/Downloads/Dialnet-LaInfluenciaDeLasNuevasTecnologiasVideojuegosRedes-4249417.pdf>

Solis, P., & Severa, M. (2003). Los efectos del modelo probabilístico sobre el estilo cognitivo, reflexividad-impulsividad. *Revista Psicothema* 15(4), 545-549. ISSN 0214 - 9915 CODEN PSOTEG. Recuperado de <http://www.psicothema.com/pdf/1105.pdf>

# GENERADOR DE 4 A 20 mA PARA VERIFICACIÓN DE VÁLVULAS DE CONTROL EN PROCESOS INDUSTRIALES

POR:

LUIS CARLOS MARROQUÍN CASTILLA<sup>1</sup>

RAÚL TEHERÁN MANJARREZ<sup>2</sup>

JEAN CARLOS RUBIO PÁEZ<sup>3</sup>

## | RESUMEN

El generador de lazo de 4 a 20 mA es una herramienta utilizada para verificar el comportamiento de las válvulas de control en procesos industriales, mejorando el rendimiento de la planta y su rentabilidad. Este proyecto tiene por objetivo diseñar e implementar un prototipo generador de lazo para verificar el funcionamiento de las válvulas de control. Este estudio fue realizado en tres etapas: caracterización de válvulas, diseño e implementación del prototipo y pruebas de funcionamiento. El prototipo permite variar y visualizar la señal de 4 a 20 mA a través de dispositivos electrónicos, permitiendo realizar pruebas de lazo abierto a las válvulas de control con el fin de determinar sus curvas de comportamiento y poder realizar acciones de mejora que incrementen el desempeño de los procesos industriales. Este prototipo ayuda a diagnosticar el estado de la válvula de control mediante la realización de la prueba de lazo, permitiendo establecer el comportamiento real de la válvula y tomar acciones para mantener o mejorar su eficiencia. A su vez, contribuye a la optimización de la Planta Didáctica de Instrumentación y Control de Procesos Industriales en el Centro para la Industria Petroquímica, SENA-Regional Bolívar.

Palabras claves: lazo de control, trazabilidad, válvulas de control, 4 a 20 mA.

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Procesos de la Industria Petroquímica GIPIQ, lmarroquin@sena.edu.co

<sup>2</sup>Centro Para la Industria Petroquímica, rtmanjarrez@hotmail.com

<sup>3</sup>Centro Para la Industria Petroquímica, jancarlos.rubio@gmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

Dentro de las actividades de mantenimiento que se desarrollan en el sector industrial local relacionadas con instrumentación industrial y electrónica se encuentra la verificación de los elementos que hacen parte de los diferentes lazos de control presentes en los procesos industriales. Esta actividad contribuye a disminuir la frecuencia de fallos en los instrumentos de campo como transmisores, interruptores, elementos primarios, controladores, elementos finales de control, entre otros. Dentro de este último grupo se encuentran las válvulas de control, elementos muy utilizados en la mayoría de los procesos industriales debido a la relación costo/beneficio que se obtiene al implementar lazos de control con este tipo de instrumentos. De ahí la importancia de una buena estrategia de mantenimiento en las válvulas de control de procesos, la cual empieza con la inspección y verificación del instrumento de campo.

En los procesos industriales es una prioridad mantener el valor de la variable de proceso (en adelante PV) dentro de los valores sintonizados para realizar el lazo de control y de esta manera garantizar calidad al cliente final sobre el resultado de dicho proceso. Es por ello que las válvulas de control juegan un papel determinante a la hora de llevar a cabo esta labor. Una válvula de control es instrumento de campo que tiene como función primordial modificar su apertura a través de un elemento denominado actuador, y de esta manera logra mantener el valor de la PV dentro del margen de valores permitidos para dicho lazo de control. La figura 1 muestra un tipo de válvula de control empleado en diferentes procesos industriales.

Para que la válvula de control pueda llevar a cabo su función es necesaria el uso de un elemento capaz de tomar la señal del controlador de proceso y convertirla en desplazamiento de la válvula. Dicho dispositivo es el posicionador. Este elemento se



Fig. 1. Válvula de control tipo bola. Adaptado de Fisher Controls, 2005.

puede clasificar en tres configuraciones: posicionador neumático (utiliza señal de 3 a 15 psi), posicionador análogo con convertidor de corriente a presión, comúnmente llamado convertidor I/P (utiliza señal de 4 a 20 mA), y posicionador digital. Para este caso se hará referencia al posicionador con convertidor I/P, como lo muestra la figura



Fig. 2. Válvula de compuerta y posicionador con convertidor I/P. Adaptado de <http://www.puffer.com/products/control-valves-regulators/>. 2017

## II. METODOLOGÍA

Este proyecto fue realizado en tres etapas: caracterización del posicionador de la válvula de control, diseño e implementación del prototipo, y pruebas de funcionamiento. El tipo de investigación usado es investigación aplicada. A continuación, se explica en detalle cada uno de los aspectos antes mencionados.

### 1. Caracterización del posicionador de la válvula de control

El convertidor I/P funciona de la siguiente manera: el controlador de proceso compara la señal proveniente de la PV con su valor de referencia o set-point, toma una decisión y envía una señal eléctrica de 4 a 20 mA DC hacia el posicionador de la válvula. Dicho posicionador tiene en su interior el convertidor I/P, quien toma dicha señal de corriente y permite el paso de una cantidad de presión proporcional hacia el actuador. Esto lo hace mediante la ecuación que modela su comportamiento, denominada Ecuación de Linealidad. Para el caso de un convertidor I/P cuya entrada es la señal de 4 a 20 mA y la señal de salida es de 3 a 15 psi, la ecuación (1) plantea el comportamiento del convertidor I/P.

Cuando el controlador envía una señal de 4mA hacia la válvula, el convertidor I/P la traduce en una señal equivalente a 3psi. Si la señal enviada es 20mA, la señal de salida es 15psi.

$$\text{out}(\text{psi}) = 0.75 * (\text{valor\_corriente\_mA})$$

Esta proporción se debe mantener en todo el campo de medida del posicionador, garantizando un comportamiento lineal en la apertura y cierre de la válvula. Con el uso continuo de la válvula puede ocurrir que los valores provenientes del convertidor I/P difieran del recorrido real del elemento final de control, motivo por el cual se requiere de actividades de mantenimiento preventivo y predictivo que verifiquen su estado con el fin de evitar fallos en el lazo de control y pérdidas de calidad en el resultado final del proceso. Uno de los equipos que permite realizar pruebas de histéresis y verificación de la trazabilidad a las válvulas de control es el generador de lazo (en inglés Loop Calibrator). Este equipo es capaz de generar una señal análoga que varía entre 4 y 20 mA, utilizando una fuente de 24V DC. Al inyectar la señal de corriente al posicionador de la válvula, simula el efecto de la señal proveniente del controlador de proceso, permitiendo inspeccionar el funcionamiento del posicionador, del actuador y por supuesto, la apertura y cierre de la válvula. La figura 3 muestra un generador de lazo conectado a una válvula de control.

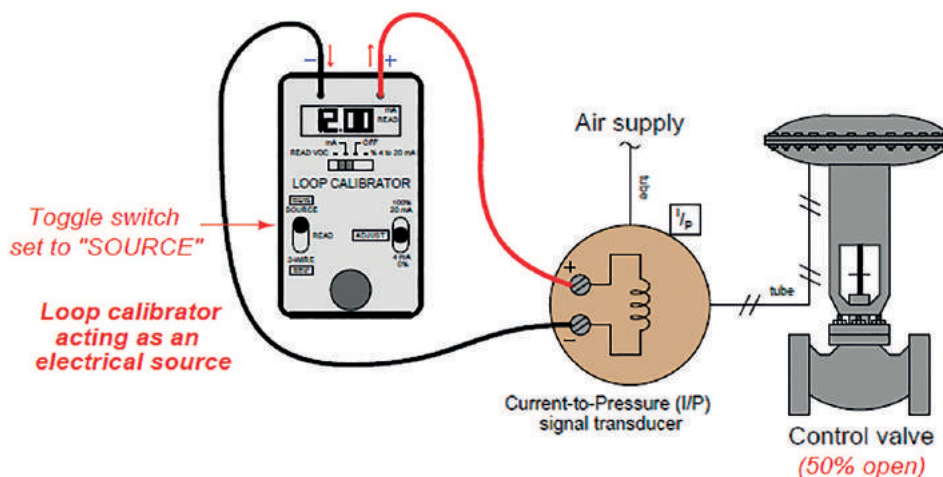


Fig. 3. Generador de lazo y válvula con posicionador I/P. Adaptado de <http://www.allinstrumentation.com>, 2017.

Se puede conseguir un calibrador de lazo entre US \$200.00 hasta US \$3,495.00 (datos tomados de Amazon y Ebay en agosto de 2017) y depende de cada usuario la selección de aquel que mejor se acomode a las actividades de mantenimiento que se realiza a los instrumentos de campo presentes en los procesos industriales.

La figura 4 muestra el generador de lazo utilizado en las prácticas de mantenimiento e inspección de instrumentos de campo con los aprendices del Centro para la Industria Petroquímica (en adelante CIP) del área de electrónica e instrumentación industrial.



Fig. 4. Generador de lazo Fluke 707. Adaptado de Centro Para la Industria Petroquímica, 2017. Las características principales del generador de lazo Fluke 707 son las siguientes

- Interfaz de usuario de una sola mano con mando giratorio “Quick Click”
- Generación, simulación y medición de mA
- Precisión del 0,015% y resolución de 0,001 mA
- Presentación simultánea de mA y porcentaje
- Lecturas seleccionables de incrementos o rampa
- Alimentación de lazo de 24 V con medición mA, incluyendo el resistor HART de 250  $\Omega$
- Medición de 0-28 V DC para comprobar la tensión de lazo.
- Fácil cambio de las baterías sin necesidad de abrir la carcasa.
- Carcasa compacta con funda protectora extraíble.
- Tres años de garantía.

Teniendo en cuenta la cantidad de aprendices que reciben formación en el CIP en referencia a la parte de mantenimiento de instrumentos de campo, tener un solo equipo limita las actividades de aprendizaje. Es por ello que se requieren más equipos con las mismas características sin afectar la relación costo/beneficio.

## 2. Diseño e Implementación del prototipo

Para dar solución a la problemática antes mencionada se determina que una de las posibles soluciones es la realización de un generador de lazo de 4 a 20 mA DC, en donde los aprendices apliquen las competencias adquiridas en la parte de electrónica, microcontroladores e instrumentación industrial. Dentro de las condiciones establecidas para llevar a cabo el desarrollo e implementación del prototipo se mencionan las siguientes:

- Fácil interacción con el usuario.
- Construcción a bajo costo.
- Capacidad de ser escalable.
- Garantizar precisión y resolución cercana a los equipos certificados.
- Eficiencia Energética.

Con base en lo anterior, se estructura el diseño del generador de lazo como lo muestra la figura 5. El prototipo inicia con un sistema de alimentación conformado por una fuente de 24V DC. Seguido a esto se encuentra el generador de corriente DC. Éste tiene un campo de medida de 0mA a 20 mA, el cual envía un rango de voltaje entre 0V a 5V hacia el conversor análogo digital (ADC) del microcontrolador seleccionado, que para este caso es el 16f877A de Microchip; se convierte entonces el valor de voltaje recibido desde el generador de lazo en su equivalente en bits para ser interpretado y utilizado por dicho microcontrolador, y realizar las funciones de

visualización en un display tipo LCD. Para llevar a cabo este proceso se debe tener en cuenta la ecuación (2) que determina la relación entre voltaje y resolución del ADC de 10 bits, la cual se obtiene a través del siguiente procedimiento, partiendo del valor de la válvula al 50% de apertura ( $V_{ref}=3V$  e  $I_{ref}=12mA$ ).

$$factor\_escalización = \frac{V_{ref} * 2^{10}}{5V}$$

$$factor\_escalización = \frac{3V * 1024}{5v} = 614.4$$

$$Salida\_Generador = \frac{I_{ref} * valor\_ADC}{factor\_escalización}$$

$$Salida\_Generador = \frac{12mA * valor\_ADC}{614.4}$$

$$Salida\_Generador = 0.01953mA * valor\_ADC \quad (2)$$

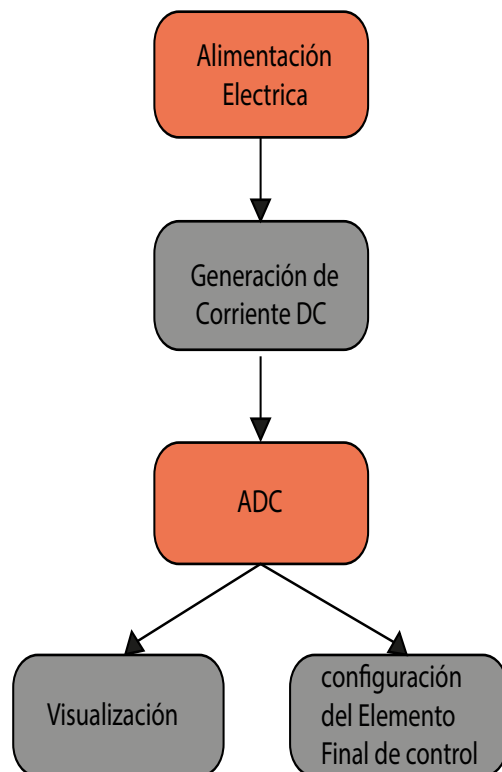


Fig. 5. Diseño del Generador de Lazo para verificación de válvulas de control. Diseño de los autores.

En donde la visualización del display depende del factor de escalización obtenido y la señal analógica proveniente del conversor analógico digital (ADC) del generador de lazo.

Al mismo tiempo que sucede lo antes mencionado se genera la señal de verificación del convertidor I/P que se encuentra en el elemento final de control, que para este caso es una válvula de compuerta marca Burocco, de  $\frac{1}{2}$ " NPT<sup>4</sup> con campo de medida de 0,2 a 1,0 bar, configurada con apertura al 100% en caso de falla en el suministro de aire, alimentada con un compresor de aire y regulador a 20 psi. La figura 6 muestra la válvula seleccionada para realizar las pruebas con el prototipo.

### 3. Pruebas de funcionamiento

Luego de realizados los cálculos y habiendo modelado el comportamiento del generador de lazo

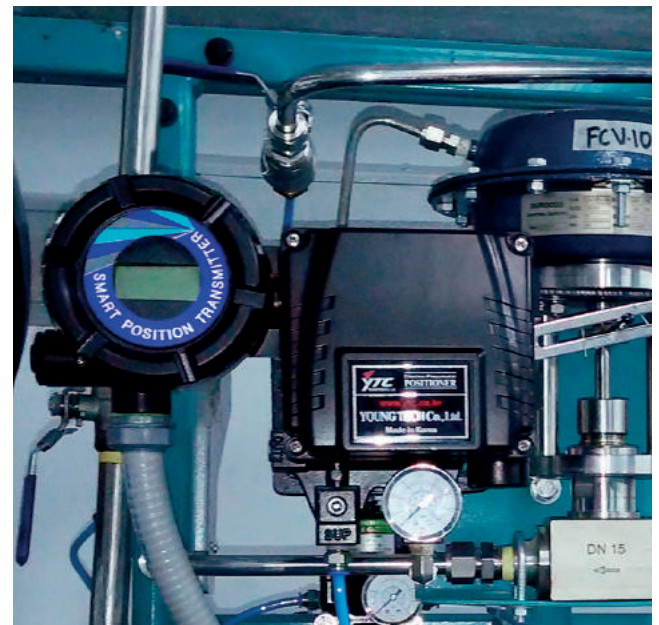


Fig. 6. Válvula para realizar las pruebas con el generador de lazo, indicando 10.92 mA en su posicionador. Adaptado de Centro Para la Industria Petroquímica, Regional Bolívar, 2017.

<sup>4</sup> Acrónimo del inglés National Pipe Thread. Tipo de roscado cónico para tuberías.

## [ sección ]

se procede a simular su comportamiento. Se realizan pruebas en los puntos críticos de trazabilidad: 0%, 25%, 50%, 75% y 100% del campo de medida de la señal de corriente vs la apertura de la válvula. Para citar una de las simulaciones, se muestra la figura 7 y 8, en donde se aprecia la prueba realizada al 50% de la apertura de la válvula, correspondiente a 12mA de señal en el generador, y a 3V de señal en la entrada del ADC del microcontrolador 16f877A.

Seguidamente se realizan las pruebas de histéresis y trazabilidad con el prototipo conectado a la válvula seleccionada. La figura 9 muestra los valores en el LCD del prototipo con relación al valor mostrado en la válvula que aparece en la figura 6.

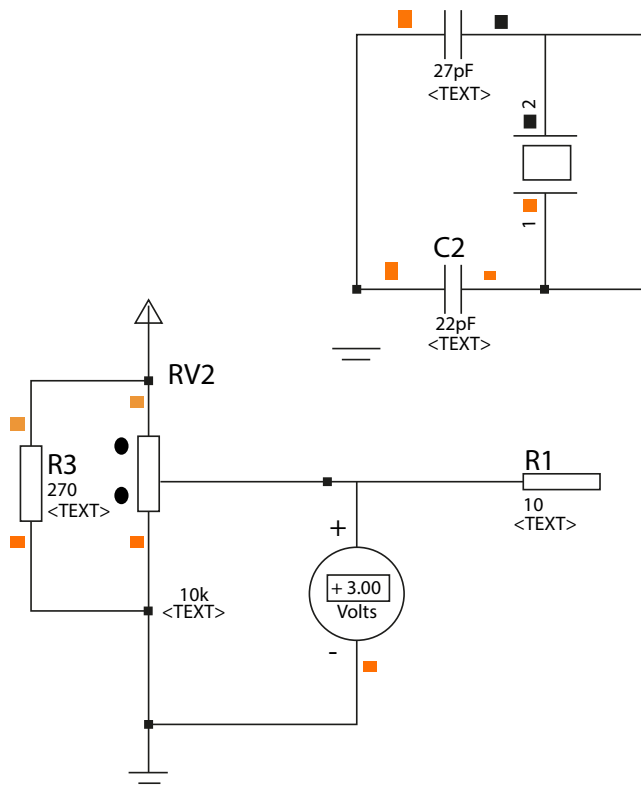


Fig. 7. Señal del generador hacia el ADC, ajustada a 3V, equivalente al 50% de la señal de entrada. Simulación realizada en Proteus 8.2. Diseño de los autores.

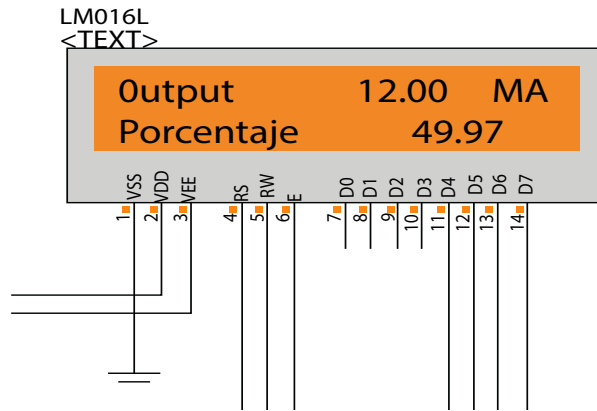


Fig. 8. Salida del generador de lazo en mA y su equivalente en porcentaje de apertura de la válvula, con señal del ADC de 3V. Simulación realizada en Proteus 8.2. Realizado por los autores.



Fig. 9. Valores en el LCD del prototipo conectado a la válvula de pruebas. Adaptado de Centro Para la Industria Petroquímica, Regional Bolívar, 2017.

## RESULTADOS

Se encuentra una desviación entre los valores del generador de lazo de 4 a 20 mA y los valores del convertidor I/P. La tabla 1 muestra algunos de los valores obtenidos en las pruebas realizadas y la desviación asociada a la medición.

Valor del Display	Valor en el I/P	Desviación
10,65mA	10,92mA	2,47%
16,01mA	16,42mA	2,49%
19,49mA	19,99mA	2,50%
8,30mA	8,50mA	2,35%

Tabla 1. Desviación de la medición entre el generador de lazo y el posicionador I/P de la válvula de pruebas. Realizado por los autores.

### III. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en las pruebas realizadas al prototipo se observa que la máxima desviación obtenida es de 2,5%. Esto implica una respuesta considerable en relación con los equipos certificados, pero demuestra un gran adelanto en la construcción de equipos de medición diseñados e implementados por aprendices del Centro para la Industria Petroquímica Regional Bolívar.

Se obtienen ventajas competitivas en la parte de instrumentación industrial, electrónica y control de procesos en relación a la formación de los aprendices en todas las etapas del proyecto.

La implementación del generador de 4 a 20 mA DC sirve como peldaño para nuevos proyectos relacionados con las áreas antes mencionadas, e invita a los aprendices y a personal externo vinculado a las actividades de formación a estar a la vanguardia con los adelantos tecnológicos y a plantear soluciones innovadoras relacionadas con los procesos industriales.

Se obtiene un equipo diseñado, implementado por aprendices y para aprendices y personal en formación, el cual es un objetivo del proyecto de Optimización y mejora de la Planta Didáctica de Instrumentación y Control de Procesos.

### IV. AGRADECIMIENTOS

Al equipo de trabajo por su empeño, motivación y dedicación en la ejecución de este proyecto. Al ingeniero Arnulfo Ruiz Garizado por sus aportes en la parte de electrónica, específicamente diseño y prototipado de sistemas electrónicos. Al equipo de SENNOVA del Centro para la Industria Petroquímica Regional Bolívar, por su acompañamiento y asesoría en todas las etapas del proyecto.

## V. REFERENCIAS

1. Albert, M., & Bates David, J. (2007). Principios de electrónica. Editorial McGrawHill.España.
2. Solé, A. C. (2008). Instrumentos industriales, su ajuste y calibración. Editorial Marcombo. España.
3. Emerson, F. (2005). Control valve handbook Fourth Edition. Editorial Fisher Controls. Estados Unidos.
4. Acedo Sánchez, J. (2006). Instrumentación y control básico de procesos. Ediciones Diaz de Santos. España.
5. Fluke Corporation (2017). Fluke 707 Calibrador de lazo. Adaptado de <http://www.fluke.com/fluke/coes/calibradores-de-procesos/calibradores-de-lazo/fluke-707.htm?pid=56106>

# PRÁCTICAS QUE FOMENTAN LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL: UNA REFLEXIÓN SOBRE EL USO DE TIC PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS

---

POR:

ERIKA JULIETT RESTREPO ZAPATA<sup>1</sup>

ANA ALEXANDRA PINO MARTÍNEZ<sup>2</sup>

NILZA ELENA VIANA RÚA<sup>3</sup>

JOHN JAIRO CASTRO MALDONADO<sup>4</sup>

## | RESUMEN

En la actualidad las empresas que implementan procesos innovadores alcanzan un mejor estado de desarrollo tecnológico y económico, esto les permite estar a la vanguardia en innovación y competitividad. Sin embargo, hay estudios que evidencian que la falta de personal calificado y el desconocimiento de los procesos y metodologías para formular proyectos, son algunos de los obstáculos para que las empresas se apropien de la innovación. En este sentido, el objetivo de este artículo es plantear una reflexión acerca de cómo las Mipymes pueden mejorar la formulación de sus proyectos de I+D+i utilizando como medio pedagógico las TIC. Para cumplir con el propósito de este trabajo se tuvo como referente la búsqueda en fuentes bibliográficas que exponen conceptos acerca de los procesos de innovación, se realizaron encuestas a Mipymes para identificar aspectos puntuales respecto a la formulación de sus proyectos y se realizaron entrevistas a empresarios para identificar su disposición para usar herramientas interactivas. Se encontró que las empresas tienen dificultades para entender los objetivos y el sistema de financiamiento de proyectos I+D+i, por lo cual la

herramienta interactiva diseñada, implementada y validada es una excelente aliada para las Mipymes que quieren formular sus proyectos para obtener recursos de financiación.

Palabras claves: innovación, empresa, estrategias, competitividad, TIC

<sup>1</sup>Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA, CESGE, ejrestrepo28@misena.edu.co

<sup>2</sup>Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA, CESGE, alexandrapino43@gmail.com

<sup>3</sup>Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA, CESGE, nriviana@sena.edu.co

<sup>4</sup>Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA, CESGE, johnjacama@misena.edu.co

## I. INTRODUCCIÓN

La innovación se ha convertido en un elemento primordial para la competitividad y sostenibilidad empresarial, lo cual a su vez aporta significativamente a la productividad, generación de empleo, bienestar y mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de un territorio (Galvis Rueda, 2013). Se ha demostrado que la apuesta por la ciencia, desarrollo tecnológico e innovación que realizan los países desarrollados, tienen una correlación directa con el desarrollo económico y social (Antioquia, 2016). En Latinoamérica, al igual que en los países desarrollados, las empresas que innovan y producen mayores avances tecnológicos son más resistentes a los cambios del mercado (Yamakawa & Ostos, 2011). Por esta razón, se ven en la tarea de innovar, desarrollar o mejorar sus productos o servicios con la finalidad de mantenerse en el mercado (González Candía, García Coliñanco, Caro, & Romero Hernández, 2014). Las micros, pequeñas y medianas empresas (Mipymes) no son la excepción, de tal manera que incorporar la innovación en su quehacer es primordial para crecer y posicionarse en un mercado cada vez más competitivo (Barrios Fontalvo, Luckert Beltrán, Martínez Puentes, Olivella Suarez, & Cantillo Guerrero, 2013).

Es fundamental que los gobernantes y empresarios de un país planeen, desarrollen e implementen estrategias y prácticas que tengan como resultado el crecimiento empresarial, económico, tecnológico, social, por citar los más relevantes (García-Pérez de Lema, Gálvez-Albarracín, & Maldonado-Guzmán, 2016; Tarapuez, Guzmán, & Parra Hernández, 2016). Es así como el gobierno colombiano a través del Consejo Nacional de Política Económica y Social - CONPES, ha definido una serie de políticas que tienen como objetivo incrementar la capacidad del país para identificar, producir, difundir, usar e integrar el conocimiento científico y tecnológico, con el propósito de mejorar la competitividad, y

contribuir a la transformación productiva. Este artículo presenta una reflexión sobre el uso de tecnologías de la información y la comunicación – TIC como estrategia pedagógica para incentivar la formulación de proyectos de investigación, desarrollo e innovación - I+D+i por parte de las Mipymes, dado el aporte que ese tipo de empresas realizan a la transformación productiva del país y la pertinencia de que aumenten su participación en las convocatorias de entidades públicas y privadas que ofrecen recursos financieros para proyectos I+D+i.

Para obtener documentación de referencia entre abril y junio de 2017 se realizó un análisis de fuentes bibliográficas en las bases de datos Redalyc, Scielo, Elsevier, Dialnet, ScienceDirect y páginas oficiales de entes gubernamentales de Colombia, utilizando los descriptores: estrategias, innovación, empresarial y competitividad. Se consideró pertinente contar con información obtenida directamente del sector empresarial de interés, para lo cual se realizaron encuestas auto-administradas en medios virtuales a 383 Mipymes con características similares para identificar aspectos específicos sobre la formulación de sus proyectos I+D+i. También se realizaron entrevistas a 10 empresarios para identificar su disposición para usar una herramienta interactiva desarrollada para facilitar la formulación de proyectos de I+D+i. La información recopilada fue analizada y contrastada para identificar patrones de comportamiento, y así poder enriquecer la reflexión objeto de este artículo.

## II. ENCONTRANDO EL COMPONENTE INNOVADOR: DEL CONCEPTO A LA PRÁCTICA.

En el manual de Oslo se define la innovación como la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado producto (bien o servicio), de un proceso, de un método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones

exteriores. Dependiendo del grado y el impacto de la innovación se clasifican como incrementales cuando son pequeños cambios dirigidos a aumentar la funcionalidad de un producto o servicio sin modificar su esencia, o disruptivas cuando se trata de la creación de un nuevo producto, diseño o proceso, y no son resultado de la evolución natural de uno ya existente (Camelo Ordaz, Martín Alcázar, & Romero Fernández, Pedro M. Ramón, 2000). El manual de Frascati menciona que las actividades de innovación son el conjunto de etapas científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales, incluyendo las inversiones en nuevos conocimientos, que llevan o que intentan llevar a la implementación de productos y de procesos nuevos o mejorados (OCDE, 2013). La tabla 1 resume los tipos de innovación planteados en el manual de Oslo, presentando un concepto de cada uno de ellos. Con estos referentes, se facilita el análisis del concepto de innovación, contrario a lo que sucede cuando se trata de hallar elementos innovadores que encajen en cualquiera de las definiciones antes mencionadas. Es por esta razón que es pertinente considerar de forma conjunta dos elementos que por sí solos no evidencian innovación, pero que al unirlos el resultado obtenido

permite vislumbrar una herramienta tan oportuna como funcional.

El primero de esos elementos tiene que ver con productos del conocimiento, como lo son el “saber-teórico” y el “saber-práctico” (Lucio, 1989) en la formulación de proyectos bajo la metodología de marco lógico - MML. El segundo elemento integrador son las TICS (tecnologías de la información y comunicación) usadas como medio pedagógico de cara a los empresarios para registrar, estructurar y almacenar información respecto a sus proyectos de investigación y desarrollo tecnológico. El resultado de esta integración se materializa en el diseño, construcción e implementación de una herramienta interactiva llamada “GIDPI” (Guía interactiva para el desarrollo de proyectos de innovación), cuyo fin es brindarle a las Mipymes los medios para formular proyectos de calidad bajo los estándares requeridos por las instituciones que incentivan la investigación, y de esta manera poder acceder a recursos financieros que promueven y fortalecen el aparato productivo.

### III. GIDPI: UNA HERRAMIENTA QUE FACILITA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE I+D+i.

Teniendo en cuenta los resultados de la investigación realizada para la ejecución del proyecto “Diseño de un Manual Interactivo que sirva de guía a las Mipymes del Área Metropolitana de Medellín”, en la creación y estructuración de proyectos de innovación, la cual se realizó con Mipymes del Área Metropolitana de Medellín y entidades administradoras de recursos para proyectos de innovación, en ellas se evidenció que aunque en las Mipymes se enteran de convocatorias en las que se proporcionan recursos para llevar a cabo proyectos de innovación en las empresas, su participación es baja por el poco conocimiento en la formulación y

Tipos de innovación	
Comercial	<i>Se produce por medio de cualquiera de las variables del marketing que influyen en el lanzamiento de un nuevo producto o servicio (Dutrenit Bielous, 2009).</i>
Organizativa	<i>Está orientada a la organización en la que se desarrolla la actividad económica, facilitando el acceso al conocimiento y el aprovechamiento de los recursos financieros y materiales (CEEI, 2014)</i>
Producto o servicio	<i>Se refiere a la introducción de un producto o servicio nuevo o mejorado con respecto a sus características o especificaciones técnicas (Gálvez Albarracín &amp; Pérez De Lema, 2012)</i>
Proceso	<i>Realizar cambios a los procesos de producción, aplicación de tecnología nueva o con algún grado de mejora (Flores Urbáez, 2015)</i>

Tabla 1. Tipos de innovación

estructuración de los proyectos bajo la MML y con relación a las que se presentan un porcentaje significativo, obtienen una calificación que no les permite clasificar a la siguiente fase por deficiencias en la formulación de los mismos.

Teniendo en cuenta la anterior, se inició la consulta bibliográfica, con el objetivo de indagar acerca de los aspectos a tener en cuenta para la correcta formulación de un proyecto de innovación bajo la MML, se diseñaron una serie de actividades siguiendo los parámetros de esta metodología, para convalidar la comprensión de los conceptos, fueron incluidos en un archivo de Excel, en el cual, de manera secuencial se deben realizar los procedimientos establecidos como: el análisis de la situación, priorización de los problemas, la redacción de los objetivos, identificación de las alternativas de solución; cronograma y presupuesto requerido para la ejecución del proyecto.

Los aspectos en los que más se profundizó fueron la identificación y análisis del problema, ya que de estos ítems depende el desarrollo del proyecto, con los cuales, se diseñan las estrategias y actividades que se deben implementar en la ejecución del proyecto. La importancia de este paso radica en que un problema mal identificado puede conllevar a una solución poco eficiente. Para evitar estos inconvenientes se incluye la Matriz de Véster, la cual, es un instrumento de análisis, que disminuye la subjetividad y a la vez permite encontrar el problema central, sus causas y sus efectos mediante el análisis de la influencia de unas situaciones problemáticas sobre otras. Identificado el problema desde la matriz se procede a la elaboración del árbol de problemas, para señalar las interrelaciones de causa-efecto (Criollo Ramírez, 2016). Seguidamente, se buscan alternativas de solución con la metodología árbol de objetivos de medios-fines para pasar de las

situaciones no deseadas a las situaciones deseadas o positivas. Para pasar a realizar las alternativas de solución del problema en la que se evalúan las diferentes opciones para dar solución al problema se deben realizar los estudios de factibilidad, físicos, técnicos, financieros e institucionales.

Como último paso, se diseñó el ítem de la Matriz de Marco lógico, ya que esta es una herramienta para el diseño, ejecución, seguimiento y evaluación de los programas gubernamentales (Pérez, 2015), en la que se presentan de una manera sistemática y lógica, toda la información del proyecto, como objetivos, indicadores, medios de verificación e hipótesis o supuestos, para el proceso de planeación, monitoreo del desempeño y rendición de cuentas (Aldunate, E., & Córdoba, J. 2011).

En conclusión, la herramienta diseñada como estrategia de innovación empresarial basada en la MML, aporta a la apropiación de los conceptos de la formulación de proyectos presentándolos en un lenguaje sencillo y claro, para que al ser utilizada se logre una mejoría en la estructuración de los proyectos de innovación que realicen y presenten las Mipymes a las convocatorias de I+D+i en la búsqueda de financiación y obtener recursos para innovar y aumentar su competitividad en el mercado.

## **IV. ENTIDADES QUE PROMUEVEN LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL**

Actualmente, en el país existen varias entidades que promueven la innovación a través de convocatorias y desarrollo tecnológico en las empresas, con el objetivo de aumentar la oferta y cobertura de servicios empresariales disponibles, crecimiento rápido de empresas por medio de la innovación.

Buscando el crecimiento rápido y sostenido impulsado por la innovación, para lo cual, es

necesario fomentar el emprendimiento, que permita a empresas existentes o emergentes aumentar sus oportunidades de negocio, por medio de capital de riesgo corporativo, vigilancia tecnológica, entre otras opciones. Igualmente, se busca fortalecer las redes de apoyo financiero para la innovación y el emprendimiento respondiendo a las necesidades de los empresarios según su nivel de desarrollo y potencial de crecimiento. (Planeación, Santos Calderón, & Vargas Lleras, 2014)

En este orden de ideas, las convocatorias para el desarrollo de proyectos tecnológicos y de I+D+i ofrecen recursos frescos en dinero sin obligación de reembolso, para que se realice un proyecto ya sea de innovación, de investigación o desarrollo tecnológico. Estas ayudas disminuyen la cantidad total de recursos invertidos por las empresas y, por tanto, el riesgo asociado. Debe tenerse en cuenta que esta metodología requiere la elaboración previa de un proyecto de investigación, el cumplimiento de requisitos contables, superar revisiones científico-técnicas y la justificación económica de los gastos (Antolín et al, 2016).

Con relación a lo anterior, en la tabla 2 se relacionan algunas entidades encargadas de fomentar y entregar recursos para proyectos de innovación y desarrollo tecnológico.

## V. UN ANÁLISIS DE LA INNOVACIÓN EN EL CONTEXTO NACIONAL

En la actualidad, la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) son la columna vertebral del progreso económico y competitivo del país, los países que le apuestan al progreso han realizado grandes inversiones en temas de innovación para desarrollar conocimiento y tecnología, con el fin de innovar en productos y/o servicios más sofisticados,

ENTIDADES QUE PROMUEVEN LA INNOVACIÓN	
Entidad	Descripción
<b>INNPULSA Colombia</b>	<i>Distribuyen recursos a partir de convocatorias públicas abiertas, orientadas a emprendimientos, pymes y grandes empresas interesadas en incluir la innovación como parte de sus procesos y su cultura organizacional (INNPULSA, 2017).</i>
<b>Colciencias</b>	<i>Administra los recursos públicos y privados para fortalecer financieramente el Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación - SNCTI- en Colombia (Herrera, 2016).</i>
<b>SENA – Fondo Emprender.</b>	<i>Apoyar proyectos productivos que integren los conocimientos adquiridos por los emprendedores en sus procesos de formación con el desarrollo de nuevas empresas y facilitar el acceso a capital semilla (Cardona A., Vera A., &amp; Quiroz Tabares, 2008; Gómez, Martínez, &amp; Arzuza, 2006)</i>
<b>BANCOLDEX</b>	<i>Contribuye a la competitividad de las empresas colombianas, satisfaciendo sus necesidades financieras mediante el ofrecimiento de servicios especializados a través de terceros (Bancóldex, 2007).</i>
<b>MINTIC</b>	<i>Promueve el acceso, uso efectivo y apropiación masivos de las TIC, a través de políticas y programas, para mejorar la calidad de vida de cada colombiano y el incremento sostenible del desarrollo del país (MINTIC, 2017)</i>
<b>UNIDADES PRODUCTIVAS AGROINDUSTRIALES (MADR)</b>	<i>Formula, coordina y evalúa las políticas que promuevan el desarrollo competitivo, equitativo y sostenible de los procesos agropecuarios forestales, pesqueros y de desarrollo rural, con criterios de descentralización, concertación y participación para mejorar el nivel y la calidad de vida de la población colombiana (MINAGRICULTURA, 2017)</i>
<b>MINCIT</b>	<i>Apoya la actividad empresarial, productora de bienes, servicios y tecnología, así como la gestión turística de las regiones del país para mejorar su competitividad y su sostenibilidad e incentivar la generación de mayor valor agregado (MINCIT, 2017)</i>
<b>TECNNOVA</b>	<i>Gestiona conocimientos en ciencia tecnología e innovación, apoyando la ejecución de políticas públicas, transformando organizaciones privadas y académicas, conectando demanda con oferta en productos en CTI (Tecnova, 2017).</i>

Tabla 2. Entidades que promueven la innovación en Colombia

en estudios realizados a empresas por parte de diferentes entidades públicas y privadas como el

## [ sección ]

DANE, cámaras de comercio, Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES), entre otras, se evidenció que en el sector empresarial hay bajos niveles de innovación de las empresas, débil institucionalidad del sistema, escasez de recurso humano para realizar investigación e innovación, ausencia de focalización de la política en áreas estratégicas, baja apropiación social del conocimiento, disparidades regionales en capacidades científicas y tecnológicas, lo que en conjunto genera una, baja capacidad para generar y usar conocimiento.

Colombia ha presentado pocos avances en CTI en los últimos 10 años. Aunque la inversión en I+D i tuvo un crecimiento del 40% entre 2006 y 2013, disminuyó un 4,8% entre 2013 y 2015. Esta situación pone a Colombia muy por debajo en comparación con los países de América Latina, haciendo evidente su retraso. También se debe tener en cuenta que existe una discrepancia en cuanto a los resultados de esta inversión, ya que hubo una reducción del 71% en el número de empresas innovadoras desde el año 2011 (Consejo Privado, 2016).

La generación de conocimiento es otro aspecto importante en temas de innovación. En este sentido, depende de la disponibilidad de los recursos de Colciencias para contar con más investigadores, en este contexto, entre 2006 y 2012, Colombia presentó una reducción del 6,8% en el número de investigadores de tiempo completo por millón de habitantes, lo que deteriora la posición ya rezagada del país en esta materia (Consejo Privado, 2016).

En contraste con esta situación se puede evidenciar un panorama muy diferente para Corea del Sur y los países miembros de OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico), ya que a diferencia de Colombia el sector que más investigadores contrata es el empresarial, lo que a su vez repercute en

el crecimiento y desarrollo en CTI, pues es el sector empresarial es el que mueve una gran parte de la economía de un país (Consejo Privado, 2016).

En este sentido, resulta interesante revisar la participación de investigadores en los diferentes sectores del país. Es alarmante ver que las empresas colombianas tienen los índices más bajos en contratación de investigadores para el periodo comprendido entre 2006-2013, seguido por el gobierno y las organizaciones sin ánimo de lucro (Consejo Privado, 2016). El índice más alto de contratación de investigadores lo tienen las universidades, pues es este un indicador que deben cumplir estas instituciones en sus procesos de registro calificado, si bien, el alto número de investigadores están en las universidades el resultado de esta investigación muchas veces se queda en procesos de divulgación y algunos casos no pasa de los repositorios de las bibliotecas. Otro factor preocupante en este sentido es que la universidad en muchos de los casos no investiga en comunión con la empresa, lo que deja por fuera de esta investigación muchas de las problemáticas e iniciativas empresariales que le podrían aportar al desarrollo del país.

Por otro lado, las empresas deberían ser las que más se deberían mostrar interesadas en invertir en innovación, y en este sentido, las empresas de la industria manufactura y de servicios presentan comportamientos igual de alarmantes que los antes mencionados para los periodos 2011-2014, pues existe poca inversión en innovación. Según estadísticas del DANE el 77% de las empresas de manufactura y el 70.76% de empresas de servicios no invierten en innovación, porcentajes excesivamente altos. Esta situación se ve incitada porque son los recursos propios los que constituyen la principal fuente de financiación,

seguidos de los recursos obtenidos por las entidades bancarias. Los recursos de cooperación o donaciones y los recursos públicos apenas si dejan ver unos índices muy bajos de participación.

En relación con todo lo anterior, se puede decir que el gobierno, las empresas y las instituciones que fueron creadas con la misión de generar y propiciar más innovación empresarial, no trabajan en sinergia con las oportunidades y necesidades que presentan las dinámicas empresariales, y en general con la dinámica del país, existe una deficiente comunicación entre estos actores, lo que se evidencia, es que cada uno realiza esfuerzos individuales, con resultados parciales que no impactan de manera propositiva y significativa los índices de innovación del país y por ende, se pierde la credibilidad en estas actividades como motores de aumento de ingresos y utilidades en las empresas tanto privadas como públicas, en este contexto, se presentan las actividades de I+D+i como simple gastos y no como inversiones que pueden tener una retribución importante a corto o mediano plazo.

## **VI. RECOMENDACIONES PARA LA ADOPCIÓN DE PRÁCTICAS QUE FOMENTEN LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL**

Considerando la innovación como elemento primordial en la sostenibilidad, competitividad y permanencia de las empresas en el mercado, se esbozan algunas recomendaciones que buscan propiciar buenas e innovadoras prácticas en las empresas:

- El rastreo de información realizado evidenció que las empresas que implementan procesos innovadores suelen tener estándares de desarrollo tecnológico y económico con altos niveles, pese inclusive a problemas financieros, de escasez de personal calificado, de

incertidumbre frente al mismo mercado y de rentabilidad en la misma operación empresarial. En este sentido, es conveniente que las empresas piensen en ajustar y fortalecer sus procesos internos antes de emprender procesos de innovación que involucren actores externos a la misma.

- Promover la apropiación del término y connotación de la palabra innovación y lo que conlleva, ya que se podría tener claridad acerca de su alcance y brindar reales posibilidades para llevar a cabo procesos de innovación dentro de las organizaciones. Así mismo, conviene conocer su clasificación según su grado, su naturaleza y su aplicación.

- Divulgar las acciones que el gobierno nacional realiza a través del Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES, cuyo propósito es contribuir a la transformación productiva y a mejorar la competitividad del país incrementando el conocimiento científico y tecnológico.

- Conocer las limitaciones y estrategias en cuanto a la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (CTeI) que reposan en el documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social de Colombia (CONPES) 3582, en aras de mejorar el desarrollo económico y social basado en el conocimiento.

- Implementar estrategias contempladas en el (CONPES) 3582 y (CONPES) 3866 de fomentar la innovación y diversificación en los procesos productivos, fortalecer la capacitación del recurso humano y promover la apropiación social del conocimiento, consolidar la institucionalidad, desarrollar y fortalecer las capacidades en Ciencia, Tecnología e Innovación, focalizar la acción pública en áreas estratégicas, identificar y cerrar las brechas de capital humano, a través, de la articulación del Sistema Nacional de Educación Terciaria, evaluar y proponer un aumento en la pertinencia de la oferta de

programas de formación para el trabajo acordes con las necesidades específicas y reales del sector productivo, aumentar la eficiencia y efectividad en el acceso de financiamiento, promover el cumplimiento de estándares de calidad por parte de los productores nacionales y la inserción de los bienes y servicios Colombianos en encadenamientos productivos nacionales e internacionales.

- Promover la articulación entre los entes gubernamentales y no gubernamentales (Colciencias, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo-MINCIT, INNPULSA, INNOVA, Bancoldex, entre otros) y aprovechar la sinergia entre ellos que debe ser una apuesta como parte de las estrategias empresariales de innovación antes mencionadas cuyo propósito buscará crear encadenamientos productivos y usos eficientes de los recursos.

## VII. CONCLUSIONES

Las empresas desconocen métodos para plantear proyectos I+D+i que les permitan acceder al apoyo para atender sus necesidades. El uso de herramientas TIC puede contribuir a atenuar este obstáculo, aprovechando el crecimiento en el uso de ese tipo de herramientas para otras actividades de las empresas, lo cual acelera cada vez más la adaptación a metodologías TIC.

Se desconocen los componentes claves de un acuerdo que permita llevar a cabo procesos innovadores en las empresas, lo que conlleva a un estado de incertidumbre al respecto. Es pertinente identificarlos, mencionarlos y describirlos.

La búsqueda de información que se realizó permitió conocer, recopilar, documentar y divulgar prácticas y estrategias que promueven la innovación empresarial y les ayudan a las empresas en temas de sostenibilidad, competitividad, permanencia y crecimiento en el mercado. De lo anterior, se evidencia que el proceso de la innovación, parte de la investigación básica, aplicada y el desarrollo experimental, y que debe ser manejado y apropiado por todo un país, en consecuencia, no es suficiente la

implementación de políticas sociales y de financiamiento, si no se cuenta, con estrategias efectivas y motivadoras, donde se exponga que estas actividades, propician un ambiente de desarrollo económico y mayores utilidades.

La investigación como inversión intangible, es un recurso importante para la implementación de la economía del conocimiento, no obstante, se le debe exponer a los gerentes de las distintas empresas, que este proceso requiere de un tiempo establecido, y que así mismo, requiere de otras actividades conexas para su desarrollo como son la gestión del conocimiento dentro de la organización, la vigilancia tecnológica y la prospectiva, recursos necesarios intangibles y a veces costosos, que permiten la consecución de proyectos innovadores. El uso de TIC permite reducir tiempos y costos de aprendizaje, mejorando las condiciones para que las empresas se apropien de estrategias innovadoras y accedan a recursos de apoyo para el fomento de las actividades I+D+i en las empresas.

## VIII. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del SENA (SENNOVA), por su apoyo brindado, con el financiamiento y ejecución del proyecto Diseño de un manual interactivo que sirva de guía a las Mipymes del Área Metropolitana de Medellín, en la creación y estructuración de proyectos de innovación bajo el número de radicado SGPS-1104-2016.

Al Centro de Servicios y Gestión Empresarial, por facilitarnos el espacio para realizar la investigación tanto en la Fábrica de Software como en la sede del Tecnoparque nodo Medellín.

Igualmente, a la líder SENNOVA Sandra Velásquez Restrepo del Centro de Servicios y Gestión Empresarial, por la información y colaboración proporcionada para elaborar la investigación del artículo.

## IX. REFERENCIAS

- Aldunate, E., & Córdoba, J. (2011). Formulación de programas con la metodología de marco lógico. CEPAL
- Antioquia, G. de. Bases del plan de desarrollo de Antioquia “pensando en grande 2016-2019” (2016).
- Antolín López, R., Martínez del Río, J., & Céspedes-Lorente, J. (2016). Fomentando la innovación de producto en las empresas nuevas: ¿Qué instrumentos públicos son más efectivos? *European Research on Management and Business Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.iedee.2015.05.002>
- Bancóldex, S. A. (2007). Presentación Institucional.
- Barrios Fontalvo, A. C., Luckert Beltrán, A. S., Martínez Puentes, S., Olivella Suarez, J. D., & Cantillo Guerrero, E. (2013). Papel de la innovación en el sector empresarial. *11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 11, 1–9.
- Camelo Ordaz, C., Martín Alcázar, F., & Romero Fernández, Pedro M. Ramón, V. C. (2000). Relación entre el tipo y grado de innovación y el rendimiento de la empresa. Un análisis empírico. *Economía Industrial*, 333, 149–160.
- Cardona A., M., Vera A., L. D., & Quiroz Tabares, J. (2008). Las dimensiones del emprendimiento empresarial: la experiencia de los programas Cultura E y Fondo Emprender en Medellín. *Cuadernos de Investigación*, 69, 64.
- Criollo Ramírez, C. J. (2016). Estructuración de una guía metodológica para la identificación y formulación de proyectos productivos como apoyo al fortalecimiento de las mipyme en el departamento del Meta (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales).
- CEEI. (2014). Manual de Innovación, Guía práctica de gestión de la I+D+i para Pymes. *Centro Europeo de Empresas E Innovación*, (1), 74. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Consejo Privado, de C. (2016). Informe Nacional de Competitividad 2016-2017.

Dutrénit Bielous, G. (2009). Innovación en las Empresas Una Perspectiva Microeconómica (Vol. 1).

Flores Urbáez, M. (2015). La innovación como cultura organizacional sustentada en procesos humanos. *Revista Venezolana de Gerencia*, 20(70), 355–371.

Gálvez Albarracín, E. J., & Pérez De Lema, D. (2012). Impacto de la innovación sobre el rendimiento de la mipyme: Un estudio empírico en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 28(122), 11–27. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(12\)70191-2](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(12)70191-2)

Galvis Rueda, J. F. (2013). La innovación como eje del desarrollo empresarial. *Gest. Soc*, 6(1), 139–146.

García-Pérez de Lema, D., Gálvez-Albarracín, E. J., & Maldonado-Guzmán, G. (2016). Efecto de la innovación en el crecimiento y el desempeño de las Mipymes de la Alianza del Pacífico. Un estudio empírico. *Estudios Gerenciales*, 32(141), 326–335. <https://doi.org/10.1016/j.est-ger.2016.07.003>

Gómez, L., Martínez, J., & Arzuza, M. (2006). Política pública y creación de empresas en Colombia. *Pensamiento Y Gestión*, 21, 1–25.

González Candía, J., García Coliñanco, L., Caro, C. Lucero, & Romero Hernández, N. (2014). Estrategia y cultura de innovación, gestión de los recursos y generación de ideas. *Pensamiento Y Gestión*, 36(1657–6276), 109–135.

Herrera, J. M. (2016). Colciencias y la convocatoria de grupos de investigación Colciencias research groups recognition. *Revista Colombiana de Ortopedia Y Traumatología*, 30(1), 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.rc-cot.2016.07.001>

INNPULSA. (2017). Innpulsa. Retrieved from <https://www.innpulsacolombia.com>

Lucio, R. (1989). La construcción del saber y del saber hacer. *Revista de La Universidad de La Salle*, 8(17), 38–56.

MINAGRICULTURA. (2017). Ministerio de agricultura y Desarrollo, Rural. Retrieved from <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/quienes-somos/Paginas/Quienes-somos.aspx>

MINCIT. (2017). Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia. Retrieved from [http://www.mincit.gov.co/publicaciones/34613/conozca\\_el\\_mincomercio](http://www.mincit.gov.co/publicaciones/34613/conozca_el_mincomercio)

MINTIC. (2017). Acerca del MinTIC. Retrieved from <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-540.html>

OCDE, O. para la C. y el D. E. (2013). Metodología propuesta para la definición de la Investigación y el Desarrollo Experimental Manual de Frascati. Retrieved from [www.oecdbookshop.org](http://www.oecdbookshop.org)

Planeación, D. N. de, Santos Calderón, J. M., & Vargas Lleras, G. Bases Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018 Todos por un nuevo país (2014).

Pérez, H. R. (2015). Reflexiones sobre el Presupuesto Base Cero y el Presupuesto Basado en Resultados. *El Cotidiano*, 192, 78-84.

Tarapuez, E., Guzmán, B. E., & Parra Hernández, R. (2016). Estrategia e innovación en las Mipymes colombianas ganadoras del premio Innova 2010-2013. *Estudios Gerenciales*, 32, 170-180. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.01.002>

Tecnova. (2017). El Modelo Tecnova - Tecnova. Retrieved from <http://www.tecnova.org/el-modelo-tecnova/>

Vesga, R. (2014). Emprendimiento e innovación en Colombia: ¿Qué nos está haciendo falta? Retrieved from <http://mprende.co/emprendimiento-e-innovacion-en-colombia-que-nos-esta-haciendo-falta>

Yamakawa, P., & Ostos, J. (2011). Relación entre innovación organizacional y desempeño organizacional Relationship between innovation and organizational performance in an emergent market Relação entre inovação organizacional e desempenho organizacional. *Revista Universidad & Empresa*, 21(21), 93-115.

MINCIT. (2017). Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia. Retrieved from [http://www.mincit.gov.co/publicaciones/34613/conozca\\_el\\_mincomercio](http://www.mincit.gov.co/publicaciones/34613/conozca_el_mincomercio)

MINTIC. (2017). Acerca del MinTIC. Retrieved from <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-540.html>

OCDE, O. para la C. y el D. E. (2013). Metodología propuesta para la definición de la Investigación y el Desarrollo Experimental Manual de Frascati. Retrieved from [www.oecdbookshop.org](http://www.oecdbookshop.org)

Planeación, D. N. de, Santos Calderón, J. M., & Vargas Lleras, G. Bases Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018 Todos por un nuevo país (2014).

Pérez, H. R. (2015). Reflexiones sobre el Presupuesto Base Cero y el Presupuesto Basado en Resultados. *El Cotidiano*, 192, 78-84.

Tarapuez, E., Guzmán, B. E., & Parra Hernández, R. (2016). Estrategia e innovación en las Mipymes colombianas ganadoras del premio Innova 2010-2013. *Estudios Gerenciales*, 32, 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.01.002>

# APLICACIÓN INTERACTIVA CON REALIDAD AUMENTADA PARA EL APRENDIZAJE DE LA FAUNA Y FLORA DEL RÍO GUATAPURÍ DE LA CIUDAD DE VALLEDUPAR –COLOMBIA

---

POR:

CERLY PATRICIA MARTÍNEZ WALKER<sup>1</sup>

FABIÁN GALVIS ALMANZA<sup>2</sup>

ALEXANDER CASTRILLO GALVÁN<sup>3</sup>

## | RESUMEN

La Realidad Aumentada (AR) es una herramienta informática que combina gráficos tridimensionales, animaciones y contenido web con entornos físicos reales, a través de interacciones con dispositivos como teléfonos celulares o computadoras. El propósito de este trabajo es aplicar esta tecnología como una herramienta de apoyo para el aprendizaje de la fauna y la flora del río Guatapurí, por estudiantes de primaria de la escuela Fisher Kids en la ciudad de Valledupar - Colombia. Para ello, se realiza una revisión y elaboración de los contenidos sobre las especies de fauna y flora mediante la creación de una cartilla impresa. Además, se diseñan contenidos multimedia, modelos 3D y una aplicación móvil con realidad aumentada. Finalmente, la evaluación del uso de esta herramienta es realizada por docentes y alumnos de la escuela y los resultados muestran un alto nivel de satisfacción tanto de docentes como de alumnos respecto de la apropiación de diferentes conceptos sobre flora y fauna del río Guatapurí.

Palabras claves: Realidad Aumentada, cartilla interactiva, modelos 3D, aplicación móvil.  
Keywords: Augmented Reality, interactive primer, 3D models, mobile application.

<sup>1</sup>Grupo de investigación INVECOMM – SENA, cerpat.martinezwal@misena.edu.co

<sup>2</sup>Grupo de investigación INVECOMM – SENA, fagaal5@hotmail.com

<sup>3</sup>Grupo de investigación INVECOMM – SENA, acastrillo@sena.edu.co

## I. INTRODUCCIÓN

El río Guatapurí es la principal fuente hídrica del municipio de Valledupar; y el principal icono de inspiración de poetas y compositores de la música Vallenata. Además, representa el principal centro de turismo y recreación del municipio. Actualmente la cuenca del Río Guatapurí desde su parte alta hasta su desembocadura cuenta con un área específica de deforestación, lo que ha contribuido en la desaparición de algunas especies de fauna y flora; así como la disminución del cauce.

Según una visita de inspección realizada por la comisión auditora de la contraloría municipal en la subcuenca alta y media del Río Guatapurí y un amplio entorno, se constató que se encuentran severamente desforestados y erosionados. El río experimenta disminución del caudal, ocasionado por las acciones antrópicas de los colonos e indígenas (Gobernación del Cesar, 2012).

En la subcuenca alta del río sobre los 3200 m fue encontrada una vegetación muy intervenida y con una vegetación de páramo destruida, resultado de frecuentes quemas en las últimas décadas por el pastoreo y la ganadería. En la subcuenca media se realizó medición del caudal, presentando 6.2 m<sup>3</sup>/s, históricamente el más bajo. En la cuenca baja la erosión es alta debido a los senderos del parque lineal; asimismo, se extrae material de arrastre, grava y arena sin ninguna autorización o permiso de la autoridad ambiental. En la desembocadura del río Guatapurí sobre el río Cesar, se presenta una alta contaminación, esto por el vertimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Valledupar (Gobernación del Cesar, 2012).

Con respecto a lo anterior el gobierno Nacional y entidades gubernamentales y no gubernamentales, han desarrollado planes de acción e iniciativas para mitigar los agentes causantes del deterioro de la cuenca y dar solución a la problemática.

La Corporación Autónoma del Caribe Corpocesar, es la máxima autoridad ambiental del Departamento y la entidad encargada de la ordenación de la cuenca de este importante río del Cesar y el área metropolitana de la ciudad de Valledupar. Actualmente es quien ejecuta el Plan de Ordenamiento Y Manejo de Cuenca, POMCA; y lleva a cabo acciones para la preservación de los recursos de la cuenca. A través del Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo sostenible, el Gobierno Nacional ha ordenado el ordenamiento de la cuenca del Río Guatapurí dada la importancia del afluente. El POMCA con el que se pretende planear y manejar el uso de los recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación del ecosistema de la cuenca. (Corpocesar, 2016).

El Centro Comercial Guatapurí Plaza a través de la campaña “Cuidemos lo Nuestro”, busca integrar instituciones y personas interesadas en sensibilizar varios sectores de la población Vallenata; y en particular a la familia, y principalmente a los niños en el cuidado del agua y de la Cuenca del Río Guatapurí. Para ello realizan actividades artísticas y culturales durante todo el año, donde participan Colegios, entidades públicas y privadas, pintores, compositores, entre otros artistas (Diario el Pilón, 2012).

La Mesa Interinstitucional del Río Guatapurí ha tenido como iniciativa impartir en los colegios públicos y privados la cátedra “Uso y Cuidado del Río Guatapurí” en los estudiantes de quinto de primaria, proyecto liderado por el Colegio Fisher Kids y el Centro Comercial Guatapurí Plaza, integrantes de la mesa. El objetivo de esta iniciativa es generar conciencia sobre la preservación y protección de los recursos naturales del río Guatapurí, mediante la enseñanza de cada uno de los elementos que conforman los ecosistemas asociados (Mesa Interinstitucional Río Guatapurí, 2015). Este proyecto piloto inició

en el II semestre del 2015 con 8 colegios; y actualmente se está buscando el apoyo de la secretaria de educación municipal, para que esta cátedra haga parte de los contenidos impartidos en quinto de primaria.

Aunados a estos esfuerzos cabe destacar el trabajo de los grupos ambientales y entidades no gubernamentales, que a través de campañas de limpieza y sensibilización aportan al cuidado y preservación de la cuenca hídrica del río Guatapurí.

Con el desarrollo de este proyecto el Grupo de Investigación INVECOMM, del Centro de Operación y Mantenimiento Minero busca crear una conciencia de conservación, protección, preservación y mejoramiento de la subcuenca del río Guatapurí en niños o estudiantes del Municipio de Valledupar, a través de una cartilla que enseñe la fauna y flora del río de forma interactiva; como apoyo a las iniciativas y programas de las entidades gubernamentales y no gubernamentales, para mitigar o solucionar los problemas que afectan la cuenca río Guatapurí.

Cabe destacar que la Realidad Aumentada (RA) es una herramienta de la informática que combina gráficas en 3 dimensiones, animaciones y contenidos web con entornos físicos reales, a través de interacciones con dispositivos como celulares o computadores (Céspedes, et al., 2012). La RA no es una tecnología nueva, sus inicios fueron en el cine cuando aparecían imágenes de animaciones junto a personajes reales; pero con la aparición de los dispositivos móviles y la tecnología 3G, esta fue adquiriendo posicionamiento en diferentes áreas de la ciencia como el arte, antropología, medicina, odontología, educación, geografía, entre otras (Tovar, et al., 2013).

En el ámbito de la educación la RA se ha utilizado en los procesos de enseñanza y aprendizaje en todos los niveles académicos, como herramienta de apoyo a los métodos tradicionales de estudio; y complemento de las actividades extraclases y laboratorios (Prada y Uribe, 2013). El trabajo más destacado en esta área fue el libro MagicBook desarrollado por Mark Billin-

ghurst de la Universidad de Washington, Hirokazu Kato de la Ciudad Universitaria de Hiroshima e Iván Poupyrev de los Laboratorios de Ciencia de la Computación de Sony. El sistema estaba formado por un display de mano, una estación de procesamiento de gráficos y el libro físico donde se encuentran los marcadores de referencia (Tovar, et al., 2013). El objetivo de esta aplicación es que al estudiante le resultara más atractivo la lectura del libro (Billin-ghurst, et al., 2001).

En el año 2002 el Instituto para la Tecnología de Software y Sistemas Interactivos y la Universidad Tecnológica de Viena, desarrollaron una aplicación en tres dimensiones por ordenador y detección de marcadores es para la enseñanza de la matemática y la geometría. Esta utiliza la biblioteca "StudierstubeTracker" para la visualización por ordenador y la detección de los marcadores de referencia (Tovar, et al., 2013).

En el año 2010 el Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial y la Universidad Politécnica de Valencia, desarrollaron un juego con realidad aumentada para la enseñanza de letras y palabras, el juego contiene pruebas que le permiten a los niños medir su aprendizaje (Tovar, et al., 2013).

En Taiwán en el año 2012 se desarrolló una aplicación con realidad aumentada para estudiar el entorno ecológico de las mariposas, esta le permite al estudiante interactuar de una manera interactiva y atractiva con el hábitat de las mariposas (Tarng & Ou, 2012)

En el año 2014 fue creada la aplicación con realidad aumentada i-Wow Civilizations Egypt, para que los niños o estudiantes aprendan de una manera interactiva acerca del Antiguo Egipto.

En el año 2015 la Universidad de Zaragoza desarrollo "Juglar", que es un juego con RA para ayudar el proceso formativo de niños con dificultad de aprendizaje o alguna discapacidad (García, 2015).

A nivel nacional también se han desarrollado aplicaciones con realidad aumentada como herramienta de la educación. En el año 2008 la Facultad

de Arquitectura de la Universidad Javeriana de Bogotá, desarrollo el software “DRAT” para la recreación de Estructuras Arquitectónicas Abstractas. También en la Universidad de Cartagena se desarrolló una aplicación con RA, para la enseñanza de la simetría molecular, con el objetivo de que los estudiantes de química pudieran interactuar con las moléculas desde sus dispositivos móviles y un texto guía. Otros trabajos realizados por esta misma Universidad constituyen una guía turística basada en realidad aumentada y una aplicación interactiva para el aprendizaje del ajedrez básico (Tovar, et al., 2013).

La Fundación Universitaria del Área Andina desarrolló un proyecto sobre como la Realidad Aumentada dinamiza los procesos de enseñanza y aprendizaje de la geometría básica secundaria. La investigación tiene como objetivo identificar las variables y factores a tener en cuenta para el desarrollo del software educativo (Céspedes, et al., 2012).

En el año 2015 Garcia-Hernan (2015), desarrollo un trabajo para conocer la incidencia de implementar la RA como estrategia didáctica del proceso formativo en los tiempos de atención en niños de 3 y 4 años de edad por medio de una cartilla pedagógica desarrollada en realidad aumentada.

En este proyecto de investigación se busca aplicar la herramienta de RA para el aprendizaje sobre la fauna y flora del río Guatapurí, a través de una cartilla interactiva que sirva como herramienta para crear conciencia de conservación, protección, preservación y mejoramiento de la subcuenca, en niños o estudiantes.

## II. METODOLOGÍA

### 1. Diseño metodológico

El tipo de investigación desarrollada en este proyecto es aplicado, porque responde a los interrogantes sobre cómo la herramienta de RA, puede utilizarse para que los niños o estudiantes del Municipio de Valledupar aprendan sobre las principa-

les especies de fauna y flora del río Guatapurí.

El nivel de la investigación es experimental, porque se utiliza la realidad aumentada como variable de control, en el problema, estrategias y acciones para mitigar o dar solución al mal uso de las especies de fauna y flora del río Guatapurí, para analizar la apropiación de conceptos en estudiantes de la ciudad de Valledupar.

### 2. Procedimientos y recursos a utilizar

Para llevar a cabo esta investigación se proponen las siguientes etapas:

#### A. ETAPA 1: REVISIÓN Y ELABORACIÓN DE CONTENIDOS SOBRE LAS ESPECIES DE FAUNA Y FLORA DEL RÍO GUATAPURÍ.

En esta etapa se recolectará información acerca de las especies de la fauna y flora pertenecientes al ecosistema de la subcuenca del Río Guatapurí, para ello se consultarán expertos, libros, revistas, documentos e informes. Luego se seleccionarán las especies más representativas según el estado del arte y se elaborarán los contenidos de la cartilla.

#### B. ETAPA 2: DESARROLLO DE LOS MODELOS 3D CONTENIDOS MULTIMEDIA

En esta etapa se desarrollarán los modelos en 3D y contenidos multimedia de las especies más representativas de fauna y flora del río, para ello se utilizará la herramienta 3Dmax y Unity. También se utilizarán algunos modelos existentes disponibles en la web.

#### C. ETAPA 3: DISEÑO Y DESARROLLO DE LA APLICACIÓN MÓVIL

Se desarrollará la aplicación móvil con la herramienta Unity 5 y el sdk vuforia. Esta permitirá la lectura de los modelos impresos y una visualización de sus movimientos y características morfológicas en tres dimensiones. Además de algunos contenidos multimedia.

#### D. ETAPA 4: EVALUACIÓN SOBRE LA APROPIA-

## CIÓN DE LA APLICACIÓN

En esta etapa se hará una evaluación a una muestra de estudiantes, para evaluar la apropiación de los contenidos expuestos en la cartilla. También se hará una encuesta a los docentes para analizar si la apropiación de la RA en el proceso de formación de estudiantes, facilita el aprendizaje de niños y estudiantes en un área específica.

## III. RESULTADOS

### 1. Desarrollo de las etapas de la metodología propuesta

#### A. Etapa 1. Revisión y elaboración de contenidos sobre las especies de fauna y flora del río Guatapurí.

En esta fase se realizó un proceso de recolección de información, partiendo de documentos facilitados por la entidad de Corpocesar, revistas de los autores Barbosa, et al. (2008) y Ordóñez, et al. (2014); acerca de las especies de la fauna y flora pertenecientes al ecosistema de la subcuenca del Río Guatapurí y ecosistemas de los besotes. Se realizaron consultas a expertos quienes con sus conocimientos ayudaron a aclarar la información obtenida.

En la búsqueda de información se involucró a los niños de primaria del Colegio Fisher Kids, quienes estuvieron guiados por parte del docente investigador y otros funcionarios de esa institución, así como del equipo de investigadores del grupo de investigación de Sennova de la ciudad de Valledupar, denominado INVECOMM.

Después de organizarse la información, se procedió a escoger 8 especies de fauna y 8 de flora más representativos del río Guatapurí. De la flora fueron: Caracolí, Perehuetano, Cañagüate, Algarrobo, Ceiba

de leche, Corazón fino, Orejero y Puy. De la fauna fueron: Martín Pescador mayor, Cocinera o Garrapate-ro, conejo común, iguana, bocachico, nutria, sapo común y ardilla roja.

A continuación, se muestra la portada y contraportada de la cartilla diseñada e impresa, tal como se especifica en la figura 1.

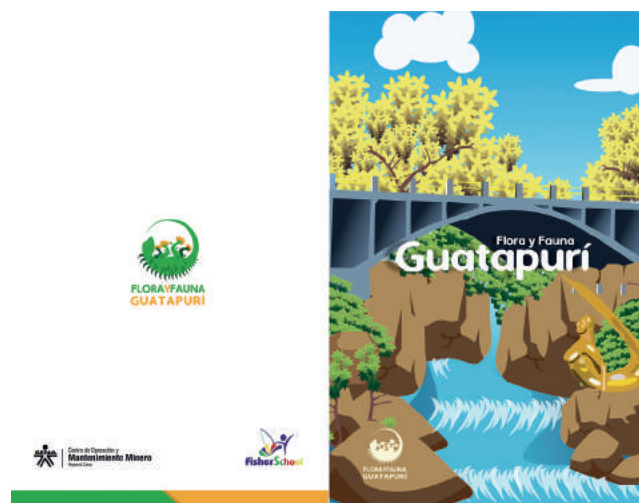


Figura 1. Portada y contraportada de la cartilla de la flora del río Guatapurí.  
Fuente: Propia.

#### B. Etapa 2. Desarrollo de los modelos 3d contenidos multimedia.

En esta fase se trabajó el modelado de 8 especies animales y 8 especies vegetales para su utilización dentro de una aplicación móvil con RA. El modelado para 3d se divide en 2 grandes ramas, modelado orgánico e inorgánico, en nuestro caso específico se trabajó el modelado orgánico y la técnica que se utilizó fue el modelado poligonal con las herramientas 3d Max y UNITY.

Se partió de una geometría básica y se añadieron detalles utilizando herramientas propias del software de modelado como (conectar, extruir, puente entre otras).

## [ sección ]

Se puede ver la geometría de uno de los modelos desarrollados. Ver figura 2



Figura 2. Modelado 3d de una iguana.  
Fuente: Propia.

Una vez el modelo 3D se culminó, el paso siguiente fue texturizar para agregar el efecto de realismo deseado y por último se hizo un rig para animación. Ver figura 3.

En cuanto al modelado de vegetación es un proceso similar, pero ajustado. En este caso se tiene un tronco con su follaje y sus texturas. Ver figuras 4 y 5.



Figura 3. Uvs texture iguana  
Fuente: Propia.



Figura 4. Vista general árbol de caracolí.  
Fuente: Propia.



Figura 5. Archivos del modelo 3d en 3d max  
Fuente: Propia.

Para exportar para unity se debe trabajar el modelo, se exporta como FBX y se trabaja con las mismas texturas que se traen de 3d max. El trabajo posterior se realizó en unity. Ver figura 6.

### C. Etapa 3. Diseño y desarrollo de la aplicación móvil

Para desarrollar tecnológicamente la aplicación de la cartilla se hizo uso de los diferentes componentes en el software de Unity, como: Canvas (por cada interfaz), Botones, Textos, Cámara RA (nos permite cargar la cámara para mostrar los modelos).

En este proyecto se usó Canvas para cada interfaz, en la imagen a continuación se puede observar la interfaz principal de la aplicación. Ver figura 7.

En esta interfaz principal se tienen tres opciones que se pueden usar:

- Lectura de Modelos
- Contenido Multimedia
- Ayuda

Al dar clic en la primera opción de modelos se pasa a la interfaz de categoría de modelos bien sea para el caso de Fauna o de Flora, desplegándose la siguiente interfaz. Esta misma cuenta con botón de acción hacia atrás o volver para regresar al anterior menú. Ver figura 8.

A continuación, podemos seleccionar cualquiera de las categorías de modelos (fauna o flora). Al dar clic a cualquiera de estas dos opciones se desplegará una interfaz donde se muestra la cámara que permitirá hacer el reconocimiento del respectivo marcador en la cartilla para mostrar dicho modelo, como se observa a continuación. Ver figura 9.



Figura 6. Archivos FBX del caracoli.  
Fuente: Propia.



Figura 7. Interfaz Principal de Aplicación de Realidad Aumentada Rio Guatapurí: Fauna y Flora.  
Fuente: Propia.

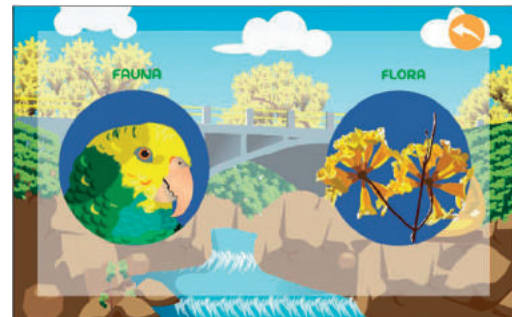


Figura 8. Interfaz de Categoría de Modelos.  
Fuente: Propia.

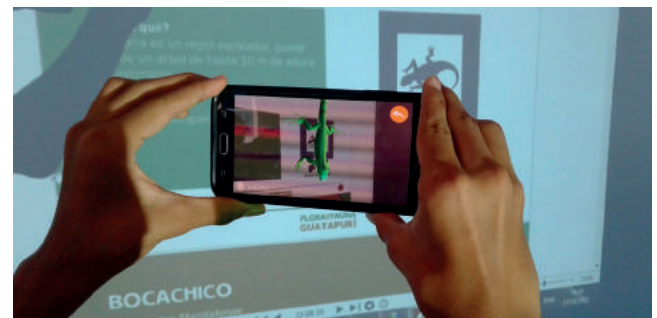


Figura 9. Interfaz de Reconocimiento de Modelo a través del marcador.  
Fuente: Propia.

## [ sección ]

Por otra parte, si se selecciona el botón de información acerca de la especie mostrada en el modelo 3D (como en el caso de la especie de flora que se muestra en la figura 10 a continuación), se mostrará una interfaz con la información referente a la especie del modelo.

En esta interfaz, se tiene, además de la información descriptiva de la especie, un botón de contenido de

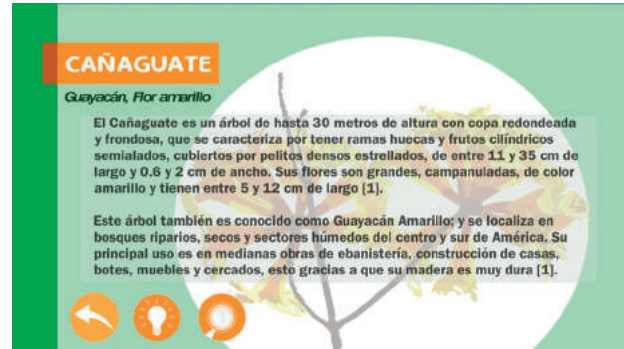


Figura 10. Interfaz de información de especie de flora.  
Fuente: Propia.



Figura 11. Interfaz de datos ¿Sabías Que?  
Fuente: Propia.

datos curiosos de ¿sabías que? y en algunos casos de información de consulta. Al clickear en dicho botón se mostrará una interfaz con dicha información o dato a consultar como observamos en la siguiente figura 11.

A su vez, al regresar al menú o interfaz principal y dar clic en la segunda opción de Contenido Multimedia, nos dirigirá a una interfaz en la se encuentran los botones de reproducción que nos redirigirá al link del canal de YouTube donde están almacenados dichos videos, esto se hizo de esta manera puesto que nos permite mantener la aplicación un poco más liviana en tamaño de almacenamiento que en el dispositivo Smartphone o Tablet. A continuación, se observa interfaz de Contenido Multimedia y redirección a enlace externo a través de navegador o aplicación de YouTube. Ver figura 12.

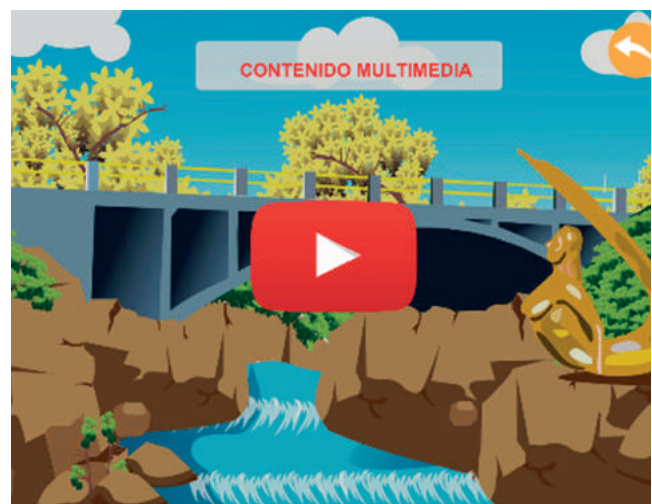


Figura 12. Interfaz de Contenido Multimedia  
Fuente: Propia.

### D. Etapa 4. Evaluación sobre la apropiación de la aplicación

Para la ejecución de esta fase, se diseñaron dos instrumentos de recolección de información, consistentes en encuestas de satisfacción del uso de la aplicación móvil para los alumnos de básica primaria del Colegio Fisher Kids de los grados 4to y 5to. Ver figura 13.

Por otro lado, se aplicó la encuesta a 20 estudiantes de los grados 4to y 5to de primaria del Colegio Fisher, los cuales se muestran en la Tabla 1.

Con respecto a los resultados, arrojaron un porcentaje de más del 95% de aceptación en cuanto a los estudiantes y docentes que utilizaron la aplicación y cartilla

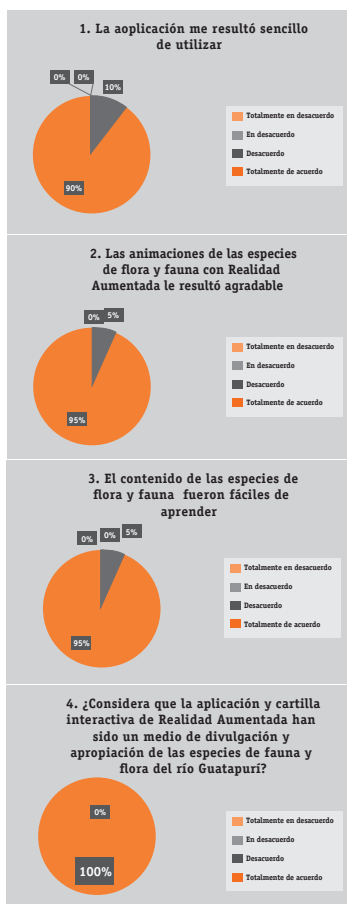


Figura 14. Resultados encuesta de satisfacción uso de la aplicación Flora y Fauna Guatapuri y cartilla interactiva para estudiantes del Colegio Fisher Kids. Fuente: Propia.

Métricas	4 Totalmente de De acuerdo			
	1	2	3	4
1. La aplicación me resultó sencillo de utilizar	0	0	2	18
2. Las animaciones de las especies de flora y fauna con Realidad Aumentada le resultó agradable	0	0	1	19
3. El contenido de las especies de flora y fauna fueron fáciles de aprender	0	0	1	19
4. ¿Algunas de estas especies de fauna y flora contenidas en la aplicación móvil y cartilla de Realidad Aumentada, las ha observado en el río Guatapuri?	0	0	1	19
5. ¿Considera que la cartilla interactiva de Realidad Aumentada ha sido un medio de divulgación y apropiación de las especies de fauna y flora del río Guatapuri?	0	0	0	20

Figura 13. Encuesta de satisfacción uso de la aplicación Flora y Fauna Guatapuri y cartilla interactiva para estudiantes del Colegio Fisher Kids. Fuente: Propia.

#### ENCUESTA DE SATISFACCIÓN USO DE LA APLICACIÓN NAVEGANDO EL GUATAPURÍ Y CARTILLA INTERACTIVA

Institución: Colegio Fisher Kids

Usuario: Estudiante

Fecha: \_\_\_\_\_

Instrucciones

Marca con una x en la columna que corresponde a tu opinión, de acuerdo a la escala siguiente:

Métricas	4 Totalmente de De acuerdo			
	1	2	3	4
1. La aplicación me resultó sencillo de utilizar				
2. Las animaciones de las especies de flora y fauna con Realidad Aumentada le resultó agradable				
3. El contenido de las especies de flora y fauna fueron fáciles de aprender				
4. ¿Algunas de estas especies de fauna y flora contenidas en la aplicación móvil y cartilla de Realidad Aumentada, las ha observado en el río Guatapuri?				
5. ¿Considera que la cartilla interactiva de Realidad Aumentada ha sido un medio de divulgación y apropiación de las especies de fauna y flora del río Guatapuri?				

Tabla 1. Resultados de la encuesta de satisfacción para estudiantes.

## IV. CONCLUSIONES

La Realidad Aumentada es una tecnología que motiva e incentiva a los estudiantes a conocer más sobre lo que hay en su ambiente, así como a divertirse mientras lo hacen; la utilización de libros y aplicaciones con RA, donde los objetos parecen cobrar vida, la posibilidad de interactuar con ellos y poder visualizarlos desde todos los ángulos, impulsa a los jóvenes a explorar nuevos conocimientos y deja atrás la forma estática de ver las temáticas en las hojas de los libros.

En este orden de ideas, se logró el objetivo que los estudiantes del Colegio Fisher Kids de Valledupar, utilizaran la realidad aumentada como herramienta para conocer las principales especies de fauna y flora del río Guatapurí; además se creó conciencia de conservación, protección, preservación y mejoramiento de la cuenca. Con las encuestas quedó demostrado que los estudiantes y docentes, identificaron la aplicación de realidad aumentada “Flora y Fauna Guatapurí”, como una aplicación sencilla de utilizar, con contenidos pertinentes y fáciles de aprender, les pareció divertida la tecnología de Realidad Aumentada y consideraron también esta herramienta como apoyo para la formación en sus aulas de clases.

## V. AGRADECIMIENTOS

A los investigadores del grupo de investigación INVECOMM, que desarrollaron la idea y ayudaron en su ejecución.

A las entidades como Corpocesar, Sennova y Colegio Fisher Kids por el apoyo brindado.

## VI. REFERENCIAS

Barbosa, et al. (2008). Revista Guía ilustrada de plantas destacadas del Santuario de Vida Silvestre Los Besotes. Valledupar, Cesar, Colombia.

Billinghurst, M.; Kato, H.; Poupyrev, I. (2001). The Magic Book-Moving Seamlessly between Reality and Virtuality. IEEE Computer Graphics and Applications, (1-4).

Casademont, et al. (2010). De la telefonía móvil a internet, Catalunya: Ediciones UPC.

Céspedes de los Ríos, G. (2012). Realidad Aumentada como Herramienta en la enseñanza aprendizaje de Geometría Básica. Panorama, 57.

Corpocesar. (2016). Recuperado de <https://www.corpocesar.gov.co/AprestamientoGuatapuri%20V3.pdf>

Craig, A. (2013). «Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications,» Waltham, Elsevier, pp. 15-20.

Diario El Pílon. (2012). Inician reforestación en la margen izquierda del Guatapurí. Recuperado de <http://elpilon.com.co/inician-reforestacion-en-la-margen-izquierda-del-guatapuri/>

García, H. (2015). Incidencia de la implementación de la estrategia didáctica del recurso tecnológico educativo de realidad aumentada. Recuperado de <http://realidadaugmentadamanuelabeltran.blogspot.com.co/2015/09/incidencia-de-la-implementacion-de-la.html>

Gobernación del Cesar. (2012). Plan de acción 2012-2015. “Desarrollo Sostenible y participativo para el Departamento del Cesar”. Valledupar: Colombia, pp 78-80.

Mesa Interinstitucional Río Guatapurí. (2015). “Uso y cuidado del Río Guatapurí”. Valledupar – Colombia.

Ordóñez, et al. (2014). Guía de Fauna y Flora de la ruta del Sol, sector II, eje ambiental. Valledupar, Cesar, Colombia. ISBN:978-958-58727-0-7

Prada, E. y Uribe, Á. (2013). Multimedia educativa con realidad aumentada aplicada a física mecánica. World Engineering Education Forum.

Tarnng, W., & Ou, K.-L. (2012). A Study of Campus Butterfly Ecology Learning System Based on Augmented Reality and Mobile Learning. 2012 IEEE Seventh International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education, 62-66.

Tovar, et al. (2013). "Propuesta Metodológica para la Construcción de Objetos Virtuales de Aprendizaje basados en Realidad Aumentada," Formación Universitaria, vol. 7, no. 2, pp. 11-20, 2014



