

Vol. 3 No. 1

2018



Revista

SENNOVA

ISSN: 2389-9573

E-ISSN: 2619-3973





REVISTA SENNOVA

Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación

ISSN: 2389-9573

E-ISSN: 2619-3973

PERIODICIDAD: ANUAL

Volumen 3

Enero – Diciembre de 2018

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Calle 57 No. 8 - 69 Bogotá D.C. (Cundinamarca), Colombia

Correo: revistasennova@sena.edu.co

URL OJS: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/sennova/index>



COMITÉ CIENTÍFICO/EDITORIAL

Ruth Cordoba-Rodriguez
PhD. Directora de Regulatory Affairs
AstraZeneca
Baltimore, USA

Daniela Franco Bodek
PhD. en Ciencias Químicas
Universidad Nacional Autónoma de México.
Ciudad de México.
México.

Héctor Fabio Cortes Hernández
PhD. en Ciencias Químicas
Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
Medellín.
Colombia.

Pablo Andras Ortiz Pineda
PhD. en Biología molecular
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Fernando Luna Vera
PhD. en Ciencias Químicas, Químico
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Oscar Javier Osorio Pedroza
PhD. Ciencias Químicas y Tecnologías de Polí-
meros
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Yuli Marcela Ordoñez Castañeda
PhD. en Biotecnología
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Stephany Valle Córdoba
MSc. En Desarrollo Humano
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

EQUIPO EDITOR

Carlos Mario Estrada Molina
Director General
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Emilio Eliecer Navia Zúñiga
Coordinador SENNOVA
Servicio Nacional de aprendizaje SENA

Alvaro Fredy Bermúdez Salazar
Subdirector Centro de Comercio y Servicios
Servicio Nacional de aprendizaje SENA

Aylin Viviana Silva Ortiz
PhD. en Ciencias
Editora
Servicio Nacional de aprendizaje SENA

María Andrea Benítez De la Ossa
Gestora Editorial
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Luis Fernando Delgado Muñoz
Dinamizador
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

**Michelle Gutierrez
Jonathan Montoya**
Aprendices del Centro Industrial y de Aviación
Regional Atlántico
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Luis Felipe Lozada
Apoyo a la Gestión Editorial
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Copyright

La publicación de los artículos en la Revista SENNOVA es responsabilidad de los autores, los artículos publicados en medio impreso y electrónico están autorizados por los autores mediante cesión de derechos de autor

Calidad Editorial y Propiedad Intelectual

La revista se acoge a los lineamientos de copyright: Creative Commons 4.0, la política: Atribución-No comercial-Compartir igual (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Este tipo de política suscita el reconocimiento al derecho de autoría de carácter no comercial y que deben compartir la información tal y como está publicado en la página web.



Michelle Gutierrez Jonathan Montoya

Aprendices del Centro Industrial y de Aviación - Regional Atlántico, Ganadores del Concurso “Diseña la portada de la Revista SENNOVA Volumen 1 2018”. Concurso que busco darle inclusión a los aprendices en el proceso editorial de la revista SENNOVA.

A graphic with a green and orange geometric background. It features a large, stylized word "Aprendiz" in white. Below it, a tilted image shows a magazine cover for "Revista SENNOVA" with various photos of people and text. To the right of the magazine image, the text "Si quieres ser el diseñador de la portada de la Revista SENNOVA Volumen 3" is written in orange. Below this, a paragraph in black text invites participants to submit their proposals. A list of requirements is provided, followed by contact information for the SENNOVA office and a small SENNOVA logo at the bottom right.

Aprendiz

Revista SENNOVA

“Si quieres ser el diseñador de la portada de la Revista SENNOVA Volumen 3”.

El Centro Industrial y de Aviación a través de la Unidad de Investigación te invita a inscribirte y presenta tus propuestas

Requisitos

- + Ser aprendiz SENA
- + Utilizar colores institucionales
- + Seguir ejemplos
- + Entregar tu propuesta hasta el 22 de octubre de 2018 en medio digital editable
- + “La portada gira en torno a las actividades de ciencia y tecnología que se desarrolla en los laboratorios del Sena”

Ven y acércate a la oficina de Sennova

Para más información |
Oficina sennova, tercer piso |
Complejo Industrial biblioteca |

SENNOVA

SENA

EDITORIAL

La globalización y los retos a los que se enfrenta el mundo contemporáneo, estimulan la generación de ideas innovadoras de base tecnológica que incentiven la formulación y puesta en marcha de estrategias o políticas de desarrollo para las regiones. Por ello, las últimas décadas se han consolidado en el marco de la “era del conocimiento” y han sido escenario de grandes crecimientos económicos, sociales y/o tecnológicos a nivel mundial, donde prima la generación de saberes como insumo para entender realidades vigentes y construir soluciones a demandas que determinan el crecimiento de las naciones.

De esta forma, entendiendo que la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (I+D+i) comprende el desarrollo de trabajos creativos para la generación de nuevo conocimiento orientados al cierre de brechas sociales, económicos y/o tecnológicos de las regiones; la “sociedad del conocimiento” actual, orienta y aúna esfuerzos en la producción de conocimiento riguroso, relevante e innovador en torno a los diversos indicadores de desarrollo humano que soportan el crecimiento de una nación.

Sin embargo, la apropiación social del conocimiento generado, carece en la actualidad de mecanismos estandarizados para su ejercicio en las comunidades, y por consiguiente, la sociedad se enfrenta a un problema de perspectivas regionales o fragmentación de saberes, que no solo genera nuevas brechas, sino que también conlleva a un desarrollo desequilibrado a nivel mundial. Por ende, es necesario que la producción de conocimiento científico se soporte desde una visión multidisciplinar innovadora y con perspectiva de cambio, para fomentar entornos estables que garanticen transformaciones reales ante la complejidad de las problemáticas existentes a nivel mundial.

Particularmente, Colombia, es considerado como un país en vía de desarrollo, sobresaliente a nivel mundial por un sin número de atributos que hacen de él una potencia turística para extranjeros y una alternativa de inversión económica para grandes potencias mundiales por su biodiversidad; sin embargo, también ha sido reflejo de grandes hazañas sociales y económicas que aún en medio de su riqueza y diversidad, han hecho de su sociedad, una población marcada por el conflicto y la pobreza.

EDITORIAL

En las últimas décadas, de forma específica en el último cuatrienio, Colombia ha demostrado al mundo, ser una potencia en desarrollo social y económico, por cuanto en medio de las carencias de sus comunidades, ha logrado sobreponerse a diversas dificultades y fortalecer el crecimiento de sus regiones desde iniciativas gubernamentales en los diferentes campos de acción que soportan un país.

Por ello, y en consonancia con apuestas nacionales, el Servicio Nacional de Aprendizaje- SENA plantea en el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación – SENNOVA, la responsabilidad de generar conocimiento de alto impacto que soporte diversos índices de competitividad y productividad en el País, desde la Ciencia, la Tecnología y la Innovación.

Con más de cien grupos de investigación activos, cinco mil aprendices semilleros y tres mil instructores asociados al proceso de I+D+i, el SENA busca impactar significativamente en cada rincón del país, reconociendo las potencialidades y riquezas de cada región para desarrollar propuestas de solución y cambio a realidades socio-culturales, económicas, productivas, tecnológicas, ambientales y demás carencias representativas de cada comunidad específica.

El presente volumen recopila diferentes iniciativas de I+D+i desarrolladas por investigadores y semilleros desde diversas áreas de conocimiento y apuestas en torno a los objetivos de desarrollo sostenible para los países de América Latina y el Caribe, tales como:

- ✓ Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria, la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
- ✓ Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
- ✓ Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna.
- ✓ Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos
- ✓ Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.

EDITORIAL

- ✓ Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- ✓ Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- ✓ Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
- ✓ Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.

Todas las propuestas recopiladas se desarrollan de forma conjunta y colaborativa con comunidades, gremios y en general con diferentes actores que convergen en el sostenimiento de una nación, para impactar positiva y significativamente en el desarrollo del país; apostando finalmente a la generación, transformación, transferencia y apropiación social del conocimiento de alto impacto.

Esta es la verdadera apuesta del mundo actual. Una sociedad del conocimiento, ávida de saberes y motivada por entender sus realidades, donde el capital intelectual se constituye como la mayor riqueza intangible en la economía de un país, determinado por la revolución científico – técnica.

Stephany Valle Cordoba
MSc. en Desarrollo Humano

CONTENIDO

Ensayo in vivo de un concentrado para peces, elaborado con harina de Matarratón (*Gliricidia Sepium*) y cascara de camarón en la etapa de engorde de peces comerciales: Tilapia Roja (*Oreochromis mossambicus*), Sábalo (*Prochilodus nigricans*) y Cachama negra (*Colossoma macropomum*)

Jesus Bustamante Melo, Mario Andres Salcedo Jurado, Eduardo David Chalapud Narvaez, Ramiro Arturo Quiñones Zambrano9

Efecto del choque de temperatura y tiempo sobre la fertilización y sobrevivencia de las larvas de bocachico (*Prochilodusmagdaleneae*) sometidos a tratamientos de triploidización

Beatriz Elena Zapata, Ruben Dario Valbuena Villarreaño23

El momento es ahora: la investigación en educación debe ingresar a las aulas

Jeffry López Criollo35

Experiencia práctico pedagógica en la aplicación de Scrum en el aula

Juan de Jesús Lizcano Sánchez40

Inventario de mariposas diurnas en la cuenca de la quebrada Santo Tomás, Pensilvania-Colombia

Sergio Adrián Murillo Montoya, Carlos Julio Fadul Vazquez, Jairo Valdeleón Manrique . 57

Diseño de un sistema de reutilización de agua para pruebas hidrostáticas a válvulas industriales

Yamile Camacho Rubiano, Diana Yalile Martinez Moreno77

El inicio de la revolución de los genes

Jesus Bustamante-Melo, Veronica Jarrín-Jarrín89

Control de movimiento y simulación 3D con cinemática completa de un prototipo de mano robotizada de 5 falanges de 5 GDL en el software CAD CATIA de Dassault Systemes

Oscar Duque Suarez, Miguel Ángel Niño Ardila, Andrés Mauricio Puentes Velásquez.....104

Ensayo in vivo de un concentrado para peces, elaborado con harina de Matarratón (*Gliricidia Sepium*) y cascara de camarón en la etapa de engorde de peces comerciales: Tilapia Roja (*Oreochromis mossambicus*), Sábalo (*Prochilodus nigricans*) y Cachama negra (*Colossoma macropomum*)

In vivo test of a concentrate for fish, made with flour of Matarratón (*Gliricidia Sepium*) and shrimp shell in the stage of fattening of commercial fish: Red Tilapia (*Oreochromis mossambicus*), Sabalo (*Prochilodus nigricans*) and Black Cachama (*Colossoma macropomum*)

Recibo: 05.05.2017 Aceptado: 04.09.2018

Para Citar:

Bustamante, J., Quiñones, R., Salcedo, M., & Chalapud, E. (2018). Ensayo in vivo de un concentrado para peces, elaborado con harina de Matarratón (*Gliricidia Sepium*) y cascara de camarón en la etapa de engorde de peces comerciales: Tilapia Roja (*Oreochromis mossambicus*), Sábalo (*Prochilodus nigricans*) y Cachama negra (*Colossoma macropomum*) *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(1), 9-22. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.666>

Jesus Bustamante Melo

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
jbustamantem@sena.edu.co
Colombia

Eduardo David Chalapud Narvaez

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
aprendizajeinnovate@gmail.com
Colombia

Ramiro Arturo Quiñones Zambrano

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
aquinones@sena.edu.co
Colombia

Mario Andres Salcedo Jurado

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
masalcedo@sena.edu.co
Colombia

Resumen

El uso de alimentos balanceados comerciales garantizan el éxito de una explotación acuícola, pero por sus costos el pequeño productor siempre ha buscado la manera de obtener resultados similares con alimentos alternativos de fácil consecución en el medio, buscando principalmente fuentes alternativas de proteínas, para este ensayo se tomó el follaje del matarratón (*Gliricidia Sepium*) y la cáscara de camarón que es fuente de quitina, como fuente de proteína para la preparación de un concentrado para alimentar peces de las especies Tilapia Roja (*Oreochromis mossambicus*), Sábalo (*Prochilodus nigricans*) Cachama negra (*Colossoma macropomum*), son especies comerciales que se adaptan fácilmente a condiciones rústicas y a diferentes tipos de alimentos como el caso de la Cachama. El objetivo de este ensayo es analizar si el balanceado propuesto tiene aceptación por parte de los peces que ya se encuentran en etapa de engorde con un peso vivo promedio de 150 g, en piscinas en tierra de 60 m x 26 m. Fueron utilizados 700 individuos de Tilapia, 700 de Cachama y 200 de Sábalo. El ensayo duró 120 días, los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua se verificaron periódicamente permaneciendo dentro de los parámetros adecuados y se registraron las medidas biométricas para el ajuste de la cantidad de concentrado a proveer de acuerdo al crecimiento. Las variables productivas tenidas en cuenta fueron: tasa de supervivencia, incremento de la biomasa y el factor de conversión aparente del alimento. Los resultados obtenidos permiten concluir que estas fuentes alternativas de proteínas en alimentos balanceados, si son factibles a ser usadas en las tres especies con resultados aceptables cercanos a los obtenidos con concentrados comerciales.

Palabras clave: alimentación, peces, nutrición, concentrados alternativos, matarratón.

Abstract

The use of commercial balanced feed guarantees the success of an aquaculture farm, but because of its costs, the small producer has always looked ways to obtain similar results with alternative foods that are easy to obtain in the environment, looking mainly for alternative sources of proteins, for this trial. The foliage of the matarratón (*Gliricidia Sepium*) and the shell of shrimp that is a source of chitin was taken, as a source of protein for the preparation of a concentrate to feed fish of the species Red Tilapia (*Oreochromis mossambicus*), Sabalo (*Prochilodus nigricans*) Cachama Black (*Colossoma macropomum*), are commercial species that adapt easily to rustic conditions and to different types of food such as Cachama. The objective of this test is to analyze if the proposed balance has acceptance by the fish that are already in the fattening stage with an average live weight of 150 g, in ground pools of 60m x 26m. 700 individuals of Tilapia, 700 of Cachama and 200 of Sabalo were used. The test lasted 120 days, the physicochemical parameters of water quality were checked periodically staying within the appropriate parameters and biometric measurements were recorded for the adjustment of the amount of concentrate to be supplied according to the growth. The productive variables considered were: survival rate, increase of the biomass and the apparent conversion factor of the food. The results obtained allow us to conclude that these alternative sources of proteins in balanced feed, if feasible to be used in the three species with acceptable results close to those obtained with commercial concentrates.

Key words: feeding, fish, nutrition, alternative concentrates, *Gliricidia Sepium*.

Introducción

La última década la acuicultura ha venido cobrando importancia a nivel mundial y en Colombia ha tenido auge en estos últimos años, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en 2010 alcanzó una producción de 60 millones de toneladas a nivel mundial.

En Colombia para el año 2010 se utilizaron 2.000 ha de espejo de agua (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2010).

Para el 2011 la acuicultura en el país produjo 83.200 toneladas según la Corporación Colombia Internacional (CCI) y para el 2014 la producción fue de 96.761 toneladas e incluso ha aumentado el consumo de pescados, crustáceos, moluscos e invertebrados acuáticos a nivel nacional que las importaciones de estos productos para el 2016 fueron de 95.792 toneladas según CENICUA-DANE (Portafolio, 2017).

En Colombia hay 1.435 especies de peces de agua dulce de las cuales 173 son de interés comercial, hay no menos de 30.000 acuicultores y los peces que más se consumen de la oferta local son la Tilapia y la Trucha (Portafolio, 2017).

Las condiciones geográficas y climáticas de ciertas regiones del país favorecen la acuicultura hay 25.084 Unidades de Producción (UPA), los departamentos que encabezan la lista son Antioquia, Santander, Córdoba y Tolima con 2.700, 2.590, 2.338 y 1.689, seguidos de Cundinamarca, Cauca, Nariño Valle, Putumayo y Boyacá de acuerdo al III Censo Nacional Agropecuario y el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) y DANE en el 2015 (Portafolio, 2017).

A pesar de que la producción acuícola en el país ha venido creciendo, desde 39.774 toneladas en 2004 hasta 96.761 en 2014 (Portafolio, 2017). La acuicultura en el país tiene limitaciones como el encarecimiento del suelo, baja productividad de las explotaciones existentes, el incremento de los precios de las materias primas a nivel mundial lo que repercute en el incremento de los precios de los alimentos concentrados, que influye directamente en la disminución de la competitividad de este sector (Merino, Bonilla & Bages, 2013).

La actividad acuícola cada día es menos rentable puesto que el precio elevado de los concentrados que corresponde al 60% de los costos de producción (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2012). Desde los años noventa se viene estudiando

diferentes especies vegetales como fuentes de proteína para alimentación animal, en estos últimos años se ha visto la necesidad de hacer investigaciones en requerimientos de micronutrientes y digestibilidad de estas fuentes alternativas para la alimentación de especies acuícolas y formular nuevas dietas comerciales (IICA, 2012).

En el año 2015, en la estación piscícola del Centro Agroindustrial y Pesquero de la Costa Pacífica del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, regional Nariño en la ciudad de Tumaco, y con la colaboración de aprendices del programa Tecnología en Acuicultura, se llevó a cabo la experiencia de probar en la practica la aceptación de un concentrado artesanal, elaborado con un porcentaje de materias primas no convencionales, en especies de peces comerciales como Tilapia Roja (*Oreochromis mosambicus*), Sábalo (*Prochilodus nigricans*) Cachama negra (*Colosama macropomum*) que ya estaban en la etapa de engorde con un peso promedio de 150 g.

En Colombia el consumidor demanda peces entre 100 y 500 g con tallas que van entre 28 y 35 cm de longitud (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial [UNIDO], 2000), en nuestra región se prefieren los peces de 200 g en adelante.

Materiales y Métodos

En agosto de 2015 se inició la elaboración del concentrado en las instalaciones del entro a base maíz como fuente de energía y complementado con cascara o caparazón de camarón recogido de camaroneras de la ciudad y matarratón de cercas vivas aledañas al centro como fuente de proteínas debido a su alto contenido proteico, según la literatura el matarratón tiene el 26% de Proteína Bruta (PB) (Temesgen, 2004), una de las formas más adecuadas de aprovechar y optimizar sus hojas es deshidratarlas y convertirlas en harina.

La caparazón de camarón tiene el 40.9% de proteína y la mejor forma de aprovecharla para alimentación es hacerle el mismo tratamiento (Pacheco, 2013).

En la Tabla 1 se describen los equipos que se utilizaron para la implementación del proyecto.

Tabla 1.
Equipos para la implementación del proyecto

Cantidad	Equipo	Observaciones
3	Piscina de engorde en tierra	De 60 x 26 x 1,20 m, con tuberías sanitarias de ingreso de agua y drenaje de 6".
1	Balanza tipo bascula	Electrónica capacidad 100 kg, display 6 dígitos.
1	Balanza tipo gramera electrónica capacidad 5 kg	Electrónica capacidad 5 kg, display 6 dígitos.
1	Horno eléctrico	Deshidratador de 4 bandejas, tablero digital y teclas para programación. 6,3 Kw y 220 v
1	Molino de martillos	Molino de 5 martillos con tolva y diferentes mallas diámetros serie Tyler. Reducción de tamaño de las materias primas.
1	Mezcladora	Horizontal en acero inoxidable con capacidad para No kg. Mezclado de materias primas. $\frac{3}{4}$ HP, 1700 RPM.
1	Molino Extrusor	Tolva y cubierta en acero inoxidable, tornillo sin fin con cuchilla cortadora, disco de salida de diferentes diámetros. Elaboración de pelets y granulados. 1 HP, 207 RPM.
1	Planta eléctrica. Diesel	Necesaria para hacer funcionar los equipos de elaboración de concentrados cuando hay cortes del suministro del fluido eléctrico, habitual en el municipio de Tumaco.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.
Composición de la dieta propuesta

Ingredientes	%
Harina de maíz	30
Harina salvado de arroz	20
Salvado de trigo	15
Harina de matarratón	8,4
Harina de camarón	15,6
Melaza	8
Harina de concha	2

Fuente: Elaboración propia

Se propuso una fórmula para la elaboración de la dieta con 8,4% de matarratón deshidratado y 15,6% cascara de camarón, descrita en la Tabla 2, se le agregó harina de cascara de arroz para darle algo de flotabilidad y se elaboró artesanalmente de la siguiente manera:

Recepción y pesaje

Las materias primas se reciben en bultos, se pesan y limpian de elementos extraños (ver Figura 1).



Figura 1. Recepción de Materias primas
Fuente: Elaboración propia

Deshidratación

Se llevó a cabo el proceso de deshidratación en un Horno eléctrico con capacidad para 4 bandejas entre 55 y 60 °C. Esto con el fin de deshidratar las hojas de matarratón y las cascara de camarón hasta el 10% de humedad. Esta temperatura también sirve para romper las paredes celulares de las células vegetales y aumentar la digestibilidad del matarratón (Ortiz, Morales, Vásquez & Espinosa, 2014). Este proceso se realiza por lo menos 12 horas. Para apoyar el proceso de deshidratado cuando la capacidad del horno estaba al límite se utilizó un deshidratador solar (Ver Figura 2).



Figura 2. Deshidratación
Fuente: Elaboración propia

Molienda

La cascara de camarón y el matarratón se molieron hasta obtener un tamaño de partícula entre 2 y 10 mm mediante molino de martillos, lo mismo con el maíz y el cisco.

Dosificación

Una vez molidas las materias primas se pesaron las cantidades de acuerdo a la dieta propuesta.

Mezclado

Los ingredientes se mezclaron utilizando una mezcladora horizontal durante un tiempo aproximado de 20 minutos. Inicialmente se trabajó con el 95% del volumen de la cochada durante 10 minutos; posteriormente se agregó la melaza y agua y de ser necesario se continuó mezclando durante otros 10 minutos.

Extrusión

Este proceso se realizó en un molino adaptado para tal fin, donde se obtienen gránulos de húmedos de diferentes tamaños (Ver Figura 3).



Figura 3. Extrusión y obtención del concentrado

Fuente: Elaboración propia

Secado

Se extendió el producto húmedo en las bandejas de secado y se realizó nuevamente en el proceso de deshidratación en el horno deshidratador, el producto seco se extendió en el piso y luego se almacenó en sacos de polipropileno y recipientes para la distribución del alimento a la piscina.

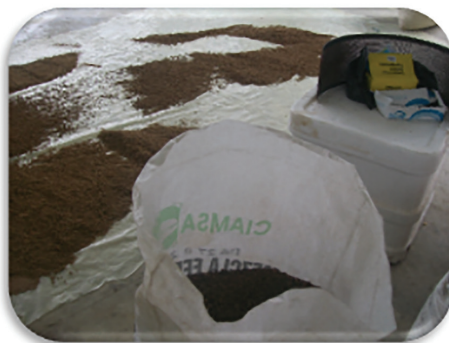


Figura 4. Secado

Fuente: Elaboración propia

Base teórica del funcionamiento

La etapa de precia se desarrolló normalmente en las tres especies, bajo parámetros técnicos para ello se contó con la experiencia del personal técnico de la estación acuícola del centro, los peces se alimentaron normalmente con concentrados comerciales hasta que lograron pesos promedios entre los 60 y 70 g. Para la etapa de engorde se trasladaron los peces a las piscinas o estanques tradicionales para este fin con una

densidad de 2,3 por m² para las cachamas y tilapias, la densidad para los sábalos fue muy baja, menos de 1 pez por m² se siguieron alimentando con concentrado comercial del 35% de proteína. Se distribuían las raciones manualmente 3 veces

en el día, hasta que alcanzaron en promedio 150 gramos, desde este hito se inició la alimentación con el concentrado propuesto, con este alimento se culminó la etapa de engorde hasta 120 días después de iniciar esta experiencia.



Figura 6. Alimentación de los peces

Fuente: Elaboración propia

Durante esta etapa se siguió controlando los parámetros físico-químicos del agua como: Oxígeno Disuelto, la temperatura y el pH del agua, pero solo una vez al día, las densidades de población no eran muy altas, entonces no se temía que parámetros como el oxígeno fallaran en las piscinas. Los datos tomados se llevaron en una bitácora o minuta.

Semanalmente se tomaron los datos biométricos como el peso promedio de los animales, antes de la

primera ración de alimento y después de la alimentación. Se tomó una muestra de peces por cada especie y piscina, se pesaron en forma global y se dividió este valor por el número de individuos de la muestra.

Todos los días se preparó la cantidad necesaria de concentrado para la alimentación de los peces, ajustando la cantidad de acuerdo al porcentaje de la ración alimenticia y el peso promedio, 3.5% para peces de 150 g en el primer mes y en los

siguientes el 3%. Evitando el exceso de alimento, debido a que el sobrante se daña y podría generar problemas al agua disminuyendo la cantidad de oxígeno y produciendo la muerte de los peces (Ver Tabla 3).

Tabla 3.

Datos de la cantidad de concentrado consumido

Ítem	Tilapia	Cachama	Sábalo
Mes 1 (3.5%) consumo/día (Kg)	3.7	3.7	1.1
Consumo Mes 1 (Kg)	111	111	33
Mes 2 (3%) consumo/día (Kg)	4.1	4	1.2
Consumo Mes 2 (Kg)	123	120	36
Mes 3 (3%) consumo/día (Kg)	6.3	5	1.5
consumo Mes 3 (Kg)	189	150	45
Mes 4 (2%) consumo/día (Kg)	8.6	4.2	1.25
Consumo Mes 4 (Kg)	258	126	37.5
Total alimento consumido (Kg)	681	507	151.5

Fuente: Elaboración propia

Resultados y discusión

Al finalizar los 120 días, se cosechó la mayoría de los animales de las 3 piscinas en forma manual, cuando alcanzaron un peso promedio de 448 g que está dentro del peso comercial,

se evisceraron y fueron adquiridos por un supermercado de la ciudad para su venta (Ver Tabla 4).

Tabla 4.
Datos de la fase de engorde desde los 150 g

Ítem	Tilapia	Cachama	Sábalo
Peso Inicial (g)	150	150	150
Peso 30 días(g)	195	188	190
Peso 60 días (g)	300	235	240
Peso 90 días (g)	430	300	310
Peso 120 días (g)	490	433	421
No inicial de peces	700	700	200
No final de peces	690	698	196
Tasa de Supervivencia (%)	98.5	99.7	95
Aumento g/día (120 días)	2.83	2.35	2.25
Biomasa Inicial Kg)	105	105	30
Biomasa final (Kg)	338.1	302.2	82.5
Incremento de la Biomasa (Kg)	340	283	52.5
Cant alimento sum (120 días) (kg)	681	507	151.5
FCA	2	1.8	2.8

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a estos datos que ofrece el análisis proximal, es un alimento que provee la proteína básica y los nutrientes para que los peces puedan mantenerse, antes del experimento venían siendo alimentados con concentrados comerciales reglamentarios de acuerdo a su etapa de desarrollo, se

puede apreciar que en el primer mes el aumento de peso es mínimo, 1,36 gramos/ día en promedio, esto se debe al periodo de adaptación de los animales por cambio de alimentación.

Para conocer el rendimiento del alimento con respecto al peso ganado por los individuos se calculó el Factor

de Conversión Aparente de Alimento (FCA), que consiste en: Cantidad de alimentos suministrado durante fase de cultivo en Kg / Incremento de la Biomasa en Kg.

Este es un valor que entre más cercano a 1 es mejor para el productor, un FCA aceptable es menor o igual a 1.5 (Pineda, 2012).

El incremento de la biomasa se calcula tomando el valor de la Biomasa final menos la Biomasa inicial. Esto para cada especie (Meléndez, 2009).

Conclusiones

Las cachamas por ser peces omnívoros tienen la ventaja de que pueden comer cualquier tipo de concentrado, por tal razón la dieta o concentrado alternativo tuvo aceptación pues la tasa de supervivencia fue del 99.7%, con respecto a la tilapia la tasa de supervivencia fue del 98.5% demostrando también su gran capacidad de adaptación al alimento alternativo. Para los sábalo la tasa de supervivencia fue del 95% y se presentaron muertes en el primer mes, es posible que el cambio de alimento las haya ocasionado, sin embargo, se puede ver la adaptabilidad de la especie a este tipo de alimentos.

La ganancia de peso en gramos/día, en promedio fue superior a 2

para las tres especies en los 120 días de la experiencia, aunque en el primer mes, los datos de tiempo de adaptación al nuevo alimento el aumento de peso es de 1,36 g/ día en promedio, siempre fueron superiores para la especie tilapia durante toda la etapa.

El FCA para Tilapia fue de 2, los valores de conversión aceptables van de 1.2 a 1.5 (Pineda, 2012), esto con un concentrado comercial adecuado, en este ensayo se logró un FCA aceptable teniendo en cuenta que fueron alimentadas con un concentrado artesanal y con fuentes de proteínas no tradicionales, sin embargo, fueron los animales que más ganaron peso por día (2.83 g/día) durante el tiempo que duro el ensayo, logrando el mayor incremento de la biomasa de las tres especies.

El FCA para cachamas fue el mejor (1.8), esto por su gran adaptabilidad a cualquier tipo de alimento, el incremento de la biomasa fue menor que en las Tilapias y su ganancia en peso por día (2.35 g/día), estos son valores aceptables para el tipo de alimento suministrado.

El FCA para los sábalo fue de 2.8 y también obtuvieron los valores más bajos en cuanto a la ganancia de peso diario y el incremento de la biomasa, no hubo adaptación ideal al alimento desde el inicio del ensayo, pero

tampoco dejaron de crecer siendo factible alimentar estos animales con concentrados alternativos sin llegar a tener pérdidas, se debe aclarar que el incremento en peso también se ve afectado por otros factores como la calidad del agua o la susceptibilidad de la especie a factores anti-nutricionales.

Para determinar si el alimento suministrado es eficiente, se calcula el FCA, un indicador del crecimiento del pez a partir de la cantidad de alimento suministrado (Forero, 2013).

En términos generales el alimento suministrado fue eficiente, los FCA obtenidos no estuvieron alejados de los valores obtenidos tradicionalmente con un concentrado comercial.

La harina de hoja de (*Gliricidia Sepium*) y la harina de caparazón de camarón son materias primas alternativas que pueden usarse en alimentación de peces como Tilapia, Cachama y Sábalo por su alto contenido proteico, haciendo parte de una formulación adecuada para la etapa de los cultivos.

Agradecimientos

A los aprendices: Ángel David Casanova, Yidis Karina Hurtado, Jhon Harry Jurado, Jenny Katherine

Castillo y Juan David Castro del Tecnólogo en Acuicultura. No de ficha 684437 del Centro Agroindustrial y Pesquero de la Costa Pacífica. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Regional Nariño, por la dedicación a las actividades diarias que implicaba llevar a cabo este ensayo.

Al equipo de instructores de la granja acuícola del Centro Agroindustrial y Pesquero de la Costa Pacífica del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, regional Nariño, Tumaco.

Referencias

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2010). *Encuesta Nacional agropecuaria 2010*. Recuperado de: http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/ena/ENA_2010.pdf
- El pescado es la proteína animal que está cobrando popularidad. (21 de marzo de 2017). *Portafolio*, p. 8.
- Forero, B, G. (2013). *Piscicultura Guía práctica*. Bogotá, Colombia: Editorial Granja.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2012). *Agenda*

- nacional de investigación en pesca y acuicultura*. Recuperado de: <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6180/1/BVE17109393e.pdf>
- Meléndez, P. (2009). *Policultivo bocachico - tilapia roja: una alternativa tecnológica*. Convenio No.0829 de 2009 de innovación y desarrollo tecnológico para la acuicultura (Tesis de maestría). SENA-IDEA-Universidad Simón Bolívar, Barranquilla, Colombia.
- Merino, M., Bonilla, S., & Bages, F. (2013). *Diagnóstico del estado de la Acuicultura en Colombia*. AUNAP. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca. Bogotá: RM Gráficos.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2000). *Diagnóstico de la Cadena Productiva Pesquera en la República de Colombia*. Estudio de prospectiva para la cadena productiva de la Industria Pesquera en la Región de la Costa del Pacífico en América del Sur. Recuperado de: [http://pisciculturaglobal.com/serie-alimento-para-tilapias-calculando/](http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/030.Estudio%20de%20Prospectiva%20Regional%20OPTI%20.pdf)
- Ortiz, A., Morales, K., Vázquez, W., & Espinosa, M. (2014). Digestibilidad aparente de *Tithonia diversifolia*, *Gliricidia sepium* y *Cratylia argentea* en juveniles de *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. *Orinoquía*, 18 (2), 214-219.
- Pacheco, N. (2013). *Extracción biotecnológica de la quitina para la producción de quitosanos: caracterización y aplicación* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Pineda, M. (2012). *Piscicultura Global. FCA: Calcular alimento para tilapias*. Recuperado de: <http://pisciculturaglobal.com/serie-alimento-para-tilapias-calculando/>
- Temesgen, G. (2004). *Utilization of (Gliricidia Sepium) Leaf Meal as Protein Source in Diets of Mozambique Tilapia, Oreochromis Mossambicus (Piscs: Cichlidae)* (Tesis doctoral). Universiti Putra Malaysia, Malaysia.

Efecto del choque de temperatura y tiempo sobre la fertilización y sobrevivencia de larvas de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) sometidos a tratamientos de triploidización

Effect of temperature and time shock on fertilization and survival of bocachico larvae (*Prochilodus magdalenae*) subjected to triploidization treatments

Recibo: 11.10.2017 Aceptado: 19.09.2018

Para Citar:

Zapata, B., & Valbuena, R. (2018). Efecto del choque de temperatura y tiempo sobre la fertilización y sobrevivencia de las larvas de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) sometidos a tratamientos de triploidización. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(1), 23-34. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.403>

Beatriz Elena Zapata

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

bzapata@sena.edu.co

Colombia

Rubén Dario Valbuena Villarreal

Universidad Surcolombiana

rubendario@usco.edu.co

Colombia

Resumen

La inducción a la poliploidía en organismos acuáticos, permite mejorar su desempeño en cultivo, debido a que no alcanzan la madurez sexual, por lo que existe un control sobre la población; además en el ámbito ambiental, específicamente aplicado a programas de repoblamiento con individuos estériles, se atenúan o eliminan riesgos ligados a la interacción reproductiva con poblaciones naturales residentes en el medio, lo que posibilita conservar la diversidad genética y evitar endogamia. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos rangos de temperatura (0-4 y 4-8°C) y tres tiempos de choque térmico (5, 10 y 15 min) sobre los porcentajes de fertilización y sobrevivencia larvaria en bocachico (*Prochilodus magdalenae*). Para esto se realizó reproducción inducida mediante tratamiento hormonal con Extracto de Hipófisis de Carpa (EHC) a machos y hembras que presentaran signos de madurez avanzada. Una vez obtenido el desove, se utilizaron muestras de 1g aproximadamente para realizar los diferentes tratamientos (5 min post fertilización). Una vez realizado el choque térmico, las muestras fueron incubadas en contenedores de flujo ascendente de 2L de capacidad, a las 6 Horas Post Fertilización (HPF) se cuantificó el porcentaje de fertilización y a las 10 HPE el porcentaje de sobrevivencia larvaria. Se observó para el control los mayores valores con relación a los porcentajes de fertilización y sobrevivencia. Solo en el tratamiento 6 se observó triploidía en los organismos evaluados por medio de la cuantificación de los cromosomas. La obtención de un método práctico y efectivo para la inducción a la triploidía es necesario para poder considerar la triploidía como una tecnología de aplicación comercial, por lo que se deben considerar la realización de más investigaciones relacionadas con el manejo de ovocitos y efecto de los choques térmicos en las larvas de especies de interés para cultivo y programas de repoblamiento (malformaciones).

Palabras clave: poliploidia, reproducción inducida, fertilización.

Abstract

The induction of polyploidy in aquatic organisms, allows to improve their performance in culture, because they do not reach sexual maturity, so there is a control over the population; Furthermore, in the environmental field, specifically applied to repopulation programs with sterile individuals, risks linked to reproductive interaction with natural populations resident in the environment are mitigated or eliminated, which makes it possible to conserve genetic diversity and avoid inbreeding. The objective of this work was to evaluate the effect of two temperature ranges (0-4 and 4-8°C) and three thermal shock times (5, 10 and 15 min) on the percentages of fertilization and larval survival in Bocachico (*Prochilodus magdalenae*). For this, induced reproduction was carried out by means of hormonal treatment with Carp Hippophysis Extract (CHE) to males and females that showed signs of advanced maturity. Once spawning was obtained, samples of approximately 1 g were used to perform the different treatments (5 min post fertilization). Once the thermal shock was performed, the samples were incubated in upflow containers of 2L capacity, at 6 Hours Post Fertilization (HPF) the percentage of fertilization was quantified and at 10 HPE the percentage of larval survival. The highest values were observed for the control in relation to the percentages of fertilization and survival. Only in treatment 6 was triploidy observed in the organisms evaluated by quantifying the chromosomes. Obtaining a practical and effective method for the induction of triploidy is necessary to be able to consider triploidy as a technology of commercial application, therefore more investigations related to the handling of oocytes and the impact of shocks should be considered. in the larvae of species of interest for cultivation and repopulation programs (malformations).

Key words: polyploidy, induced reproduction, fertilization.

Introducción

El pez bocachico ocupa el cuarto lugar entre las especies cultivadas en el país (Corporación Colombia Internacional [CCI], 2006). Si bien se manejan protocolos que sostienen una oferta constante de alevinos, la escala de los cultivos no supera las especies más representativas (tilapia, cachama y trucha); aun así, el volumen producido ha aumentado considerablemente, además de ser la especie más importante en la pesquería continental nacional. Los esfuerzos realizados para su manejo se han materializado en una producción estable de semilla y los programas de repoblamiento. Adelantar la obtención de alevinos de bocachico con la aplicación de técnicas avanzadas con posible impacto productivo, es una línea que debe ser establecida para el avance real en programas de cultivo y repoblamiento.

La utilización de técnicas para la producción de organismos poliploides permite mejorar la producción de las especies en cultivo, debido a que estas no alcanzan la madurez sexual, por lo que hay un control de la población y esto se traduce en un mejor desempeño de los organismos en el cultivo.

Adicionalmente, pueden servir para programas de repoblamiento sin

que exista competencia reproductiva con las especies nativas (Piferrer *et al.*, 2009). En la actualidad se utilizan técnicas que permiten obtener, en cultivo, peces triploides como una manera de garantizar la esterilidad y el mayor crecimiento en condiciones controladas.

En una aproximación válida, un organismo triploide es en principio estéril, pues no hay capacidad para completar los procesos de meiosis que originan los gametos. Tal condición posibilita opciones en ámbitos productivos, incluyendo la actividad piscícola (Arai, 2001).

Para su obtención se evita la pérdida del segundo cuerpo polar en el ovocito recién fertilizado (Felip, Zanuy, Carrillo & Piferrer, 2001), el que se conserva aplicando choques de tipo térmico o de presión (Hahn & Grajales, 2007).

La triploidía no genera Organismos Genéticamente Modificados, por lo que no se sujetan a restricciones de comercialización y consumo y es la condición de esterilidad el principal valor agregado; en dos escenarios la ventaja se manifiesta: no hay expresión de eventos reproductivos por lo que no existirá reducción en la tasa de crecimiento por la inversión energética en la producción de gametos, por tanto, se tienen beneficios representados en una mayor biomasa

en los ciclos de cultivo y el ámbito ambiental, con individuos estériles se atenúan o eliminan riesgos ligados a la interacción reproductiva con poblaciones naturales residentes en el medio; se presume la imposibilidad de que individuos voluntaria o accidentalmente liberados afecten la composición y equilibrio ecológico entre las especies que normalmente se encuentran en los hábitats naturales, lo que posibilita conservar la diversidad genética y evitar endogamia, sostener la estructura genética en poblaciones naturales y asegurar que no se presente una transferencia genética entre localidades claramente diferenciadas.

En este caso, el bocachico ocupa un lugar preponderante en lo que se refiere a la importancia económica que representa, especialmente en economías locales que dependen de su pesca; por tanto, las autoridades ejecutivas mantienen constantes esquemas de repoblamiento, si bien estas tienen algunas limitaciones de carácter ambiental que ya han sido identificadas en poblaciones naturales (Burbano & Usaquén, 2003). Bajo este contexto el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del choque térmico (temperatura y tiempo) en el porcentaje de fertilización y sobrevivencia de larvas de bocachico (*Prochilodus magdalenae*).

Materiales y métodos

Localización

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Estación Piscícola de Gigante adscrita a la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Se encuentra ubicada a una altura promedio de 930 m.s.n.m, temperatura de 24°C, precipitación pluvial anual de 1250 mm.

Material biológico

El material biológico fue obtenido mediante reproducción inducida de machos y hembras de bocachico, en estado de madurez avanzado, caracterizada en las hembras por presentar abdomen abultado y papila urogenital enrojecida (Atencio, 2001); por medio de biopsia ovárica se identificó el estado de los ovocitos, a partir del diámetro y la posición del núcleo; y los machos se seleccionaron al comprobar la emisión de esperma.

Una vez seleccionados los reproductores estos fueron inducidos hormonalmente con Extracto de Hipófisis de Carpa (EHC) en dos dosis para las hembras (0.5 y 5 mg kg⁻¹) y una en los machos (4 mg kg⁻¹). La respuesta ovulatoria se presentó a los 150 grados h⁻¹.

Tratamientos experimentales

Con el total de los huevos se configuró un pool y se retiraron cantidades equivalentes (aproximadamente 1 g) para establecer un control y 6 tratamientos experimentales, cada uno con tres réplicas, con lo que se configuraron 21 grupos. La incubación se adelantó en recipientes verticales de flujo ascendente de 2L de capacidad, ubicados en un sistema de recirculación con temperatura controlada. Después de la eclosión y hasta que los peces alcanzaron entre 3 y 5 cm de longitud total, el manejo se hizo en acuarios independientes

(40L) provistos de aireación. La alimentación se basó en nauplios de *Artemia* sp. y alimento balanceado comercial diseñado para etapas tempranas en peces.

Para la fase experimental definitiva, se aplicaron en total 6 tratamientos, variando la temperatura de choque térmico y la duración del mismo. Se mantuvo un control que se manejó con los mismos procedimientos que los restantes, pero a temperatura ambiente. Los choques se realizaron en recipientes plásticos con agua previamente enfriada en los rangos que se especifican en la Tabla 1.

Tabla 1.
Tratamientos experimentales para la obtención de individuos triploides de bocachico

Tiempo de choque (min)			
Rango de temperatura (°C)	5	10	15
0 a 4	T1	T2	T3
4 a 8	T4	T5	T6

Fuente: Elaboración propia

Evaluación del porcentaje de eclosión y sobrevivencia

Para determinar los porcentajes de fertilización y de sobrevivencia larvaria, se tomaron muestras

por triplicado de ovocitos a las 6 Horas Post Fertilización (HPF), para determinar fertilización y se cuantificaron la totalidad de las larvas eclosionadas a las 10 HPE, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ de Fertilización} = (\text{Ovocitos viables} / \text{Ovocitos inviables}) * 100$$

$$\% \text{ de Sobrevivencia de larvas} = \left(\frac{\sum \text{larvas vivas}}{\sum \text{larvas totales}} \right) * 100$$

Identificación de la ploidía

Para determinar la ploidía en los individuos sometidos a los diferentes tratamientos experimentales, se esperó a que alcanzaran una talla de 5 cm para facilitar el trabajo en laboratorio. Para lograr un mayor número de células mitóticas se realizó una estimulación celular a través de una Inyección Intraperitoneal (IP) con suspensión de levadura (0.5 g de levadura, 0,5 g de azúcar y 7 ml de agua destilada, incubando en baño maría a 40°C durante 20 minutos).

La suspensión fue inyectada en un equivalente de 1 ml por cada 100 g de peso. Posteriormente, los peces se ubicaron en acuario con aireación y el procedimiento fue repetido dos veces, cada 24 horas (Lozano, Ruiz-Rejón & Ruiz-Rejón, 1987).

En la obtención de cromosomas mitóticos se siguió la metodología de Bertollo, Galetti & Moreira-Filho (1990), realizando otra aplicación IP con solución acuosa de colchicina 0,05% (1 ml por 100 g de peso). Después de 45 min, los ejemplares se sacrificaron previa exposición a una sobredosis con anestésico (MS 222). Una porción del riñón anterior se ubicó en 7ml de medio de cultivo, se maceró y se centrifugó (1200 rpm, 10 minutos).

El sobrenadante fue descartado y el botón celular fue suspendido en 10ml de solución hipotónica (KCl 0.075M). La solución con las células disociadas fue incubada a 37°C durante 35 min y homogenizada descartando fragmentos de tejido.

Se adicionó 1ml de fijador Carnoy (metanol: ácido acético glacial, en proporción 3:1), recién preparado y frío. La suspensión se hizo varias veces, centrifugando y eliminando el sobrenadante; se continuó con la adición de fijador y de nuevo se centrifugó, en un procedimiento que fue repetido tres veces; después de la fijación se descartó el material sobrenadante y se adicionó 1.5 ml de fijador con lo que se obtuvo una suspensión celular moderadamente concentrada, la que fue almacenada en viales de 2 ml, los que se conservaron a -20°C hasta la realización de los respectivos análisis.

Las suspensiones celulares fueron recibidas por goteo en una lámina limpia, precalentada a 60°C con una película de agua y levemente inclinada para eliminar excesos; se dejaron secar y se adicionó solución Giemsa al 5%, diluida en solución tampón fosfato pH=7,2; después de 6 - 8 min se hizo un lavado final y, posterior al secado (temperatura ambiente) se procedió con la observación de las placas.

Resultados y discusión

Los promedios observados para los parámetros de calidad de agua, se mantuvieron dentro de los valores considerados como óptimos para

el cultivo de peces de clima cálido (Teixeira *et al.*, 2010), encontrando: temperatura fue de $26,2 \pm 0,9$; pH de $6,3 \pm 0,2$ y concentración de oxígeno disuelto $6,1 \pm 0,5 \text{ mg L}^{-1}$.

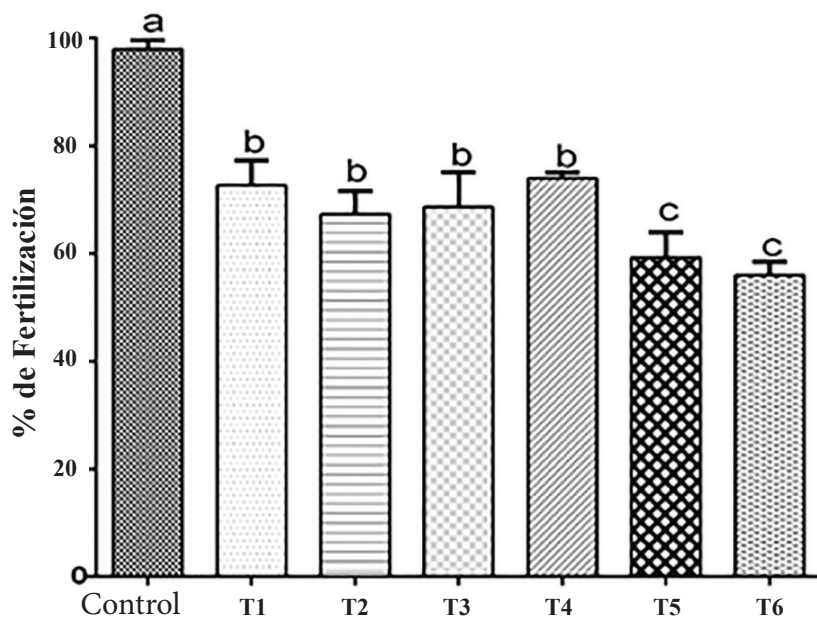


Figura 1. Porcentaje de fertilización en ovocitos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*), a las 6 HPF. T1 (0-4°C-5 min), T2 (0-4°C-10 min), T3 (0-4°C-15 min), T4 (4-8°C-5 min), T5 (4-8°C-10 min) y T6 (4-8 min-15 min)

Fuente: elaboración propia

La identificación del nivel de ploidía se realizó a través de recuento del número modal de cromosomas, el cual se hizo para cada tratamiento; se certificó a partir del referente obtenido en el grupo control, que el número diploide para la especie corresponde a $2n=54$ cromosomas, lo que ya se ha reportado en registros previos (Silva, 2001); salvo para el T6, en todos los demás tratamientos

se determinó este mismo número modal. En este tratamiento se presentó $3n=81$, indicador de triploidía. Se concluye entonces que el conjunto de un choque térmico en el rango de 4 – 8°C y durante 15 min fue el único que se comprobó como efectivo para la producción de triploides en bocachico, al menos bajo las condiciones experimentales que fueron aplicadas.

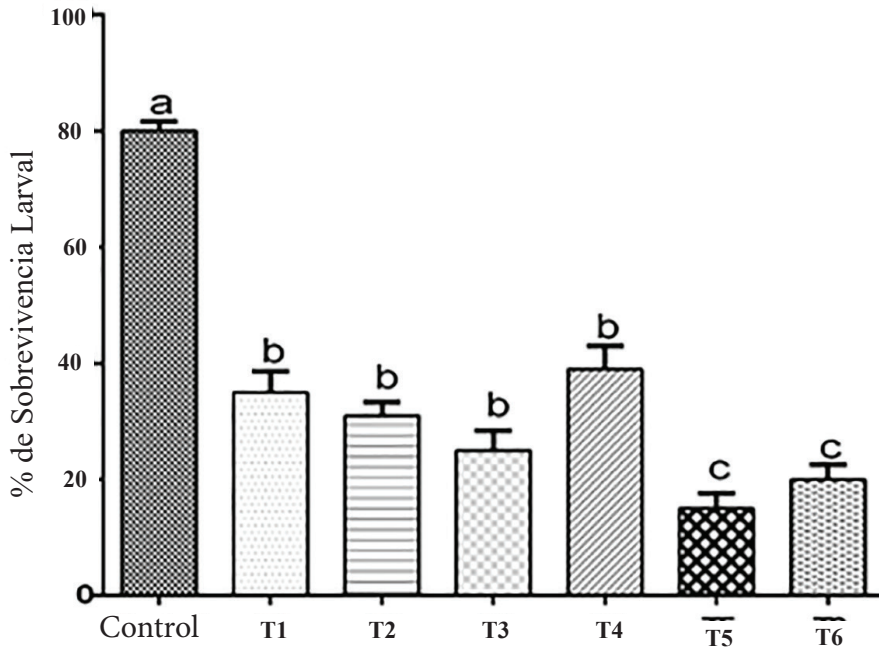


Figura 2. Porcentaje de sobrevivencia de larvas de bocachico (*Prochilodus magdalenae*), a las 10 HPE. T1 (0-4°C-5 min), T2 (0-4°C-10 min), T3 (0-4°C-15 min), T4 (4-8°C-5 min), T5 (4-8°C-10 min) y T6 (4-8 min-15 min)

Fuente: elaboración propia

El mayor porcentaje de fertilización se observó en el tratamiento control (sin choque térmico) a una temperatura de 26,6°C con un valor $98 \pm 1,6\%$. El menor porcentaje $56 \pm 6,24\%$ fue obtenido en el tratamiento 6, en el rango de temperatura de 4-8 y 15 min de choque térmico. Se observa de manera general que los menores porcentajes de fertilización se encuentran en los tratamientos donde se realizó la mayor exposición al choque térmico (10 y 15 minutos). En la Figura 1 se observan los resultados obtenidos para este parámetro con diferencias

significativas ($p < 0,05$) entre el control y los demás tratamientos, además los tratamientos con rango de temperatura de 4-8°C y 10-15 min presentan diferencias significativa ($p < 0,05$) con el control y el resto de los tratamientos experimentales. Según Cardona, Olivera, Botero & Tarazona (2012), el tiempo del choque térmico tiene un efecto deletéreo para este tipo de parámetros. Arvelo (2002), asegura que el estrés causado por elevación o disminución de la temperatura depende de la duración del choque térmico. Si se presenta una situación de estrés más intenso

(tiempo prolongado), se puede generar necrosis celular fenómeno que se ve reflejado en las bajas tasas de eclosión, en ovas sometidas a este tratamiento.

Los datos de sobrevivencia se observan en la Figura 2. Se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los diferentes tratamientos experimentales y el control. Observándose la mayor sobrevivencia larvaria para el grupo control ($82 \pm 3,5\%$) y los menores para los tratamientos 5 y 6 (16 y 22% respectivamente). En algunos casos, una baja sobrevivencia se observa cuando el choque térmico es aplicado demasiado rápido después de la fertilización (Piferrer, Cal, Gómez, Bouza & Martínez, 2003).

La sobrevivencia larvaria obtenida en el presente trabajo sufrió un decremento significativo conforme aumento la duración del tratamiento. Esto ha sido reportado para otras especies de peces (Piferrer *et al.*, 2009; Dumas & Alcantar-Vázquez, 2005). Según Dumas & Alcantar-Vázquez (2005), esto se traduce en una disminución de la sobrevivencia y un aumento del porcentaje de triploides, además argumenta que esta disminución puede ser atribuida a factores como: un grado de endogamia resultado de la retención del segundo cuerpo polar o bien la intensidad del tratamiento, en este

caso la duración. El incremento en el número de embriones abortados, la incidencia relativa de deformidades en los alevines y por último, el lento crecimiento comparativamente de los organismos triploides en algunas especies parecen sustentar la primera opción (Solar, Donaldson & Hunter, 1984).

A pesar que hubo larvas en todos los tratamientos sometidos a choques térmicos, solo en el tratamiento 6 ($4-8^{\circ}\text{C}-15$ min) se comprobó triploidía, esto puede ser atribuido al efecto del manejo de una gran cantidad de ovocitos lo que se dificulta el proceso.

La obtención de un método práctico y efectivo para la inducción a la triploidía es necesario para poder considerar la triploidía como una tecnología de aplicación comercial, por lo que se deben considerar la realización de más investigaciones relacionadas con el manejo de ovocitos y efecto de los choques térmicos en las larvas de especies de interés para cultivo y programas de repoblamiento (malformaciones).

Referencias

- Arai, K. (2001). Genetic improvement of aquaculture finfish species by chromosome manipulation techniques in Japan. *Aquaculture*, 197 (1-4) 205–228. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00588-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00588-9)

- Arvelo, F. (2002). Mitocondria y apoptosis. *Acta Científica Venezolana*, 53, 297–306.
- Atencio, V. (2001). Producción de alevinos de especies nativas. *Revista MVZ Córdoba*, 6 (1), 9 - 14. doi: <https://doi.org/10.21897/rmvz.1060>
- Bertollo, L.A.C., Galetti, J.R., & Moreira-Filho, O. (1990). Evolução de cromossomos sexuais em peixes neotropicais de água doce. Abstr. 36o. Congreso Nacional de Genética. p. 69.
- Burbano, C., & Usaquén, W. (2003). *Caracterización genética de cinco especies ícticas del Río Sinú*. Bogotá: Universidad Nacional-Empresa Urra SA Bogotá.
- Cardona, L., Olivera, M., Botero, M., & Tarazona, A. (2012). Efecto del choque térmico sobre la eficiencia en la triploidización y la sobrevivencia de larvas de *Rhamdia quelen*. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 15 (2), 409-417.
- Corporación Colombia Internacional (2006). *Pesca y Acuicultura Colombia*. Bogotá: CCI.
- Dumas, S. & Alcantar-Vázquez, J. P. (2005). *Evaluación de tratamientos para inducir la triploidía en la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: serranidae)* mediante shock frío (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, México.
- Felip, A., Zanuy, S., Carrillo, M., & Piferrer, M. (2001). Induction of triploidy and gynogenesis in teleost fish with emphasis on marine species. *Genética*, 111 (1-3), 175 – 195.
- Hahn, C.M., & Grajales, A. (2007). Comportamiento de dos especies nativas, Dorada (*Brycon moorei*) y Bocachico (*Prochilodus reticulatus*) sembradas en condiciones artificiales de cultivo, en policultivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), (Santágueda, Caldas, Colombia). *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola Universidad de Nariño*. 2 (2), 116 – 128.
- Lozano, R., Ruiz-Rejón, C., & Ruiz-Rejón, M. (1987). Manipulación cromosómica en organismos acuáticos. J.

- Espinosa de los Monteros y U. Labarta. (Ed), *Genética en acuicultura* (pp. 215-246). Madrid, España: Industrias Graficas España.
- Piferrer, F., Beaumont, A., Falguière, J. C., Flajšhans, M., Haffray, P., & Colombo, L. (2009). Polyploid fish and shellfish: production, biology and applications to aquaculture for performance improvement and genetic containment. *Aquaculture*, 293(3), 125-156. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.04.036>
- Piferrer, F., Cal, R. M., Gómez, C., Bouza, C., & Martínez, P. (2003). Induction of triploidy in the turbot (*Scophthalmus maximus*): II. Effects of cold shock timing and induction of triploidy in a large volume of eggs. *Aquaculture*, 220(1-4), 821-831. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00535-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00535-5)
- Silva, A. (2001). Caracterización citogenética de bocachico *Prochilodus reticulatus* de la cuenca del rio Magdalena (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Solar, I. I., Donaldson, E. M., & Hunter, G. A. (1984). Induction of triploidy in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) by heat shock, and investigation of early growth. *Aquaculture*, 42(1), 57-67. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(84\)90313-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(84)90313-2)
- Teixeira, E., Oliveira, E., Saliba, S., Castro Euler, A., Carvalho de Faria, P., Crepaldi, D., Pimentel, & Ribeiro L. (2010). Coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. *R. Bras. Zootec.*, 39(6), 1180-1185.

El momento es ahora: la investigación en educación debe ingresar a las aulas

El momento es ahora: la investigación en educación debe ingresar a las aulas

Recibo: 22.08.2018 Aceptado: 20.09.2018

Para Citar:

Lopez, J., (2018). El momento es ahora: la investigación en educación debe ingresar a las aulas. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(1), 35-39. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.1781>

Jeffry López Criollo

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

jlopezc@sena.edu.co

Colombia



“Es a través de la educación que la hija de un campesino puede llegar a ser médico, que el hijo de un minero puede llegar a ser cabeza de la mina, que el descendiente de unos labriegos puede llegar a ser el presidente de una gran nación”
(Nelson Mandela)

Los últimos planes de gobierno colombianos innegablemente contienen programas en atención a lo ordenado por la constitución de 1991 en materia de calidad y cobertura en educación. Leída la frase de Mandela y confrontada con la realidad en Colombia se percibe que la educación actualmente no es el puente entre los menos favorecidos y las oportunidades de acceso a la universidad y/o a la superación de la desigualdad.

En Colombia tenemos brechas de acceso a las oportunidades debido a que los estudiantes de menores ingresos no se gradúan de la secundaria o se gradúan pero sabiendo menos y las limitaciones de sus hogares les restringen el acceso al sistema educativo (Banco Mundial, 2017).

El presente documento propone un replanteamiento de la investigación en la educación que aún no ingresa al aula o al morral. Si permitimos al estudiante investigar y lo dotamos para ello, integrando

la práctica investigativa en las guías de aprendizaje y en las actividades de clase, le permitiremos también reconocerse a sí mismo y a su entorno desde una óptica objetiva. Solo si integramos al estudiante en la práctica de la investigación, será un verdadero actor en la generación de propuestas y el sistema educativo iniciará su migración hacia la pertinencia que los retos en materia de desigualdad y justicia social hoy reclama la sociedad en posconflicto.

Acerca de las formas como se ha relacionado la investigación con el aula, Gutiérrez (2011), reconoce en su libro de investigación formativa en el aula; dos formas aceptadas, una es la investigación que se realiza desde afuera del aula de parte de investigadores científicos (llamados asesores en Colombia) que buscan dar solución a problemas relacionados con lo educativo y lo pedagógico.

Otra es la realizada en el aula por aquellos docentes que asumen el papel de investigadores y hacen uso de su propia labor docente y sus espacios de trabajo para generar conocimiento analizando los fenómenos educativos de los cuales hacen parte ellos y sus estudiantes.

La propuesta es reconocer que hay un tercer fenómeno investigativo que cada día demanda más un lugar de relevancia como elemento

potencializador de la calidad de la educación: La investigación incluida en las prácticas académicas como medio para enriquecer, dinamizar y fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje.

La investigación abierta al educando en todos los niveles de nuestro sistema educativo es una tendencia real en muchas instituciones de carácter público o privado, ya por haberse convertido en factor determinante de la calidad en procesos de registro calificado o de autoevaluación en educación superior, o ya por haberse encontrado que los estudiantes que investigan y edifican sus aprendizajes con descubrimientos significativos, simplemente obtienen mejores resultados académicos.

Es el caso del I.E.D. Escuela Normal Superior María Auxiliadora de Santa Marta en donde se propuso e implementó el programa “Yo investigo... tu investigas...nosotros investigamos” en los niveles de transición y básica primaria. De acuerdo con el portal “Compartir Palabra Maestra” que hace un despliegue de este hecho y lo analiza (Moreno, 2017), la investigación como estrategia pedagógica ejerce un impacto vinculante entre la práctica pedagógica y la investigación.

Con este proyecto se le brinda a las niñas la posibilidad de apropiarse de la lógica del conocimiento y de herramientas propias de la ciencia con la mirada puesta en la sociedad y sus necesidades, proyectándolas al conocimiento significativo al que se refiere Ausubel (2002); para atribuir significado al material objeto de aprendizaje no sólo se deben actualizar sus esquemas de conocimiento sino también revisar, modificar y enriquecer este conocimiento.

Tanto es así que la investigación que acompaña las prácticas en el aula es valiosa en el mejoramiento de la calidad de la formación, que el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, siendo una institución del orden nacional cuya misión es la formación profesional integral para el trabajo, ha implementado todo un programa de inclusión de sus aprendices en procesos de investigación.

El Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Investigación (SENNOVA, 2018) tiene el propósito de fortalecer los estándares de calidad y pertinencia, en las áreas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, de la formación profesional impartida en la Entidad (A través de esta estrategia, la Institución reúne las diferentes líneas, programas y

proyectos de cultura e innovación que tiene dentro de su estructura, entre ellas Tecnoacademias, Tecnoparques, investigación aplicada, investigación en formación profesional, programas de fomento a la innovación empresarial y extensionismo tecnológico.

Toda la comunidad SENA hace parte de SENNOVA, una iniciativa por medio de la cual aprendices e instructores tienen la oportunidad de participar y adquirir conocimientos.

Es que involucrar a los estudiantes en procesos de investigación es un reto para el mejoramiento de la educación en Colombia ampliamente reconocido por el mismo estado. En el Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026 “El camino hacia la calidad y la equidad” se plantea como el décimo desafío estratégico: “Fomentar la investigación que lleve a la generación de conocimiento en todos los niveles de la educación” Siendo su segundo lineamiento estratégico específico “Garantizar ambientes propicios para fomentar una investigación de calidad de todos los niveles educativos” (Ministerio de Educación Nacional [MEN] 2016).

Aunque Colombia es consciente de las limitaciones de la mayoría de los estudiantes de la educación pública, no aparece una propuesta articuladora alrededor de una mejora

de sus realidades individuales o colectivas, austeras en oportunidades. La propuesta está en el innegable potencial de la investigación como integrador de los estudiantes en la reedificación de su realidad. Es un recurso que no puede seguirse desperdiciando mientras que el país ostenta el segundo lugar en desigualdad según el ranking de la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2016).

Es momento para que el potencial de los estudiantes colombianos de construir conocimiento pertinente a su entorno empiece a ser aprovechado. En conclusión se requiere con inmediatez la entrada al aula de las prácticas investigativas en un proceso de menor a mayor complejidad que gradualmente convierta al sistema educativo en verdaderamente incluyente y transformador de limitaciones en oportunidades como lo esperaba Mandela.

Referencias

- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Barcelona, España: Ediciones Paidós.
- Banco Mundial (2017). *La educación superior se expande en América Latina y el Caribe, pero aún no*

desarrolla todo su potencial.
Recuperado de: <http://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2017/05/17/higher-education-expanding-in-latin-america-and-the-caribbean-but-falling-short-of-potential>

Gutierrez, C. (2011). *La investigación formativa en el aula: La pedagogía como investigación* (2da Ed.). Bogotá, Colombia: Cooperativa editorial Magisterio.

Ministerio de Educación Nacional (2016). *Plan Decenal de Educación 2016-2026*. Recuperado de: <http://plandecenal.edu.co/cms/index.php/novedades/56-documento-final-plan-decenal-de-educacion-2016-2026>

Moreno, L. (2017). *Inclusión educativa en la I.E.D Escuela Normal Superior María*

Auxiliadora de Santa Marta.
Recuperado de: <https://compartirpalabramaestra.org/blog/inclusion-educativa-en-la-ied-escuela-normal-superior-maria-auxiliadora-de-santa-marta>

Organización de Naciones Unidas (2016). *El aumento de las desigualdades puede poner en peligro los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, según el informe de las ciencias sociales*. Paris, Francia: United Nations Educational, Scientific and Cultural (UNESCO).

Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Investigación (2018). SENNOVA. Recuperado de: [https://lineabase.sena.edu.co/oportunidades/formacion/Paginas/Sistema-de-Investigacion,-Desarrollo-Tecnologico-e-Innovacion-del-SENA-\(SENNOVA\).aspx](https://lineabase.sena.edu.co/oportunidades/formacion/Paginas/Sistema-de-Investigacion,-Desarrollo-Tecnologico-e-Innovacion-del-SENA-(SENNOVA).aspx)

Experiencia práctico pedagógica en la aplicación de Scrum en el aula

Practical pedagogical experience in the application of Scrum in the classroom

Recibo: 17.07.2018 Aceptado: 17.07.2018

Para Citar:

Lizcano, J. (2018). Experiencia práctico pedagógica en la aplicación de Scrum en el aula. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(1), 40-56. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.1621>

Juan de Jesús Lizcano Sánchez

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

jlizcano@sena.edu.co

Colombia

Resumen

En la siguiente investigación se aplicó la metodología ágil *Scrum* en la experiencia práctico pedagógica para optimizar el desarrollo de proyectos de aula, con un ejemplo práctico que desarrolló el patrón pedagógico propuesto, el esquema de la experiencia y el diagrama del patrón de acción de trabajo utilizado. El objetivo fue aplicar diferentes herramientas metodológicas y la aplicación de la metodología ágil *Scrum* para el desarrollo del proyecto de Gestión de Evaluaciones (GEVA) del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA para aplicaciones móviles desarrolladas con el fin de apoyar la gestión de evaluaciones de los resultados de aprendizaje de las competencias a desarrollar por parte de (López, 2005) los aprendices con o sin discapacidad visual, la metodología de acuerdo al tipo de investigación en ambos casos tanto para la experiencia pedagógica como para el caso práctico es la de innovación de un proceso, en el desarrollo de la primera se realizó un estudio de caso y en la segunda el desarrollo del proyecto GEVA, se utilizaron la metodología SCRUM (Bauer, 1999), metodología UWE (Koch, Kraus & Hennicker, 2001) y metodología UML (Cachero, 2010). UWE cubre todo el ciclo de vida y aplica metodologías ágiles, de este tipo se centra su atención en aplicaciones personalizadas (adaptivas). Se aborda la investigación de la experiencia pedagógica a través de la metodología de estudio de caso, considerando la importancia de los elementos y los resultados, describiendo los aspectos observados de la manera más completa posible, para extraer de la experiencia las conclusiones, los logros, casos de éxito obtenidos y posibilidades de aplicación a futuros proyectos. La experiencia aplicada en su totalidad arrojó resultados de éxito visibles en el desarrollo de proyectos de aula tanto a nivel nacional e internacional.

Palabras clave: aprendizaje, estrategia pedagógica, experiencias pedagógicas, gestión de proyectos, metodología, *scrum*.

Abstract

In the following research, the Agile Scrum methodology was applied in practical pedagogical experience to optimize the development of classroom projects, with a practical example that developed the proposed pedagogical pattern, the experience schema and the work action pattern diagram used. The objective was to apply different methodological tools and the application of the Agile Scrum methodology for the development of the Assessments Management Project SENA - GEVA, mobile applications developed in order to support the management of evaluations of the learning outcomes of the competences develop by (López, 2005) the apprentices with or without visual disability, the methodology according to the type of research in both cases both for the pedagogical experience and for the practical case is the innovation of a process, in the development of the first was a case study and in the second the development of the GEVA project, the SCRUM methodology (Bauer, 1999), the UWE methodology (Koch, Kraus & Hennicker, 2001) and the UML methodology (Cachero, 2010) were used. UWE covers the whole life cycle and applies agile methodologies; this type focuses its attention on customized applications (adaptive). The investigation of the pedagogical experience is approached through the case study methodology, considering the importance of the elements and the results, describing the observed aspects in the most complete way possible, to extract from the experience the conclusions, the achievements, success stories obtained and possibilities of application to future projects. The experience applied in its entirety showed visible success results in the development of classroom projects both nationally and internationally.

Key words: learning, pedagogical strategy, pedagogical experiences, project management, methodology, *scrum*.

Introducción

La gestión de proyectos de aula que actualmente el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA desarrolla es el enfoque conocido como modelo en cascada, en él se propone generalmente una etapa de análisis, planeación, ejecución y evaluación, esta forma de afrontar proyectos ha sido adoptada por el resto de las disciplinas y se puede decir que ha influenciado en general la forma en que se afronta cualquier actividad de desarrollo, esta metodología funciona siempre y cuando los requerimientos del cliente sean estables, es decir, no cambien aunque en la realidad al abordar el desarrollo del proyecto los cambios son constantemente frecuentes e inevitables, es ahí donde el modelo tradicional en cascada, puede decirse es obsoleto.

En las empresas desarrolladoras de software se ha vuelto evidente que cuando las definiciones de los requisitos son más dinámicas, inciertas o inestables, este modo de desarrollar produce sistemáticamente retrasos, altos costos para los proyectos e insatisfacción en el cliente (Yazyi, 2011). En los últimos años han surgido distintas propuestas de mejora al desarrollo secuencial, las que han madurado en lo que se conoce como metodologías ágiles, en contraposición a las tradicionales consideradas “pesadas” por sus

exigencias de formalización, documentación intensiva y estructuración predictiva de las tareas y esfuerzo necesario para llevar a cabo los proyectos (Garzas, Enríquez & Irrazabal, 2012).

Actualmente uno de los métodos ágiles más difundidos es *Scrum* es el de Hicks & Foster (2010), “basado en ciclos cortos de trabajo, desarrollo iterativo y adaptativo, permeabilidad a los cambios en los requisitos, auto organización del equipo de trabajo, foco en la producción de valor, mejora continua del proceso y orientación a las personas” (p. 1-10). Para los instructores Sena es un reto introducir este nuevo paradigma, que requiere para ser asimilado de un tipo de formación basada en experiencias, que permitan así capturar en forma vivencial sus principios, comprendiendo tanto el potencial como los límites en su aplicación.

Para la primera parte se planteó la pregunta problema ¿de qué manera la aplicación de la experiencia pedagógica aplicada en el desarrollo de proyectos de aula, puede mejorar los indicadores de gestión de los centros en cuanto a sus participaciones en eventos de investigación departamentales, nacionales e internacionales, al cambiar la metodología de desarrollo tradicional por las metodologías ágiles? A lo largo de este artículo se

plasma la experiencia de aprendizaje basada en proyectos, desarrollada con varios grupos, soportada por diversas herramientas de las Tecnologías de la información y la Comunicación (TIC), y en particular en el proyecto de Gestión de Evaluaciones (GEVA) donde el SENA recibió un reconocimiento internacional por su aporte a la inclusión social, de la transferencia y análisis de las actividades de esta experiencia, se extrajo un patrón pedagógico que permite identificar las características de las estrategias utilizadas para desarrollar el proyecto, así como comprender su contexto, con el fin de facilitar su difusión y aplicación en el desarrollo de proyectos de aula futuros.

Para el ejemplo práctico desarrollado se partió de un proyecto de aula del programa Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información (TO ADSI), que conjuntamente con el semillero de investigación Semillero de Emprendimiento Regional con Visión en la Innovación Tecnológica (SERVIT) y la utilización del marco lógico, se logró abstraer que el problema de la investigación del proyecto estaba basada en la necesidad de los instructores y aprendices, incluidos los que tienen discapacidad visual del SENA, de contar con una herramienta que permita de una forma más accesible

e intuitiva conocer en tiempo real los resultados de aprendizaje y los juicios valorativos obtenidos por los aprendices, ya que actualmente en la plataforma SofiaPlus, se requieren realizar muchos más procedimientos para el mismo resultado; con su valor agregado de ser incluyente con las personas discapacitadas visualmente.

Por consiguiente, el objetivo final de la investigación consistió en mostrar mediante un ejemplo práctico es el desarrollo del proyecto GEVA, la aplicación de la metodología scrum en el desarrollo del proyecto de aula con el propósito de abstraer la dinámica del patrón pedagógico propuesto por la metodología y su aplicación, para mejorar de manera significativa los indicadores de gestión en investigación de los centros de formación del Sena que la apliquen.

Materiales y métodos

Se partió del desarrollo del proyecto de ejemplo, donde además de las actividades de desarrollo propias del proyecto se analizaron además los comportamientos, actitudes, herramientas, trabajo en equipo, auto organización, desarrollo iterativo y adaptativo, permeabilidad a los cambios en los requisitos, disciplina, liderazgo, ciclos cortos de trabajo, productos entregables en cada ciclo, identificación de los actores

que influyen en el desarrollo del proyecto como el SENA el Instituto Nacional para Ciegos (INCI), los instructores y aprendices con o sin discapacidad visual, además dentro de los requisitos funcionales del desarrollo de software se priorizo que las aplicaciones a desarrollar debían permitir a los aprendices consultar los juicios de evaluación de sus resultados de aprendizaje y al instructor evaluar, controlar y hacer un mejor seguimiento a sus evaluaciones en el aplicativo, independientemente si eran discapacitados visuales o no.

Para el desarrollo del proyecto GEVA se definieron las siguientes actividades:

Desarrollo de actividades *Sprint* proyecto:

Lo primero que se realizó antes de iniciar actividades fue la inscripción y aceptación del proyecto en el semillero de investigación SERVIT, posteriormente se fijó un cronograma de trabajo en contra jornada para los entrenamientos y seguimiento de los adelantos del proyecto, se conformó el equipo de trabajo (Alaimo, 2014) “*Team* con 2 integrantes para el grupo Senior *Developer* y 2 para el grupo Junior *Developer* y un *Scrum* Master o líder del proyecto, el instructor jugo

el papel del *Product Owner* o dueño del producto”(p. 22-24).

Se conforma equipos de 5 integrantes, ya que la experiencia nos muestra que algunos aprendices no continúan con la formación, y la metodología funciona con 3 integrantes como mínimo, dado el caso que solo queden 2 aprendices se asignan a los grupos que no estén completos, para continuar con el proyecto del grupo que no se disuelve.

Actividades preparatorias *Sprint 0*:

Las actividades iniciales tienen que ver con el establecimiento de la comunicación.

Basados en el principio de *Scrum* de autogestión (Alaimo, 2014), empezar con estas actividades pone a prueba una serie de conductas esperadas por parte de los miembros del equipo: autonomía, iniciativa, liderazgo, disciplina, capacidad de organización, compromiso y comunicación, el instructor debe hacer parte activa de estas actividades resolviendo las dudas, inquietudes y montando el tablero en *Trello* mediante el uso de las actividades del *Product Backlog* o Pila de producto (Toyota, 1989) (Ver Figura 2).

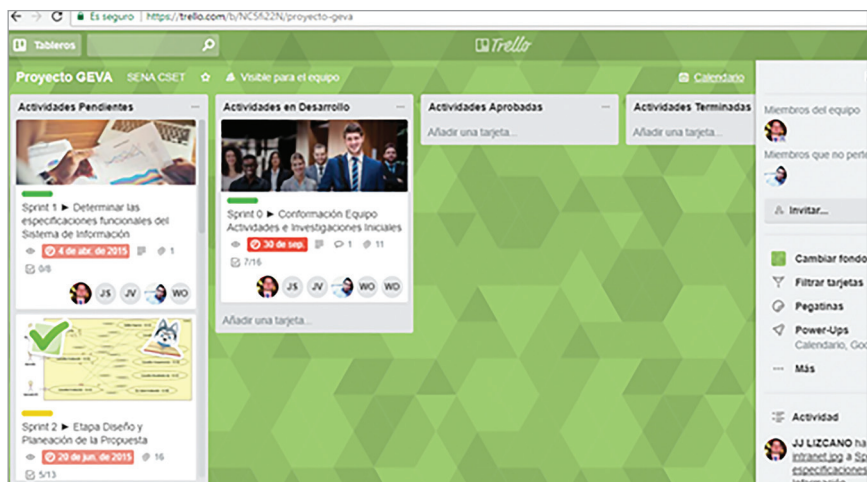


Figura 2. Actividades *Product Backlog*

Desarrollo *Sprint 1*

Los entregables de este sprint para las actividades de Aprendizaje se debe utilizar la metodología de marco lógico.

Nota: Las actividades que se entregan mediante el sprint, son únicamente las que hacen referencia al desarrollo del proyecto, las demás actividades se deben realizar mediante la plataforma *BlackBoard*.

Retrospectiva *Sprint 1*

De la primera retrospectiva realizada resultaron las siguientes reflexiones:

Aspectos destacados

los aspectos a destacar de este sprint después de su realización: Auto- asignación de tareas en forma

natural, de acuerdo a las habilidades y destrezas de los miembros del equipo.

- Trabajo asincrónico bien coordinado y controlado.
- Selección rápida y acertada de las herramientas de trabajo y comunicación (*Trello, WhatsApp, Skype*).
- Trabajo sincrónico, aprovechamiento del tiempo con el instructor y los equipos para resolver dudas e inquietudes y recibir retroalimentación y orientación en el desarrollo de las actividades de los sprint.

Aspectos a mejorar

los aspectos a mejorar más destacados fueron los siguientes:

Dar más ejemplos para el desarrollo adecuado de la metodología del marco lógico en cuanto a la solución de problemas mediante árbol de problemas y de objetivos.

- No fue suficiente la información del Objeto Virtual de Aprendizaje para apropiar adecuadamente los conceptos de la Actividad de Aprendizaje 2, es necesario reforzar con videos del tema, y ejercicios prácticos de proyectos ya realizados que sirvan de base para los nuevos a realizar.
- Mayor atención a la planificación y a las fechas límite de entrega, priorizar esfuerzos en función del valor de negocio de los requisitos, definir el momento en que se “congela” el incremento (evitar cambios de última hora en el entregable).
- Para la última actividad de aprendizaje no dejar la revisión de los entregables para la fecha de entrega, ya que al ser una tarea que requiere bastante dedicación, no fue cumplida por los equipos, es importante estar revisando el estado de la actividad al menos en tres momentos antes de la entrega.

Como conclusión general del primer sprint, resultó claro el nivel de compromiso del equipo, su homogeneidad en cuanto a actitudes y

la capacidad de integrar las diferentes habilidades, cada miembro del equipo seleccionó las tareas para las que se encontraba mejor preparado, además apoyar a sus compañeros en las que estaban haciendo falta, un aspecto destacable fue que frente a la dificultad de falta de sincronía, se desplegó y coordinó rápidamente el trabajo con los mecanismos asincrónicos disponibles en la plataforma Trello, y los canales de comunicación creados para tal fin, extrayendo el máximo provecho de la disponibilidad de tiempo de cada integrante, con el fin de alcanzar el objetivo.

Desarrollo *Sprint 2* hasta *Sprint N*

Los siguientes sprint siguen la misma estructura de los 2 primeros, donde a partir de unas actividades de aprendizaje se deben entregar unos productos del desarrollo del proyecto, y realizar una retrospectiva para cada *Sprint* (Vygotsky, 1979), de los cuales podemos resaltar las siguientes reflexiones:

Aspectos destacados

los aspectos a destacar de los *Sprints* después de su realización:

- La delimitación del tiempo disponible fue determinante para focalizar la atención en las actividades de cada sprint, provocando una

interacción orientada a la acción. El *scrum master* que simultáneamente era un miembro activo en el desarrollo del producto, se encargó de señalar el avance de los tiempos para mantener el alcance y el ritmo necesario para lograr el objetivo en tiempo y forma, cumpliendo así con el envío oportuno de los entregables de cada sprint y el producto final del último *sprint*.

- Disponibilidad del instructor para alinear las expectativas con las posibilidades de desarrollo del equipo y negociar el resultado esperado.

- Trabajo sincrónico, aprovechamiento del tiempo con el instructor y los equipos para resolver dudas e inquietudes y recibir retroalimentación y orientación en el desarrollo de las actividades de los sprint.

- Buena dinámica de equipo y asignación de tareas de forma natural, trabajo en equipo para superar dificultades, uso adecuado de las habilidades particulares de cada uno y mejora de un sprint al otro de manera progresiva (aprendizaje de equipo).

- Actitud proactiva de los Aprendices (disciplina, disponibilidad para reunirse, asignación de tareas, colaboración, compromiso, etc.), gran porcentaje de tiempo dedicado a la actividad y poca “burocracia”,

- Menor tiempo en la definición de las fases de estimación y la de planificación para evitar dispersarse.

- A medida que se avanza en los Sprint hay menos probabilidad de perderse en los detalles y atender a las prioridades determinadas por el sprint.

- Familiarización y utilización de herramientas TIC nuevas.

- Realización de actividades de Cierre por parte del Instructor, para retroalimentar las actividades alcanzadas por el equipo en cada sprint y sugerir formas de abordar las nuevas actividades.

Retrospectiva Final Sprints

como retrospectiva de los Sprints (Alaimo, 2014), podemos destacar las siguientes:

- La experiencia permite desarrollar (Schwaber, 1997), las etapas de la metodología Scrum con sus diferentes roles (*Product Owner*, *Scrum Master*, *Team*), sus artefactos (Product Backlog, Sprint Backlog), reuniones (planificación, revisión y retrospectiva), principios (autocontrol, autogestión, disciplina, producción, adaptación a cambios, retrospectivas y mejora continua).

- Desarrollo de habilidades y competencias en el uso de herramientas TIC, de comunicación y de trabajo colaborativo.
- Retroalimentación del instructor que permite apreciar en el trabajo en equipo, la importancia del compromiso y proactividad en el logro de una actividad y trabajo adecuado, tanto en modalidad sincrónica como asincrónica.
- Las herramientas TIC tienen un rol esencial en la efectividad de la comunicación, control y del trabajo en un equipo distribuido.
- No hay herramientas que produzcan compromiso, por lo tanto, las estrategias pedagógicas para asegurar esta característica en el grupo de trabajo y potenciarla, son esenciales para el éxito de experiencias similares.

Patrón pedagógico

Una experiencia pedagógica con resultados satisfactorios permite identificar a partir de su desarrollo, los elementos que la definen y eventualmente faciliten su reproducción. En este contexto el autor Zapata (2011), afirma “la intención es captar la esencia de la práctica en una forma compacta que facilite la comunicación de la experiencia a quienes la necesitan”

(p. 1-10). Al mismo tiempo que señala la importancia de la presentación de esta información en un formato accesible y coherente, permitiendo a otros instructores reutilizar tales conocimientos y compartirlos dentro de la comunidad de práctica.

Al entender estos conceptos a los entornos virtuales de aprendizaje, proyectando el patrón al contexto del *e-learning*, autores como Rodríguez-Sandoval, Vargas-Solano & Luna-Cortés (2010), señalaron “la existencia de un enfoque tecnológico como de uno pedagógico y en este identifica tres ámbitos de aplicación de los mismos: el diseño instruccional, la tutoría online y el sistema de gestión del aprendizaje” (p.13-25).

Para profundizar en este patrón existe un proyecto liderado por Bergin et al., (2012), que ofrece una variedad de patrones pedagógicos aplicables a diversas situaciones de enseñanza-aprendizaje. Para este artículo serán de particular interés en el análisis de la experiencia presentada por Eckstein, Marquardt, Manns & Wallingford (2004), “aquellos relacionados con el aprendizaje activo” (p. 7-9) y Bergin et al., (2012), aquellos relacionados con el aprendizaje experiencial, que sirvieron de apoyo al caso analizado (Ver Figura 3).



Figura 3. Diagrama patrón Pedagógico propuesto

Se identifican como precondiciones determinantes del patrón:

- Aprendices seleccionados de acuerdo a sus estilos de aprendizaje, para trabajo en grupo mediante GAES (Centro Auditivo).
- Disponibilidad de tiempo del instructor y de los miembros del grupo para coincidir en franjas horarias.
- Apropiar los conocimientos básicos de los principios y prácticas de las actividades de aprendizaje propuestas para tal fin.
- Acceso a Internet y apropiación de los conocimientos básicos de las herramientas TIC para la comunicación, colaboración y gestión del proyecto.

Resolución del Problema del Proyecto

Se puede definir el problema central afrontado como la ejercitación en el manejo de la metodología de desarrollo ágil *Scrum*, en un entorno virtual de aprendizaje con un equipo distribuido, realizando un proyecto colaborativo que permita asimilar los principios ágiles: auto organización, producción iterativa de un entregable de valor para un cliente, mejora continua del proceso de trabajo en equipo mediante retrospectivas frecuentes, identificación y desempeño de roles, trabajo interdisciplinario y colaborativo, ciclos cortos de planificación y acción.

Desarrollo del Proyecto y sus Limitaciones

La estrategia para la solución del problema planteado se compone de los siguientes elementos:

- **Planeación detallada y precisa de las actividades a desarrollar**, sus objetivos, duración, resultados esperados y entregables. La claridad de las tareas facilita la iniciativa de los aprendices y mejora su motivación al tener clara la dirección de la actividad, al mismo tiempo ofrece un canal de comunicación con el instructor para ayudar a resolver los problemas presentados.
- **Reuniones sincrónicas y una clara distribución del tiempo en las reuniones**, la asignación del Scrum Master o líder del grupo

como responsable de velar por el cumplimiento de las actividades del sprint tanto en tiempo de duración como en calidad y alcance.

- **Instructor como *Product Owner***, para facilitar la información y aclarar la interpretación de los requisitos, liberando a los grupos para el trabajo autónomo, para que ejercite su propia auto-organización y auto-disciplina.
- **Desarrollo de varios *Sprints*** (reunión de planificación, ejecución y seguimiento, revisión del incremento y retrospectiva).
- **Bitácora del desarrollo de las actividades**, lecciones aprendidas, retroalimentación con las retrospectivas, y como superar en equipo las dificultades presentadas (Ver Figura 4).

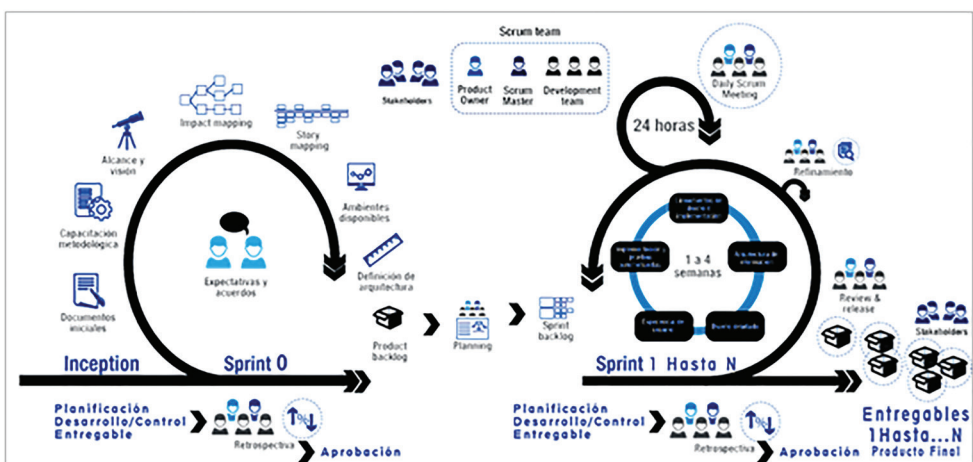


Figura 4. Dinámica del Patrón Pedagógico

La aplicación de este patrón pedagógico estimula en los aprendices la iniciativa, la autonomía, la proactividad, la responsabilidad, el trabajo en equipo y la colaboración, además permite resolver las dificultades a medida que se van presentando por parte del instructor o el líder del grupo, para no perder el objetivo del sprint, mantener el foco y la motivación.

Los ciclos repetitivos de los sprint y la retro-alimentación por parte de las retrospectivas ayudan a conseguir la meta del aprendizaje y desarrollan la capacidad de auto-observación de los aprendices; promoviendo la mejora continua, el incremento de la autoestima, la cohesión del equipo, contribuyendo a la disminución de los índices de deserción de la entidad.

Resultados

En el desarrollo del proyecto de aula con la metodología propuesta los resultados fueron:

- Aplicación de la metodología scrum en el desarrollo del proyecto Geva.
- Abstracción del patrón pedagógico.
- Diagrama del patrón pedagógico aplicado.

- Dinámica del patrón pedagógico.

- Entrega total de productos propuestos por el proyecto.

De acuerdo a los objetivos propuestos para el proyecto GEVA se entregaron tres Aplicaciones móviles funcionales para los sistemas operativos Android y IOS.

Discusión

De acuerdo al planteamiento inicial propuesto que era determinar de qué manera la aplicación de la experiencia pedagógica aplicada en el desarrollo de proyectos de aula, podría mejorar los indicadores de gestión en las participaciones en eventos de investigación departamentales, nacionales e internacionales, cuando se decide cambiar de metodología de desarrollo de proyectos de aula tradicionales por las metodologías ágiles, será como el punto de partida de este apartado ya que si bien es cierto que en el centro de formación donde se aplica este patrón pedagógico los resultados en las participaciones en los indicadores ha venido incrementándose proporcionalmente a la optimización de la aplicación de la metodología, también es cierto que no se ha realizado una investigación a nivel de otros centros que acojan la experiencia pedagógica propuesta, o que si no se aplica esta propuesta los

indicadores de gestión de los centros no pueda ser mejorada, por otra parte el objetivo que busca el autor con esta propuesta es que se tenga una alternativa efectiva al momento de desarrollar proyectos de aula, que ha

dado muy buenos resultados donde se está aplicando y que además esta soportada a nivel mundial por expertos en los temas citados en este artículo.



Figura 5. App Geva Instructor



Figura 6. App Geva Aprendiz



Figura 7. App Geva Aprendiz Discapacitado Visual

Conclusiones

Se podría concluir entonces que es viable la consecución y desarrollo de un proyecto de aula, gestionado y controlado con herramientas TIC, con equipos GAES, con resultados de innovación, impacto y calidad, además la utilización de metodologías ágiles combinadas, ayudan en gran manera a la consecución de objetivos en el desarrollo de proyectos de manera más eficaz y efectiva, con un completo control y seguimiento a los mismos.

El impacto del patrón pedagógico, reside en establecer un diseño de trabajo iterativo más que secuencial, autónomo más que heterónimo y adaptativo más que prescriptivo, donde el rol del aprendiz como scrum master o facilitador del aprendizaje respecto al proceso de trabajo es

de vital importancia en las fases iniciales, pero posteriormente se convierte en una responsabilidad compartida haciendo parte activa en el desarrollo de las actividades y trabaja conjuntamente con los demás miembros del equipo, de esta manera el patrón pedagógico sintetiza un conjunto de reglas simples, principios y buenas prácticas que permiten a un grupo de trabajo transformarse en un verdadero equipo de alto rendimiento, en contextos de incertidumbre e interdisciplinariedad.

Es importante resaltar que el aprendiz que asume el rol de scrum master, experimenta una perspectiva particular del trabajo en equipo y puede ensayar conductas y habilidades en experiencias de proyecto controladas, que permiten el desarrollo de competencias en la solución de situaciones complejas en contextos reales.

Scrum como estrategia de trabajo, es considerado en el contexto del aprendizaje basado en proyectos como un verdadero patrón en sí mismo, que permite afrontar el problema del desarrollo de un conjunto de competencias transversales de vital importancia en el desempeño profesional, que ofrece un conjunto simple de reglas que a través de ciclos de trabajo de inspección y adaptación continua, permiten el desarrollo de competencias blandas, necesarias en una sociedad que demanda una creciente capacidad de innovación, creatividad y producción colaborativa.

Referencias

- Alaimo, M. (2014). *Introducción a Scrum*. Bogotá: Kleeer.
- Bauer, F. B. (1999). *Software Engineering. Report on a conference sponsored by the NATO SCIENCE COMITEE*. Garmisch: Peter Naur & Brian Randell.
- Bergin, J., Eckstein, J., Manns, M., Shar, H., Marquardt, K., Chandler, J., Sipos, M., Voelter, M., & Wallingford, E. (2012). *Pedagogical Patterns: Advice For Educators*. USA: Pedagogical Patterns Editorial Board.
- Cachero, C. P. (2010). *Introducción a la programación orientada a objetos*. Alicante, España: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Eckstein, J., Marquardt, K., Manns, M., & Wallingford, E. (2004). *Patterns for experiential learning. The Pedagogical Patterns Project*. Recuperado de: <http://csis.pace.edu/~bergin/patterns/ExperientialLearning.html>
- Garzas J., Enríquez, J., & Irrazabal, E. (2012). *Gestión Ágil de Proyectos Software Versión Kindle*. San Francisco: Ediciones Kibele Consulting.
- Hicks, M., & Foster, J. (2010). *Adapting Scrum to Managing a Research Group*. USA: University Of Maryland.
- Koch, N., Kraus, A., & Hennicker, R. (2001). *The authoring process of the uml-based web engineering approach*. Munich, Germany: Institute of Computer Science, Ludwig-Maximilians University of Munich.
- López, M. (2005). *Construyendo una escuela sin exclusiones. Una forma de trabajar con proyectos en el aula*. Málaga: Aljibe.

- Rodríguez-Sandoval, E., Vargas-Solano, E., & Luna-Cortés, J. (2010). Evaluación de la estrategia pedagógica “aprendizaje basado en proyectos” *Educación y Educadores*, 13(1), 13-25.
- Schwaber, K. (1997). Scrum Development Process. In: D. J. Sutherland et al. (Ed.), *Business Object Design and Implementation* (117-118). Londres: Springer-Verlag London Limited.
- Toyota, A. J. (1989). *Kanban: Just in time at Toyota. English translation and revised Edition*. New York: Productivity Inc.
- Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Aljibe.
- Yazyi, (2011). *Scrum como patrón pedagógico para el aprendizaje basado en proyectos*. Recuperado de: <http://www.scrummanager.net/blog/2011/10/scrum-como-patron-pedagogico-para-el-aprendizaje-basado-en-proyectos/>
- Zapata, M. (2011). Patrones en elearning. Elementos y referencias para la formación. *RED -Revista de Educación a Distancia*, 27, 2-10.

Inventario de mariposas diurnas en la cuenca de la quebrada Santo Tomás, Pensilvania-Colombia

Inventory of diurnal butterflies in the basin of the Santo Tomás creek, Pennsylvania-Colombia

Recibo: 04.08.2018 Aceptado: 24.09.2018

Para Citar:

Murillo, S., Fadul, C., & Valdeleón, J. (2018). Inventario de mariposas diurnas en la cuenca de la quebrada Santo Tomás, Pensilvania-Colombia. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(1), 57-76.
doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.1637>

Sergio Adrián Murillo Montoya

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
samurillo@sena.edu.co
Colombia

Jairo Valdeleón Manrique

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
jvaldeleonmanrique@misena.edu.co
Colombia

Carlos Julio Fadul Vasquez

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
cjfadul@misena.edu.co
Colombia

Resumen

Se realizó un inventario preliminar con el objetivo, de determinar la diversidad de mariposas diurnas en la cuenca de la quebrada Santo Tomas (Pensilvania-Colombia), durante cuatro meses de muestreo entre abril y julio de 2018. Los especímenes fueron colectados con red entomológica, realizando recorridos en tres coberturas: zonas abiertas, interior de bosque y bosque ribereño, comprendiendo altitudes entre los 1.311 y 1.570 m.s.n.m. Se colectaron 610 mariposas pertenecientes a 6 familias, 15 subfamilias y 83 especies, siendo la más abundante la familia *Nymphalidae*. Se observaron especies y subespecies endémicas de Colombia como *Parides eurimedes*, *Crocozona pheretima*, *Heliconius cydno cydnides* y *Adelpha cytherea despoliata*. De igual manera, se encontraron poblaciones abundantes de *Anartia amathea amathea*, *Oressinoma typhla typhla* y *Hermeneuptychia hermes*. El análisis de agrupación por dendrograma de similitud mostró que la cobertura interior de bosque y bosque ribereño tiene una composición similar. La riqueza y abundancia de mariposas colectadas en el presente estudio son un aporte al conocimiento de la biodiversidad en el municipio de Pensilvania (Colombia) y evidencian la importancia de la conservación de quebradas andinas que abastecen acueductos rurales, debido a la variedad de especies que se puede proteger.

Palabras clave: acueductos rurales, biodiversidad, conservación biológica, Arboleda, Caldas.

Abstract

A preliminary inventory was carried out with the objective of determining the diversity of diurnal butterflies in the basin of the Santo Tomas stream (Pennsylvania-Colombia), during four months of sampling between April and July 2018. The specimens were collected with an entomological network, touring in three coverages: open areas, forest interior and riverine forest, including altitudes between 1,311 and 1,570 meters above sea level 610 butterflies belonging to 6 families, 15 subfamilies and 83 species were collected, the most abundant being the Nymphalidae family. Endemic species and subspecies of Colombia were observed, such as *Parides eurimedes*, *Crocozona pheretima*, *Heliconius cydno cydnides* and *Adelpha cytherea despoliata*. Similarly, abundant populations of *Anartia amathea*, *Oressinoma typhla* and *Hermeneuphychia hermes* were found. The cluster analysis by similarity dendrogram showed that the interior coverage of forest and riparian forest has a similar composition. The richness and abundance of butterflies collected in the present study are a contribution to the knowledge of biodiversity in the municipality of Pennsylvania (Colombia) and show the importance of the conservation of Andean streams that supply rural aqueducts, due to the variety of species that It can protect.

Key words: rural aqueducts, biodiversity, biological conservation.

Introducción

Las mariposas verdaderas o mariposas diurnas, pertenecen a las familias *Hesperiidae*, *Nymphalidae*, *Lycaenidae*, *Papilionidae*, *Pieridae* y *Riodinidae* del orden *Lepidoptera*, por su exuberante belleza, se encuentran dentro de los grupos más estudiados por especialistas y coleccionistas (Santos & Cambra, 2003). Las mariposas son habitantes comunes de una gran variedad de ecosistemas, motivo por el cual, han sido empleadas como predictores de cambios o alteraciones producto de las actividades antrópicas (Fagua, Amarillo & Andrade, 1999), además, son comunes en estudios de monitoreo ambiental e inventarios de diversidad.

Algunos estudios realizados en Colombia, señalan que el número de especies de mariposas diurnas es cercano a 3.500, con unas 1.000 especies distribuidas en la cordillera central (García-Robledo, Constantino, Heredia & Kattan, 2002) y 292 para la zona cafetera de los departamentos de Caldas y Antioquia (Valencia-M, Gil-P & Constantino, 2005). A pesar que este grupo de insectos ha sido estudiado con suficiencia, Rios-Malaver (2007), sugiere que la distribución geográfica, el comportamiento y la diversidad de mariposas se desconocen en algunas zonas de

la región andina, particularmente en altitudes entre los 1.000-1.800 y superior a 2.200 m.s.n.m. siendo necesario incrementar los inventarios en varias regiones del país.

El conocimiento de mariposas diurnas para el departamento de Caldas se concentran en la región centro sur (Arango, Montes, López & Lopez, 2007; Rio-Malaver, 2007; Giraldo, Marín & Uribe, 2015, entre otros), sin embargo se desconoce la diversidad en el oriente del departamento, donde se destacan aportes como los de Arango & Montes (2009), para la cuenca del río La Miel.

Por lo tanto, debido a la falta de estudios en el oriente del departamento y particularmente en el municipio de Pensilvania, este trabajo tiene como objetivo realizar un inventario preliminar en base a la diversidad de mariposas diurnas presentes en tres coberturas en una quebrada andina del oriente del departamento de Caldas.

Se pretende con el estudio obtener una línea base para la generación de programas de conservación de la diversidad en ecosistemas que abastecen acueductos rurales y a su vez, contribuir al conocimiento de las mariposas del municipio de Pensilvania (Caldas) y de los Andes centrales.

Materiales y métodos

Área de estudio

La cuenca de la quebrada Santo Tomás, se encuentra a 1.2 km del corregimiento de Arboleda (Figura 1), en el franco oriental de la cordillera central, a una altitud promedio

de 1.570 m.s.n.m. Comprende pendientes superiores al 50%, temperaturas de 18°C a 24°C, una pluviosidad de 3.000 mm anuales y un régimen bimodal con temporada de lluvias entre marzo a mayo y octubre a diciembre (Corporación Autónoma Regional de Calda [Corpocaldas], 1999).

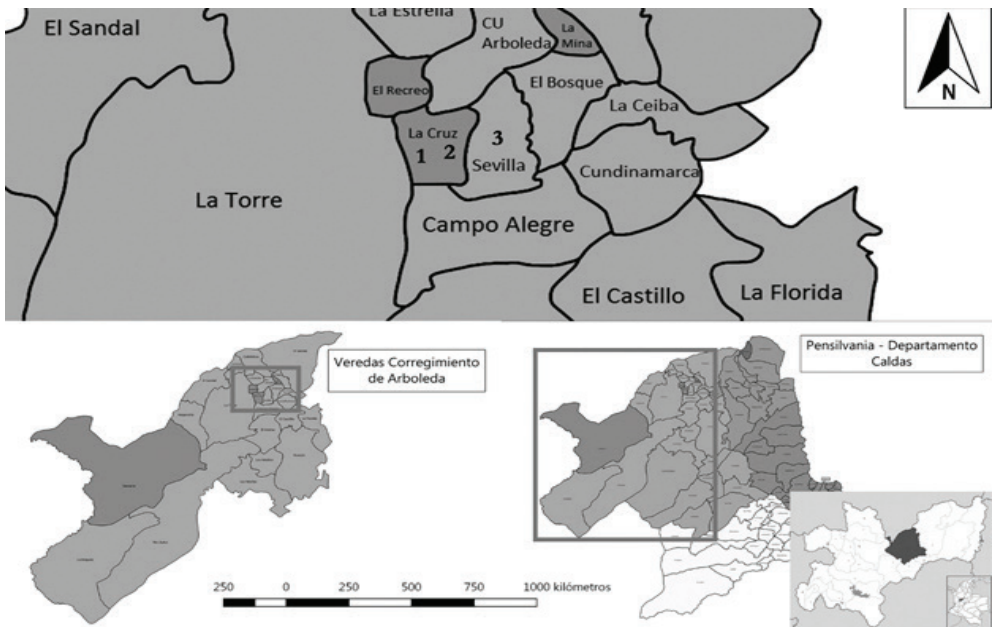


Figura 1. Localización y área de estudio. Sitios de muestreo en la cuenca de la quebrada Santo Tomás, Pensilvania (Colombia). 1: interior de bosque; 2: bosque ribereño y 3: zonas abiertas

Fuente: Alcaldía de Pensilvania

La quebrada tiene una longitud promedio de 4.6 km desde su nacimiento en la vereda La Cruz hasta su desembocadura en la vereda Cundinamarca. Este cuerpo de agua hace parte de la cuenca hidrográfica del río Samaná Sur que vierte sus

aguas al río La Miel y es la fuente de abastecimiento del acueducto local, que suministra agua potable a cerca de 800 personas del corregimiento de Arboleda. Se ubican dentro de la zona de vida bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) en la que

predominan bosques secundarios, cultivos de café, plátano y caña de azúcar. Las especies vegetales más abundantes son el *yarumo* *Cecropia spp*, siete cueros *Tibouchina spp* y nacedero *Trichanthera gigantea* especies que son conservadas desde 1997 por la junta del acueducto local en un pequeño bosque de 15ha en la microcuenca La Palma.

Muestreo y colecta de mariposas

Se realizaron 8 salidas de campo para coleccionar mariposas en tres coberturas de la cuenca de la quebrada Santo Tomás, durante los meses de abril a julio de 2018. La cobertura denominada como interior de bosque se ubicó en las coordenadas N 5°29'32,4" W 75°02'45,1' a 1.523 m.s.n.m. en la microcuenca La Palma; la cobertura bosque ribereño se ubicó en la vereda La Cruz en las coordenadas N 5°29'29" W 75°01'11,1' a 1.570 m.s.n.m. y la cobertura zonas abiertas en la vereda Sevilla N 5°29'56,3" y W 75°10'42,72' a 1.311 m.s.n.m.

Para la colecta de los especímenes se empleó el método de búsqueda directa con red entomológica y se realizaron recorridos entre las 09:00 hrs hasta las 17:00 hrs en senderos de interior de bosque, bosque ribereño y zonas abiertas (camino y potreros), con el fin de coleccionar la mayor cantidad de especies posibles. Se

realizó un esfuerzo de muestreo de una persona por día, 8 horas y 192 horas de muestreo. Los especímenes coleccionados fueron registrados en campo y en la medida de lo posible fueron identificados sin la necesidad de ser sacrificados.

Análisis de datos

Se estimó la riqueza como el número de especies y la abundancia como el número de individuos por especie. Se clasificaron en categorías según las recomendaciones de Henao (2006), así: especies abundantes: más de 10 registros; especies comunes: entre 6-10 registros; especies escasas: 2-5 registros y especies raras: 1 registro. Se realizó una curva de acumulación de especies en el programa Estimates versión 9.1.0 empleando los estimadores no paramétricos Chao 1 y ACE. Igualmente, se realizó un análisis de agrupación por dendrograma de similitud con el programa PAST 2.17 para las tres coberturas.

La identificación de las especies se realizó comparando los ejemplares coleccionados y se confirmó su distribución geográfica con las guías de campo elaboradas por García-Robledo *et al.*, (2002); Le Crom, Constantino & Salazar (2002); Le Crom, Constantino & Salazar (2004) y Valencia-M *et al.*, (2005).

Resultados y discusión

Riqueza y abundancia de mariposas

Los estimadores de riqueza no paramétricos indican que se ha colectado una muestra representativa de la fauna de mariposas diurnas presentes en la cuenca de la quebrada Santo Tomás (Figura 2). El número total de especies registradas fueron ochenta y tres (83) durante los ocho (8) muestreos en campo corresponden al 87% de las especies esperadas según la media del estimador Bootstrap, 76% según la media de ACE y 64% según la media de CHAO 1.

Debido a que no se observa asíntota en la curva de los estimadores, se debe aumentar el esfuerzo de muestreo para acercarse

al número real de especies presentes en la zona, aspecto que seguramente está relacionado con la aparición de especies raras (*singletons* y *doubletons*), particularmente en las coberturas de bosque y bosque ribereño.

Resultados similares son reportados por Giraldo *et al.*, (2015), en plantaciones cítricas del cañón del río Cauca, donde las especies colectadas representan apenas el 57.25% de las esperadas según el estimador CHAO 1; una diferencia tan grande podría indicar que este estimador sobreestima el número de especies esperadas con respecto a otros estimadores como ACE o Bootstrap o que efectivamente hace falta un mayor esfuerzo de muestreo.

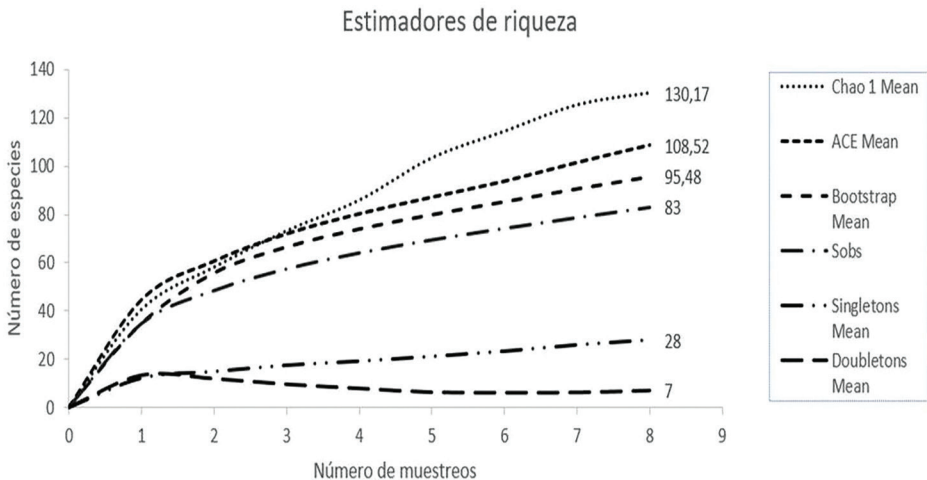


Figura 2. Curvas de acumulación de especies registradas durante los muestreos en la cuenca de la quebrada Santo Tomás, Pensilvania-Colombia. Empleando las medias de los estimadores Chao 1, ACE y Bootstrap

Fuente: Elaboración propia

Es importante resaltar que el número de especies en la zona de estudio va aumentar, a medida que se incrementa el esfuerzo de muestreo, se empleen otros métodos de colecta como trampas *Van Sommer Rydon* y se colecten y sacrifiquen más especímenes.

De igual manera, como lo reporta Rios-Malaver (2007), las curvas de acumulación de especies son una excelente herramienta para determinar qué tan cercano o alejado está el muestreo con respecto al número esperado de especies, aspecto clave que debe tenerse en cuenta para futuros estudios en la cuenca de la quebrada Santo Tomás, para evitar que se subestime o sobreestime la riqueza real de mariposas diurnas de la zona de estudio.

Durante la presente investigación, se colectó un total de 610 mariposas que representan 83 especies (Figura 3), 15 subfamilias y 6 familias. *Nymphalidae* fue la familia con mayor riqueza (Figura 4) la abundancia también fue mayor para este grupo con 378 individuos en 43 especies y 7 subfamilias, seguido por Pieridae con 73 colectas pertenecientes a 7 especies.

Las familias *Papilionidae* y *Lycaenidae* (28 y 4) fueron las que presentaron la menor abundancia (Figura 5). El número de especies

colectadas en el presente estudio es significativo si se compara con el número total de especies propuestas para el departamento de Caldas por Andrade-C (2002), representando un 29,2% de la riqueza total del departamento.

Para el municipio de Pensilvania, los estudios sobre mariposas son escasos. Siendo el único reporte el de Arango & Montes (2009), quienes realizaron una caracterización entomológica en la cuenca del río la Miel.

En dicha investigación reportaron 68 especies en altitudes entre los 2.600 y 2.750 m.s.n.m. pero ninguna coincide con las reportadas en la presente investigación; esta diferencia en la composición de especies en zonas geográficamente cercanas se debe a la diferencia altitudinal entre ambas zonas de estudio, aspecto que ha sido reportado por Andrade-C (2002), y que resalta la riqueza potencial que se puede encontrar en pequeñas matrices de bosque que rodean quebradas andinas.

La familia *Nymphalidae* fue la más abundante, aspecto que coincide con investigaciones en diferentes ecosistemas de Colombia. Fraija-Fernández & Fajardo-Medina (2006), en cinco localidades de los llanos orientales encontraron 46 especies en 6 subfamilias, siendo *Nymphalinae*

la subfamilia de mayor abundancia, mientras que Rios-Malaver (2007), encontró 120 especies al interior de

bosques y en el curso de la quebrada El Águila en el departamento de Caldas.



Figura 3. Mariposas de la quebrada Santo Tomás. *Hesperidae* (A, B, C, D) A: *Noctuana lactifera lactifera*; B: *Pyrgus oileus orcus*; C: *Pythonides proxenus*; D: *Urbanus simplicius*. *Nymphalidae* (E, F, G, H, I) E: *Adelpha cytherea despoliata*; F: *Anartia amathea amathea*; G: *Ceratinia tutia tutia*; H: *Dyrceenna dero enchitma*; I: *Godyrus nepos nepos*

Fuente: elaboración propia

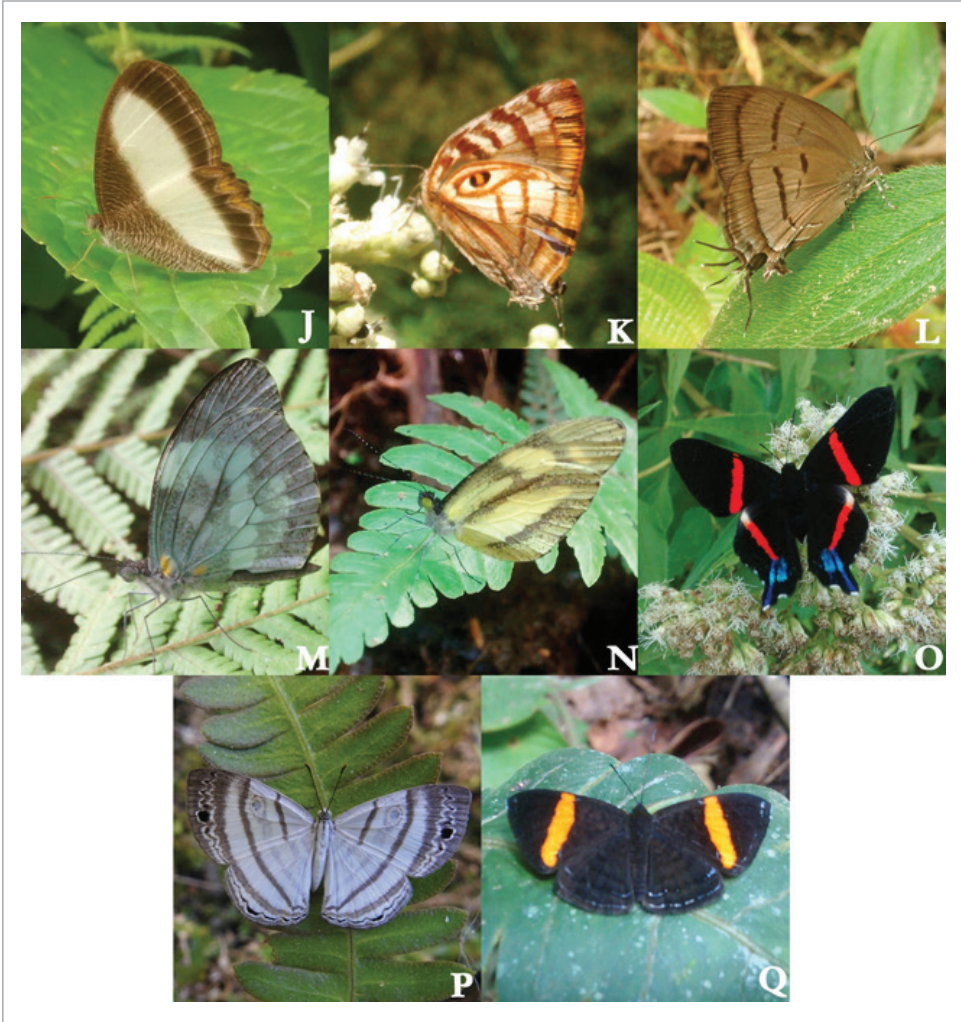


Figura 4. Mariposas de la quebrada Santo Tomás. *Nymphalidae* (J) J: *Oressinoma typhla typhla*; *Lycaenidae* (K, L) K: *Rekoa meton*; L: *Theritas mavors*. *Pieridae* (M, N) M: *Dismorphia crisia feodora*; N: *Dismorphia zathoe*. *Riodinidae* (O, P, Q) O: *Ancylyuris inca huascar*; P: *Leucochimona lagora*; Q: *Crocozona pheretima*

Fuente: elaboración propia

Por su parte, la familia *Riodinidae* fue la segunda en riqueza en el presente estudio, a pesar de ser un grupo relativamente pequeño. Se encontraron 2 especies de *Ancylyuris*

de las 15 reportadas para Colombia por Constantino, Salazar-E & Rodríguez (2009), y una mención especial para la especie *Crocozona pheretima* que se considera endémica de Colombia,

esta especie ya ha sido reportada por García-Robledo *et al.*, (2002) y por Valencia-M *et al.*, (2005), para algunas regiones de la zona cafetera. En el presente estudio fue registrada tanto en época seca como lluviosa y se encontró al interior del bosque y bosque ribereño.

Otras familias como *Pieridae* reportaron pocas especies (7), si se compara con el estudio de Santos & Cambra (2003), para el Parque Nacional Darién donde se observaron 15 especies. De igual manera Rios-Malaver (2007), en el departamento de Caldas colectó 16 especies y Ospina-López, García-Pérez, Villa-Navarro & Reinoso-Flórez (2010), para la cuenca del río Coello (Tolima) colectaron 42 especies. Las especies registradas en el presente estudio se encuentran dentro de las 27 reportadas como comunes por

García-Robledo *et al.*, (2002), para la cordillera central.

Como se esperaba *Lycaenidae*, al igual que *Papilionidae* presentaron una baja riqueza. Sin embargo, se destaca el reporte de la especie *Parides eurimedes* considera como endémica de Colombia por Valencia-M *et al.*, (2005). Por su parte, la familia *Hesperiidae* reportó 12 especies siendo inferior al estudio realizado por Henao & Stiles (2018), en dos reservas de la cordillera oriental donde encontraron 17 especies. Dentro de las mariposas colectadas en la cuenca de la quebrada Santo Tomás, se registraron 29 especies raras y 16 abundantes (Tabla 1), dentro de las que se destacan otras subespecies endémicas de la cordillera central como: *Adelpha cytherea despoliata* y *Heliconius cydno cydnides*.

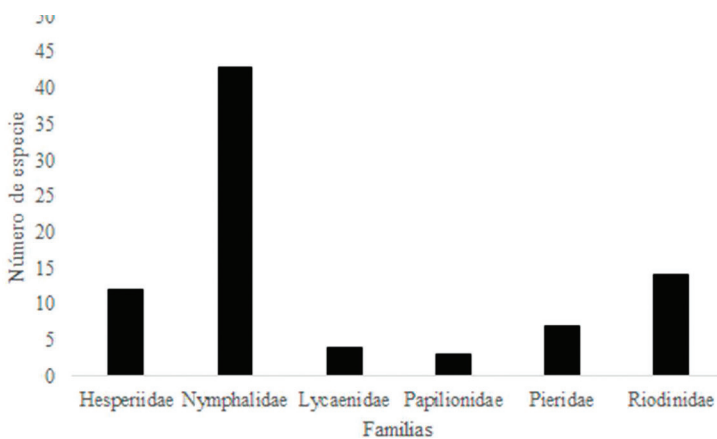


Figura 5. Riqueza de especies en tres coberturas de la cuenca de la quebrada Santo Tomás (Pensilvania-Colombia)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.
Listado y categoría de las mariposas colectadas en la cuenca de la quebrada Santo Tomas. Zab: zonas abiertas, Bos: interior de bosque y Bri: bosque ribereño

Familia	Subfamilia	Especie	Abundancia	Hábitat			Categoría
				Zab	Bos	Bri	
Hesperiidae	Eudaminae	<i>Auphochun longipennis</i>	1	0	0	1	Rara
Hesperiidae	Eudaminae	<i>Spatylephia clonius</i>	8	2	0	6	Común
Hesperiidae	Eudaminae	<i>Urbanus simplicius</i>	18	12	0	6	Abundante
Hesperiidae	Eudaminae	<i>Urbanus viterboana</i>	7	7	0	0	Común
Hesperiidae	Pyrginae	<i>Cycloglypha thrasibulus</i>	1	1	0	0	Rara
Hesperiidae	Pyrginae	<i>Helioptetes alana</i>	8	4	2	2	Común
Hesperiidae	Pyrginae	<i>Jemania pseudoneptus</i>	1	0	0	1	Rara
Hesperiidae	Pyrginae	<i>Noctuana lactifera lactifera</i>	1	1	0	0	Rara
Hesperiidae	Pyrginae	<i>Pyrgus oileus orcus</i>	7	2	2	3	Común
Hesperiidae	Pyrginae	<i>Pyrrophige phidias phidias</i>	2	0	0	2	Escasa
Hesperiidae	Pyrginae	<i>Pythionides proxenus</i>	1	0	0	1	Rara
Hesperiidae	Pyrginae	<i>Staphylus lizeri</i>	2	0	2	0	Escasa
Nymphalidae	Biblidinae	<i>Canotephele numilia</i>	1	1	0	0	Rara
Nymphalidae	Charaxinae	<i>Fountainea nessus</i>	1	1	0	0	Rara
Nymphalidae	Charaxinae	<i>Fountainea ryphea</i>	1	1	0	0	Rara
Nymphalidae	Charaxinae	<i>Memphis arginussa</i>	4	0	3	1	Escasa
Nymphalidae	Charaxinae	<i>Memphis perenna austrina</i>	1	1	0	0	Rara
Nymphalidae	Danainae	<i>Ceratinia tutia</i>	6	0	0	6	Común

Familia	Subfamilia	Especie	Abundancia	Hábitat			Categoría
				Zab	Bos	Bri	
Nymphalidae	Danainae	<i>Dircenna dero euehytma</i>	1	0	1	0	Rara
Nymphalidae	Danainae	<i>Godrys nepos nepos</i>	1	0	1	0	Rara
Nymphalidae	Danainae	<i>Greta andromica nerina</i>	6	0	0	6	Común
Nymphalidae	Danainae	<i>Hyposcada virginiana virginiana</i>	4	0	3	1	Escasa
Nymphalidae	Danainae	<i>Lycorea halia pales</i>	1	0	1	0	Rara
Nymphalidae	Danainae	<i>Mechanitis polymnia</i>	8	0	5	3	Común
Nymphalidae	Danainae	<i>Oleria analda</i>	1	0	0	1	Rara
Nymphalidae	Danainae	<i>Pseudoescada tinna</i>	2	0	0	2	Escasa
Nymphalidae	Danainae	<i>Tithorea tarricina parola</i>	18	10	3	5	Abundante
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Actinote antea</i>	3	3	0	0	Escasa
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Altinote ozomene</i>	7	7	0	0	Común
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Altinote stratonice</i>	15	13	0	2	Abundante
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Dione juno</i>	6	6	0	0	Común
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Heliconius chrysionimus chrysionimus</i>	19	3	9	7	Abundante
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Heliconius cydno cydrides</i>	22	4	11	7	Abundante
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Heliconius melpomene</i>	24	6	10	8	Abundante
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Philoetria dido dido</i>	7	5	2	0	Común
Nymphalidae	Limenithidinae	<i>Adelpha cytherea despoliata</i>	13	8	3	2	Común
Nymphalidae	Limenithidinae	<i>Adelpha lycoritas wallisi</i>	2	2	0	0	Escasa
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Anartia amathea amathea</i>	42	39	0	3	Abundante
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Anartia jatrophae jatrophae</i>	30	25	0	5	Abundante
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Castilia erantes</i>	6	0	0	6	Común

Familia	Subfamilia	Especie	Abundancia	Hábitat			Categoría
				Zab	Bos	Bri	
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Eresia polina</i>	1	0	1	0	Rara
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Hypanartia Dione</i>	7	0	0	7	Común
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Hypanartia leythe</i>	9	3	0	6	Común
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Siproeta ephapus ephaphus</i>	6	3	0	3	Común
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Tegosa anieta anieta</i>	8	2	0	6	Común
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Caligo prometheus</i>	7	0	4	3	Común
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Cissia penelope</i>	1	1	0	0	Rara
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Euptychia hesione</i>	7	3	0	4	Común
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Hermeuptychia hermes</i>	37	37	0	0	Abundante
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Morpho helenor</i>	1	0	1	0	Rara
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Oressinoma typhla typhla</i>	27	21	2	4	Abundante
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Parataygetis lineata</i>	2	0	2	0	Escasa
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Pareuptychia ocirrhoe</i>	8	2	2	4	Común
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Pronophila orcus</i>	3	3	0	0	Escasa
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Pronophila unifaciatus brennus</i>	2	2	0	0	Escasa
Lycanidae	Theclinae	<i>Laotus gibberosa</i>	1	0	0	1	Rara
Lycanidae	Theclinae	<i>Rekoa meton</i>	1	1	0	0	Rara
Lycanidae	Theclinae	<i>Theritas mavors</i>	1	1	0	0	Rara
Lycanidae	Theclinae	<i>Tmolus echion</i>	1	1	0	0	Rara
Papilionidae	Papilioninae	<i>Heracles anchixiades idaeus</i>	8	2	2	4	Común
Papilionidae	Papilioninae	<i>Heracles thoas nealses</i>	19	9	6	4	Abundante
Papilionidae	Papilioninae	<i>Parides eurimedes</i>	1	0	0	1	Rara

Familia	Subfamilia	Especie	Abundan- cia	Hábitat			Categoría
				Zab	Bos	Bri	
Pieridae	Coliadae	<i>Eurema albula albula</i>	21	14	0	7	Abundante
Pieridae	Coliadae	<i>Eurema dairia hydia</i>	4	0	0	4	Escasa
Pieridae	Coliadae	<i>Phoebis sennae</i>	8	5	0	3	Común
Pieridae	Dismorphiinae	<i>Dismorphia crisia feodora</i>	9	0	2	7	Común
Pieridae	Dismorphiinae	<i>Dismorphia zathoe zathoe</i>	14	10	0	4	Abundante
Pieridae	Pierinae	<i>Leodontha tellane intermedia</i>	1	1	0	0	Rara
Pieridae	Pierinae	<i>Leptophobia eleusis eleusis</i>	16	12	0	4	Abundante
Riodinidae	Riodininae	<i>Ancyluris aulestes jocularis</i>	2	0	0	2	Escasa
Riodinidae	Riodininae	<i>Ancyluris inca huascar</i>	1	0	0	1	Rara
Riodinidae	Riodininae	<i>Calephelis iris</i>	1	1	0	0	Rara
Riodinidae	Riodininae	<i>Calephelis laverna</i>	7	7	0	0	Común
Riodinidae	Riodininae	<i>Crocozona pheretima</i>	4	0	2	2	Escasa
Riodinidae	Riodininae	<i>Emesis cypria</i>	8	3	3	2	Común
Riodinidae	Riodininae	<i>Eurybia donna</i>	16	0	5	11	Abundante
Riodinidae	Riodininae	<i>Leucochimona lagora</i>	21	0	14	7	Abundante
Riodinidae	Riodininae	<i>Melanis marathion marathion</i>	3	0	2	1	Escasa
Riodinidae	Riodininae	<i>Mesosemia mevania mevania</i>	1	0	0	1	Rara
Riodinidae	Riodininae	<i>Necyria duellona diva</i>	1	0	0	1	Rara
Riodinidae	Riodininae	<i>Retus dysonii dysonii</i>	3	3	0	0	Escasa
Riodinidae	Riodininae	<i>Siseme neurodes neurodes</i>	1	1	0	0	Rara
Riodinidae	Riodininae	<i>Symmachia tricolor</i>	1	0	0	1	Rara

Fuente: Elaboración propia

El 34,9% de las especies colectadas se registraron en la categoría de raras, es decir, con 1 solo individuo. El 28,9% de las especies fueron abundantes, el 19,4% comunes y el 14,8% escasas. El alto porcentaje de especies raras (*singletons* y *doubletons*) y escasas sugiere que hace falta realizar más estudios en la zona y destaca la alta diversidad de especies que se pueden encontrar en la quebrada Santo Tomás. Un estudio realizado por Henao & Stiles (2018), encontró resultados similares en términos de especies raras (37%). Dentro de la categoría de especies escasas se registró *Crocozona pheretima* especie endémica de Colombia y en las categorías común y abundantes se reportan subespecies endémicas

como *Adelpha cytherea despoliata* y *Heliconius cydno cydnides*.

Composición según el hábitat

El análisis de similitud por agrupamiento empleando la distancia de Bray-Curtis mostró que los sitios, interior de bosque y bosque ribereño presentan una composición similar (Figura 6), que tiende a distanciarse de la composición faunística de las zonas abiertas. Sin embargo, la similitud entre las coberturas evaluadas fue baja; el interior de bosque y el bosque ribereño compartieron el 44% de las especies, mientras que los tres sitios apenas tienen un 27% de especies en común.

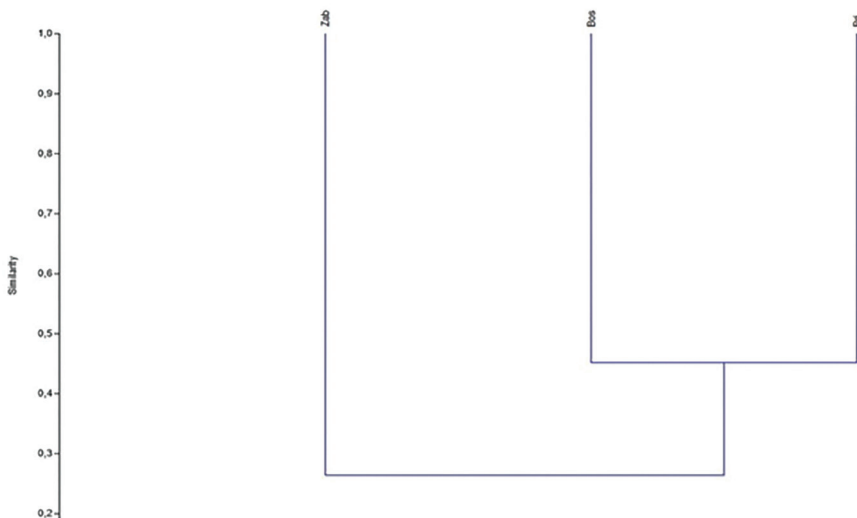


Figura 6. Dendrograma de similitud basado en la distancia de Bray-Curtis con el método de enlace UPGMA, para los sitios de muestreo en la cuenca de la quebrada Santo Tomás. Zab: zonas abiertas; Bos: interior de bosque y Bri: bosque ribereño

Una mayor similitud entre las coberturas interior de bosque y bosque ribereño se debe a una mayor conservación que en zonas abiertas. En este sentido, es predecible encontrar especies raras y una mayor riqueza en este tipo de coberturas, mientras que en zonas abiertas la riqueza es menor y la abundancia tiende a aumentar. Resultados similares son reportados por Andrade-C (2002), quien sugiere que las zonas de media montaña bien conservadas, funcionan como corredores migratorios, por lo cual es importante conservar este tipo de ecosistemas.

Al interior del bosque las subfamilias heliconiinae y riodininae fueron las que presentaron mayor abundancia y riqueza, posiblemente debido a la disponibilidad de alimento. Resultados similares han sido reportados por Rios-Malaver (2007), en una cuenca andina al noroccidente de Manizales. Las especies de *Heliconius*, *H. cydno cydnides*, *H. melpomene* y *H. clysonimus clysonimus* y el Riodininae *Leucochimona lagora* fueron representativos de esta cobertura, estas especies según Valencia-M *et al.*, (2005), son comunes en relictos de bosque. Es importante resaltar la presencia constante de la sub especie *H. cydno cydnides* dado que se considera endémica del alto y medio magdalena, aspecto fundamental en programas para conservación de la biodiversidad.

En el bosque ribereño las especies más abundantes fueron *Eurybia donna* y *Heliconius melpomene* las cuales fueron observadas con mayor prevalencia en floraciones de rubiáceas. Mientras que las especies *Crocozona pheretima* y *Pyrrophyge phidias phidias* fueron observadas libando juntas en la orilla de la quebrada, comportamiento que es común en muchos grupos de mariposas y que coinciden con lo descrito por Rios-Malaver (2007), aunque para otras especies. Una especie exclusiva de esta cobertura fue *Ceratinia tutia tutia* la cual fue observada libando excrementos de aves.

Finalmente, las especies más comunes en zonas abiertas fueron *Anartia amathea amathea* considera la especie más abundante en Colombia según Valencia-M *et al.*, (2005), *Anartia jatrophae jatrophae* y *Hermeneuphychia hermes*. Las especies *Memphis perenna austrina* y *Fountainea nessus* fueron observadas libando excrementos de mamíferos, mientras que *Retus dysonii dysonii* y *Ancyluris inca huascar* fueron registradas libando flores de *Austroeupatorium inulifolium* (Asteraceae) conocida en la zona como chilca blanca. Adicionalmente, la subespecie *Adelpha cytherea despoliata* fue registrada durante los días con temperaturas más altas, esta especie que se considera endémica

de la cuenca media y alta del Río Magdalena se registró en la categoría “común” en las tres coberturas del área de estudio.

Conclusiones

El registro de dos especies endémicas de Colombia y dos subespecies endémicas del valle medio y alto del Río Magdalena, resalta la importancia de la cuenca de la quebrada Santo Tomás (Pensilvania) como reservorio para la diversidad de mariposas diurnas y se constituye en un componente clave para la conservación de relictos de bosque que abastecen acueductos rurales.

El número de especies reportado en esta investigación resalta la riqueza que puede encontrarse en pequeñas matrices que circundan quebradas andinas. Además, el alto número de especies registradas en la categoría de raras (*singletons* y *doubletons*) y escasas, evidencian la falta de inventarios particularmente en altitudes comprendidas entre los 1.300 y 1.800 m.s.n.m. De igual manera, se hace necesario aumentar el número de muestreos e incluir otros métodos de colecta con el fin de alcanzar el valor real de especies que podrían encontrarse en la zona de estudio, la cual de acuerdo al estimador no paramétrico CHAO 1 es cercana a 130 especies, lo que representaría el

44.5% de las especies reportadas por García-Robledo *et al.*, (2002), para la zona cafetera de los departamentos de Caldas y Antioquia, además, al aumentar el esfuerzo de muestreo se podrá determinar si estimadores como CHAO 1 sobreestimaron la biodiversidad de especies en el área de estudio o si por el contrario ACE y Bootstrap la subestiman.

Referencias

- Andrade-C, M.G. (2002). Biodiversidad de mariposas (*Lepidoptera: Rhopalocera*) de Colombia. C. Costa., S.A. Vanin., J.M. Lobo., & Melic (Eds.), *Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática PRIBES* (153-172). Zaragoza, España: m3m, Monografías Tercer Milenio.
- Arango, L., Montes-R, J.M., López-P, D.A., & López-P, J.O. (2007). Mariposas (*Lepidoptera: Papilioidea: Hesperoidea*), escarabajos coprófagos (*Co-leoptera: Scarabaeinae*) y hormigas (*Hymenoptera: Formicidae*) del ecoparque Alcázares-Arenillo (Manizales, Caldas-Colombia). *Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 11 (1), 390-409.

- Arango, L. & Montes-R, J.M. (2009). Caracterización entomológica parcial de la cuenca del río La Miel en el departamento de Caldas (Colombia). *Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 13 (2), 249-268.
- Constantino, L.M., Salazar-E, J.A., & Rodríguez, G. (2009). Estudio sobre el género *Ancyluris* Hübner 1819 en Colombia y descripción de nuevo taxa (*Lepidoptera: Riodinidae*). *Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 16 (2), 209-252.
- Corporación Autónoma Regional de Caldas (1999). *Agenda para la gestión ambiental del municipio de Pensilvania*. Recuperado de: <http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/329/PGAR%202001-2006%20-%20Parte%201.pdf>
- Fagua, G., Amarillo, A., & Andrade, M.G. (1999). Mariposas (*Lepidoptera*) como bioindicadores del grado de intervención en la cuenca del río Pato (Caquetá). En: Andrade, M.G. Amat, G. y Fernández, F. (eds.) *Insectos de Colombia, Estudios Escogidos*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (285-315). Bogotá. Colección Jorge Álvarez Lleras.
- Fraija-Fernández, N., & Fajardo-Medina, G.E. (2006). Caracterización de la fauna del orden *lepidoptera* (*Rhopalocera*) en cinco diferentes localidades de los llanos orientales colombianos. *Acta Biológica Colombiana*, 11 (1), 55-68. doi: 10.15446/abc
- García-Robledo, C., Constantino, L.M., Heredia, M.D., & Kattan, G. (2002). *Guía de campo: mariposas comunes de la cordillera central*. Chinchiná, Colombia: Cenicafe.
- Giraldo, C.E., Marín, M.A., & Uribe, S. (2015). Mariposas diurnas (*Lepidoptera: Papilionoidea*) asociadas a una plantación citrícola del cañón del Río Cauca, Caldas-Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 19 (2), 83-94.
- Henao, E. (2006). Aproximación a la distribución de mariposas del departamento de Antioquia (*Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae: Lepidoptera*)

- con base en zonas de vida. *Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 10, 279-312.
- Henao, E., & Stiles, F. (2018). Un inventario de las mariposas diurnas (*Lepidoptera: Hesperoidea-Papilionoidea*) de dos reservas altoandinas de la cordilla oriental de Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7 (1), 71-87. doi:<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.67837>
- Le Crom, J.F., Constantino, L.M., & Salazar, J.A. (2002). *Mariposas de Colombia. Tomo I: Papilionidae*. Colombia: Carlec Ltda.
- Le Crom, J.F., Constantino, L.M., & Salazar, J.A. (2004). *Mariposas de Colombia. Tomo II: Pieridae*. Colombia: Carlec Ltda.
- Ospina-López, L.A., García-Pérez, J.F., Villa-Navarro, F.A., & Reinoso-Flórez, G. (2010). Mariposas *Pieridae* (*Lepidoptera: Papilionidae*) de la cuenca del Río Coello (Tolima). *Actualidades Biológicas*, 32 (93), 173-188.
- Rios-Malaver, C. (2007). Riqueza de especies de mariposas (Hesperoidea & Papilionoidea) de la quebrada “El Águila” cordillera central (Manizales, Colombia). *Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 11, 272-291.
- Santos, A., & Cambra, R.A. (2003). Mariposas del Parque Nacional Darién: *Nymphalidae, Papilionidae* y *Pieridae* (*Lepidoptera*) depositadas en el museo de invertebrados G.B. Fair Child, Universidad de Panamá. *Revista Tecnociencia*, 5 (2), 23-33.
- Valencia-M, C.A., Gil-P, Z.N., & Constantino, L.M. (2005). *Mariposas diurnas de la zona central cafetera colombiana. Chinchiná, Colombia: Cenicafé.*

Diseño de un sistema de reutilización de agua para pruebas hidrostáticas a válvulas industriales

Design of a water reuse system for hydrostatic testing of industrial valves

Recibo: 29.08.2018 Aceptado: 25.09.2018

Para Citar:

Camacho, Y. & Martinez, D. (2018). Diseño de un sistema de reutilización de agua para pruebas hidrostáticas a válvulas industriales. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(1), 77-88 doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.1762>

Yamile Camacho Rubiano

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
ycamacho@sena.edu.co
Colombia

Diana Yalile Martinez Moreno

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
dymartinez42@misena.edu.co
Colombia

Resumen

Esta investigación resultó de la identificación de una posible mejora dentro del proceso de verificación de válvulas a través de las pruebas hidrostáticas en la empresa Reymom Ltda. El agua utilizada en las pruebas hidrostáticas va directamente al alcantarillado convencional, debido a que no se cuenta con un sistema que permita la recolección de esta para ser utilizada nuevamente, el mantenimiento de estas válvulas debe ser óptimo, preciso y con altos estándares de calidad, debido a la importancia que tienen en un proceso productivo en donde se lleve inmerso el manejo y control de fluidos. La reutilización de agua es una alternativa que ayuda a disminuir el consumo del recurso y así como una solución a los problemas ambientales. Para el diseño del sistema de reutilización de agua propuesto se tuvo en cuenta los principios básicos de funcionamiento de una trampa de grasas y de un sistema de filtración de acuerdo al estudio del estado del arte. La investigación se desarrolló mediante estudios experimentales, basados en el diseño y evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales según los parámetros fisicoquímicos del agua.

Palabras clave: pruebas hidrostáticas, agua residual, proceso productivo, sistema de reutilización, sistemas alternativos.

Abstract

This investigation resulted from the identification of a possible improvement within the process of valve verification through hydrostatic tests in the company Reymom Ltda. The water used in the hydrostatic tests goes directly to the conventional sewage system, due to the fact that there is no system that allows the collection of this to be used again, the maintenance of these valves must be optimal, accurate and with high quality standards, due to the importance they have in a productive process where the management and control of fluids is immersed. The reuse of water is an alternative that helps to reduce the consumption of the resource and as well as a solution to environmental problems. For the design of the proposed water reuse system, the basic operating principles of a grease trap and a filtration system according to the state of the art study were taken into account. The research was developed through experimental studies, based on the design and evaluation of the wastewater treatment system according to the physicochemical parameters of the water.

Key words: hydrostatic tests, residual water, productive process, reuse system, alternative systems.

Introducción

En la industria metalmecánica es muy frecuente el uso de válvulas para el control de procesos. Las válvulas son una pieza mecánica usada para modificar el flujo o el fluido que pasa a través de ella, la acción de la válvula es causada por el movimiento de cierre de un elemento (CRANE, 1987). El mantenimiento de estas válvulas debe ser óptimo, preciso y con altos estándares de calidad, debido a la importancia que tienen en el proceso productivo en donde se lleve inmerso el manejo y control de fluidos. Reymom Ltda. ofrece servicios especializados en diagnóstico, reparación, recuperación y mantenimiento de válvulas industriales.

El diseño de un sistema de reutilización de agua para el proceso de pruebas hidrostáticas a válvulas industriales en la empresa Reymom Ltda., busca la reducción en el consumo de agua potable, siendo éste el aspecto ambiental más significativo que ocasiona un impacto moderado. La importancia de la implementación de estos sistemas de reutilización de agua radica en disminución de gastos hídrico en los procesos y que a su vez, ayudan a disminuir el daño al medio ambiente.

Para Therans (2009), el sector metalmecánico en Santander

(Colombia), se caracteriza por la alta necesidad de tecnología y conocimientos asociados a la mejora de sus procesos productivos los cuales, crean una balanza comercial y la competitividad. En Barrancabermeja (Colombia), la industria metalmecánica no cuenta con ningún tipo de tecnología que ayude a la conservación del medio ambiente, en este caso Reymom Ltda., es pionera, teniendo en cuenta que solo el 12% de las empresas metalmecánicas han realizado mejoras en los métodos de producción (Muñoz, 2016).

Este sistema de reutilización de agua en el proceso de las pruebas hidrostáticas, va a permitir almacenarla y reutilizarla por medio de un proceso continuo que permitirá prolongar el uso del agua, con el único fin de reducir el desperdicio de esta. El sistema es una alternativa sustentable y además es eficaz en la disminución de contaminantes, también se puede aplicar en diferentes sectores metalmecánicos siempre y cuando se adapte a las necesidades.

Colombia es el cuarto país en el mundo con mayor cantidad de recursos hídricos, sin embargo, desde el año 2008 estudios revelan que cada año va desapareciendo una quebrada, esto se debe a la falta de conciencia en el uso racional y eficiente del agua (Universidad Nacional, 2010).

La empresa Reymom Ltda., no cuenta con ningún tipo de sistema de aprovechamiento de agua dentro de las actividades que realiza. El agua que se vierte al sistema de alcantarillado convencional después del proceso productivo contiene contaminantes, y este vertimiento es uno de los factores que más influye en la degradación de ríos y afecta de manera negativa a la flora y fauna (Atencia, 2007).

Según estudio publicado en Global Water Partnership, en el año 2015, Colombia es el tercer país en el mundo con mayor cantidad de reservas de agua renovable (Universia Colombia, 2015), sin embargo, la estimación de huella hídrica del sector industrial en Colombia asciende a los 65 millones de m³ al año (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2014).

Por lo anterior se plantea la siguiente pregunta problemática: ¿Cuáles son los factores que intervienen en el Diseño de un Sistema de Reutilización de Agua para mejorar eficiencia y efectividad del proceso productivo en la Empresa Reymom Ltda?

Materiales y métodos

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en el municipio de Barrancabermeja en la empresa

Reymom Ltda. con el apoyo de aprendices de las Tecnologías Agua y Saneamiento y Gestión de la Producción Industrial, desde marzo a agosto de 2018.

El proyecto contempla un diseño de Método Mixto en el cual, se definen como el tipo de estudio donde el investigador mezcla o combina técnicas de investigación, métodos, enfoques, conceptos o lenguaje cuantitativo o cualitativo en un solo estudio (Johnson & Onwuegbuzie, 2004).

Este diseño implica que el investigador utilice al mismo tiempo técnicas cuantitativas y cualitativas durante la misma fase del proceso de investigación, siendo la prioridad de los métodos la misma en ambas aproximaciones y manteniendo ambas separadas e independientes durante el análisis y finalmente combina los resultados durante una interpretación conjunta.

Diseño del Sistema de Reutilización

El proyecto se desarrolló en dos fases, una fase cualitativa la cual tuvo un enfoque descriptivo, exploratorio y experimental y una fase cuantitativa que tuvo un enfoque exploratorio – experimental, que sirvió para plantear las actividades para el desarrollo del proyecto.

En la fase cualitativa para el enfoque descriptivo se tuvo en cuenta el diagnóstico inicial, el cual, se realizó mediante una visita a la empresa Reymom Ltda., donde se identificó la problemática y las posibles maneras de intervenir en pro de la mejora del proceso productivo partiendo de la capacidad de las válvulas y la frecuencia en que se realizan las pruebas hidrostáticas.

En cuanto al enfoque exploratorio se realizó, una interpretación de datos y diseño partiendo de la información ya obtenida para crear un diseño conceptual y detallado que permitiera darle solución a la problemática evidenciada que en este caso era el vertimiento del agua sin tratamiento al sistema de alcantarillado convencional, teniendo presente los datos obtenidos del análisis fisicoquímico del agua (Figura 1).

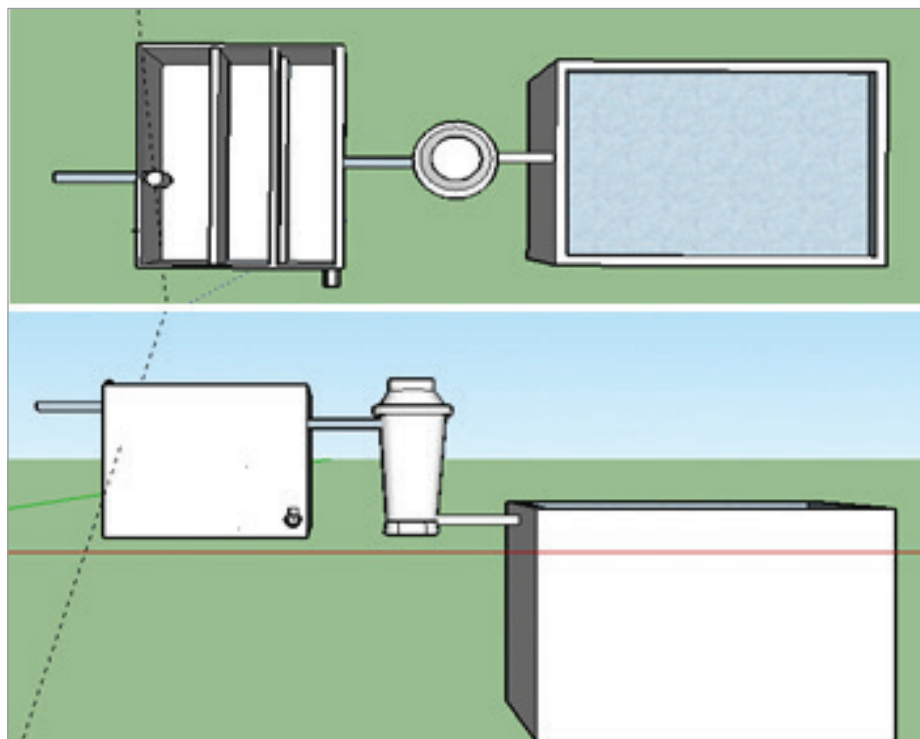


Figura 1. Vista frontal y superior del sistema de filtración y trampa de grasas
Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en el enfoque experimental para el proceso del diseño se busca la mejora del sistema por medio de la validación de un prototipo de reutilización de agua.

En la fase cuantitativa la cual cuenta con un enfoque exploratorio/experimental se procede a ponderar

los datos obtenidos con el fin de desarrollar el sistema de reutilización de agua de acuerdo con el prototipo diseñado.

Los indicadores de control estadístico serán un método eficiente para el control.

$$\% = \left| \frac{\text{Entrada} - \text{Salida}}{\text{Entrada}} \right| * 100$$

Ecuación 1. Eficiencia

Resultados y discusión

Teniendo en cuenta la fase de diagnóstico se pudo evidenciar la situación problema en la empresa Reymom Ltda de la cual surgió la necesidad de darle un tratamiento a las aguas residuales partiendo del análisis de la frecuencia en la que se realizaban las pruebas hidrostáticas y la cantidad de agua que era vertida al sistema de alcantarillado (Tabla 1).

A partir de los datos obtenidos con respecto a la cantidad de agua que se necesita en cada prueba hidrostática, se pudo determinar el caudal de entrada en cada válvula de 0,25 l/seg y el de salida 0,082 l/seg los cuales, fueron datos significativos para el diseño del sistema de reutilización de agua.

Los resultados del análisis fisicoquímico de las aguas residuales de la empresa fueron comparados con la Resolución 631 de 2015 en la cual, se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público los cuales, excedían los valores máximos permisibles de vertimiento en el alcantarillado público, como se puede evidenciar en la Tabla 2.

De acuerdo con los resultados obtenidos se planteó un diseño del sistema de reutilización teniendo en cuenta los parámetros que excedían los valores límites permisibles de la resolución. El diseño fue revisado y aprobado por parte de la empresa (Figura 2).

Tabla 1.
Capacidad de válvulas y frecuencia del servicio

Tamaño De Válvula (In)	Litros De Agua Por Prueba	Número De Veces De Llenado En Cada Prueba	Frecuencia Por Semana	Gasto Por Semana	Gasto Al Año
				Lt.	Lt.
1/2	1,27	3	2	7,63	366,3
3/4	1,91	3	1	5,72	274,7
1	2,54	3	1	7,63	366,3
1 1/4	3,18	3	1	9,54	457,8
1 1/2	3,82	3	1	11,45	549,4
2	5,09	3	3	45,79	2197,8
2 1/2	6,36	3	1	19,08	915,7
3	7,63	3	1	22,89	1098,9
4	10,18	3	1	30,53	1465,2
6	15,26	3	2	91,58	4395,6
8	20,35	3	3	183,15	8791,2
12	30,53	3	1	91,58	4395,6
14	35,61	3	1	106,84	5128,2
16	40,70	3	2	244,20	11721,6
24	61,05	3	0,02	3,66	175,8
PROMEDIO					42300,32

Fuente: Elaboración propia

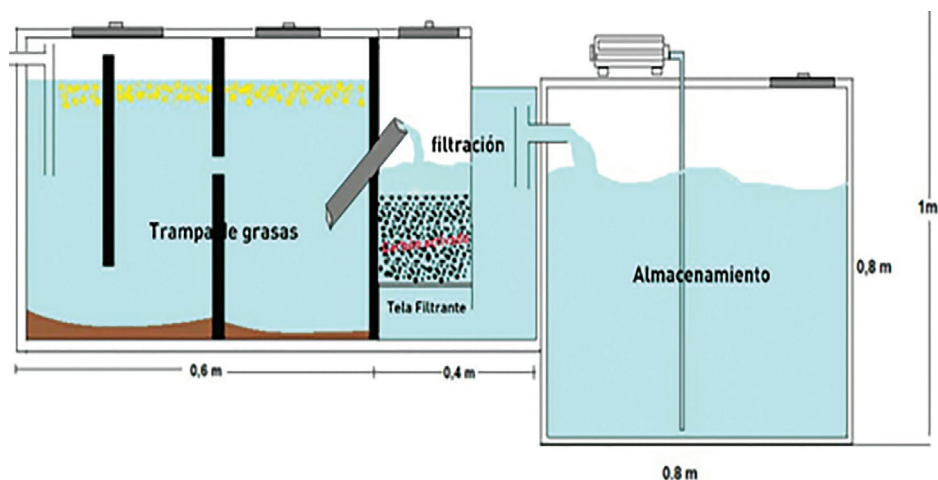


Figura 2. Medidas del sistema de filtración y trampa de grasas para el sistema de reutilización de agua

Fuente: Elaboración propia

Con este diseño lo que se busca es darle cumplimiento de la Resolución 1207 del 2014 en la cual, se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas y la Resolución 2115 del 2007 la cual, señala las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo.

El diseño del sistema de reutilización consta de un tanque de almacenamiento inicial en donde se almacena el agua antes de ingresar a la trampa de grasas, en este proceso se pretende eliminar la presencia de grasas y aceites, por consiguiente, pasa por un sistema de filtración el cual incluye carbón activado, arena y arcilla con el fin de eliminar la

presencia de sólidos en el agua residual. Al finalizar este proceso el agua se almacena en un tanque que tendrá instalado un sistema de sensores de llenado, el cual permitirá que el bombeo de agua se realice solo cuando el tanque de almacenamiento este lleno y por consiguiente reutilizar el agua en el proceso de las pruebas hidrostáticas (Figura 3).

Con este diseño podemos determinar el ahorro real del Sistema de Reutilización de Agua de la Empresa Reymom Ltda, mediante el análisis de factores tales como los costos de operación y mantenimiento, sin olvidar los beneficios asociados al impulso del desarrollo económico de Barrancabermeja.

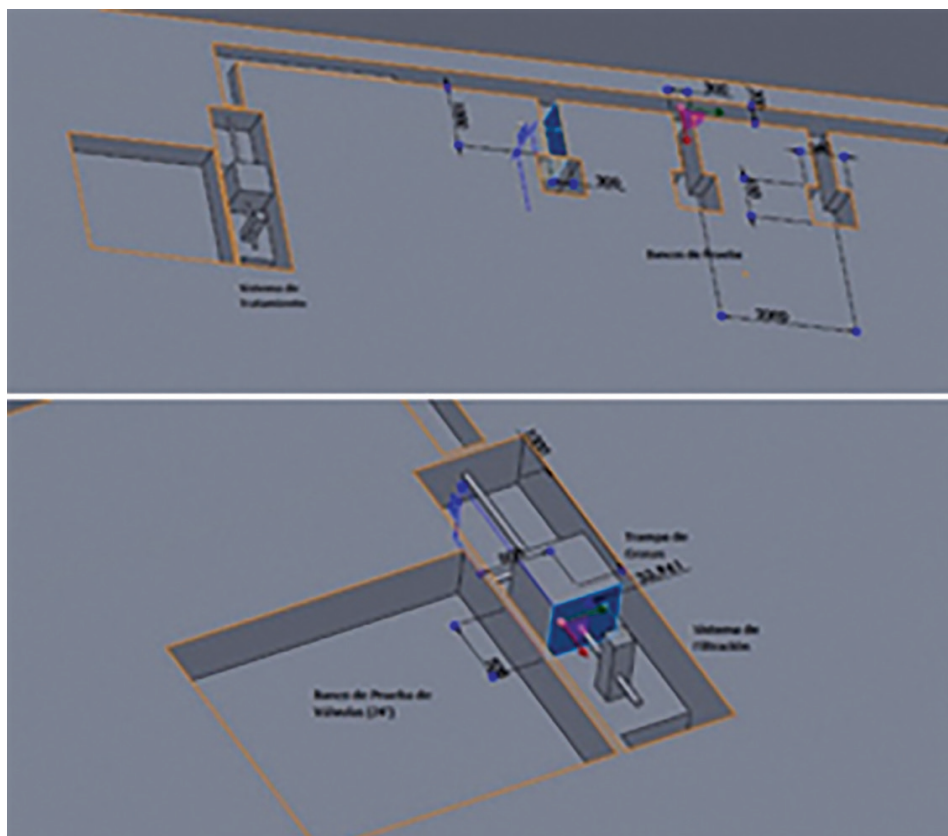


Figura 3. Diseño del sistema de reutilización en la empresa Reymom Ltda.

Fuente: Pardo (2018), SolidWorks

Conclusiones

El principal problema que se presenta está relacionado con los parámetros fisicoquímicos del agua, ya que son fácilmente cambiantes puesto que cada válvula a la que se le realiza la prueba hidrostática proviene de distintos procesos industriales.

Las instalaciones de la empresa son reducidas lo cual hace que el diseño sea lo más sencillo posible y que no afecte las demás dependencias

de la empresa. El diseño del sistema reutilización de aguas residuales de la empresa Reymom Ltda, parte de los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico los cuales excedían los parámetros límites permisibles según la Resolución 631 del 2015.

El diseño de los sistemas de reutilización de agua está basado en principios físicos elementales y los costos de construcción pueden ser bajos.

Recomendaciones

Para el funcionamiento del sistema se necesita energía lo cual hace que el sistema no sea 100% ecológico, por lo tanto se recomienda la búsqueda de energías alternas que contribuyan a la aplicación de tecnologías limpias.

Se recomienda brindar especial atención a la operación y mantenimiento del sistema de reutilización de agua, con vistas a garantizar buenas condiciones de funcionamiento y la no proliferación de vectores.

Se recomienda la implementación del Sistema para darle solución a la problemática encontrada.

Agradecimientos

Agradecemos al equipo SENNOVA del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA - CIDT quienes a través de su experiencia y conocimiento brindaron las herramientas para el desarrollo de la investigación; Este estudio no sería posible además, sin la colaboración de los ingenieros Cesar Coronel, Felipe Dita y la señora María Inés Moreno Legal representante legal de Reymom Ltda., por su disposición y su interés de participar en proyectos de investigación en pro del desarrollo de la industria metalmecánica.

Referencias

Atencia, C. A. (2007). *Diagnóstico de la contaminación por vertimiento de aguas residuales domésticas y residuos sólidos domésticos sobre la microcuenca Monte Adentro hasta el sector de la bocatoma del acueducto de la ciudad Pamplona* (Tesis de pregrado). Universidad Libre de Colombia, Cúcuta, Colombia.

Colombia: uno de los países con más agua en el mundo (09 de marzo de 2015). *Universia Colombia*. Recuperado de: <http://noticias.universia.net.co/actualidad/noticia/2015/03/09/1121023/colombia-paises-agua-mundo.html>

CRANE (1987). *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*. Mexico: Mc Graw-Hil.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia*. Medellín, Colombia: CTA - Centro de ciencia y Tecnología de Antioquia.

- Johnson, B., & Onwuegbuzie, A. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33 (7), 14-26. <https://doi.org/10.330007014>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014). Resolución 1207 del 2014. *Disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas*. Diario oficial No. 49.242. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). Resolución 631 del 2015. *Parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 49.486. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de la Protección Social (2014). *Características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*. Diario oficial No. 46.679. Bogotá, Colombia.
- Muñoz, E. (2016). *Diseño de estrategias de innovación que inciden en la productividad de las pymes del sector metalmecánico en la ciudad de Barrancabermeja* (Tesis de grado). Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia.
- Theran, C. E. (2009). *Impacto Laboral del incremento de la productividad basada en cambios tecnológicos intensivos en capital y en conocimientos. El caso de la cadena metalmecánica en el departamento de Santander 1990-2006*. Bucaramanga. Colombia: Universidad Santo Tomás.
- Universidad Nacional (2010). *Sector agropecuario debe optimizar uso del agua*. Recuperado de: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/sector-agropecuario-debe-optimizar-uso-del-agua.html>

El inicio de la revolución de los genes

The start of the gene revolution

Recibo: 21.05.2017 Aceptado: 05.10.2018

Para Citar:

Bustamante, J. & Jarrín, V. (2018). El inicio de la revolución de los genes. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(1), 89-104. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.700>

Jesus Bustamante-Melo

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
jbustamantemj@gmail.com
Colombia

Veronica Jarrín-Jarrín

Universidad de Nariño
jarrin.veronica@gmail.com
Colombia



Resumen

La evolución del conocimiento desde el origen de la genética hasta el planteamiento del modelo de la estructura tridimensional del Ácido Desoxirribonucleico (ADN) en 1953, inicia con los experimentos de Gregor Mendel quien cruzó guisantes o arvejas (*Pisum Sativum*) para examinar las características de los descendientes. El trabajo de Mendel permanecería oculto mucho tiempo hasta que fue redescubierto por otros investigadores que corroboraron sus teorías al repetir sus experimentos con otros seres vivos; como es el caso de Thomas Morgan que lo hizo de manera exitosa con moscas de la fruta, reafirmando lo dicho por Mendel y generando nuevos conocimientos útiles posteriormente para el desarrollo de la genética. El artículo narra de una manera sencilla como se llegó al descubrimiento de la función del ADN, su composición exacta y su estructura helicoidal que para nuestro tiempo es algo común, pero lograrlo fue una proeza para la humanidad, ya que nos ha abierto las puertas de la ingeniería genética. Conocer el ADN también nos ha permitido saber sobre cómo actúan las enfermedades hereditarias en el ser humano y hallar posibles mecanismos para su control y posible cura. Aprender cómo se llevaron a cabo este tipo de descubrimientos, permite asimilar fácilmente los conceptos asociados a ellos, útiles para entender otros avances de la ciencia genética y la biotecnología moderna.

Palabras clave: genética, mutaciones, bases nitrogenadas, proteínas, estructura helicoidal, cromosomas, biología molecular, biotecnología.

Abstract

The evolution of the knowledge from the origin of the genetics until the discovery of the three-dimensional structure of the DNA. It begins with the experiments of Gregor Mendel who it crossed peas to examine the characteristics of the descendants and to formulate its well-known laws. Work that would remain hidden until it was rediscovered by other investigators that corroborated its theories repeating its experiments with other alive beings; like it is the case of Thomas H. Morgan that made it with flies in a successful way, reaffirming that said by Mendel and generating new useful knowledge later on for the development of the genetic science. The article continues narrating how its arrived to the discovery of the function of the DNA, to their exact composition and their helical structure that for our time it is something common, but to achieve it was an entire prowess for the humanity, because it has opened up the doors of the genetic engineering. To know the DNA has also allowed us to know on how the hereditary illnesses act in the human being and to find possible mechanisms for their control and possible cure. To learn how this type of discoveries was made, it allows to assimilate the concepts associated to them easily, necessary later on to understand other advances of the genetic science and the modern biotechnology.

Key words: genetics, DNA, mutations, proteins, structures helical, inheritance, genes, chromosomes, molecular biology, biotechnology.

Introducción

En la era industrial han surgido tres tendencias tecnológicas: las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), la biotecnología y la nanotecnología, las cuales son transversales para diferentes disciplinas científicas (Artunduaga, 2003). La biotecnología se investiga desde diferentes áreas del conocimiento: biología, microbiología, medicina, informática e ingeniería, por tal razón, es importante conocer lo referente al ADN, que es el portador de la información genética de los seres vivos. Los logros de la biotecnología moderna fueron posibles gracias a los avances de la genética en el siglo XX siendo esta disciplina uno de sus pilares, a través de los siglos se empleaba empíricamente hasta los redescubrimientos de los trabajos de Mendel y el reconocimiento de la genética como ciencia.

Con la llegada de la biología molecular que inicia con el descubrimiento de la estructura del ADN, se asocian los cromosomas con la información genética, así mismo, la genética clásica y la biología molecular dan origen a la ingeniería genética, con el uso de enzimas de restricción, el ADN recombinante y los últimos avances en manipulación de genes, para entender este fascinante campo es relevante conocer sus inicios.

Desde Mendel al ADN

La genética tuvo un gran desarrollo en el siglo XX, pero tiene sus raíces en el siglo XIX, con los trabajos del monje agustino Johann Gregor Mendel (1822-1884) (Gomez, 2007). Quien cultivaba plantas en su jardín de la abadía de Brno, en Moravia, actualmente Republica Checa. Mendel a los 21 años ingresó al monasterio, en 1851 fue a la Universidad de Viena, luego retornó a su vida de clérigo en Brno donde enseñaba ciencias naturales, después de sus labores se dedicaba a la botánica.

Observaba como las plantas transmitían sus caracteres sobresalientes a la generación siguiente, para entender esto decidió hacer su famoso experimento con arvejas (*Pisum Sativum*), pues tiene las características que el buscaba: “su descendencia es numerosa, el tiempo que demora en nacer y crecer es relativamente corto y su capacidad de autofecundarse” (Camero, 2003).

En 1856 empezó a elegir las plantas que habría de usar en sus experimentos: de flor grande, fecundación cruzada. En dos años escogió 22 variedades, la prueba relevante fue con dos estirpes puras (DNA From the Beginning, 2011). Mendel eligió características morfológicas simples, destacables

y no intermedias: color de la flor (púrpura o blanca), textura de la semilla (lisa o rugosa), medida del tallo (alto o bajo), color de semilla (verde o amarilla), entre otros (Ver Figura 1).

Hizo cruces durante varias generaciones de plantas, tomando datos cuidadosamente, sus notas se convirtieron en memorias, en ellas plasmó las bases para describir los procesos de la herencia, haciendo un análisis de poblaciones en lugar de individuos particulares, logró identificar unos “factores o elementos de información hereditaria” que permitían a un organismo transmitir sus características observables a través de las generaciones (Domingos dos Santos, Gouvea & Faria, 2015).

En 1865 presentó su trabajo en la Sociedad para el Estudio de las Ciencias Naturales de Brno, no se le dio la debida importancia, pues sus descubrimientos no concordaban con las ideas que se tenían de la herencia en aquel tiempo (Gómez, 2007). Al año siguiente la sociedad publicó en su revista el artículo: “Ensayos sobre los híbridos vegetales”, pero esta no era popular entre los científicos de Europa, por lo que la obra de Mendel no tuvo difusión y permaneció olvidada cerca de tres décadas. Gracias a este trabajo de los principios básicos de la herencia, que estaba avanzado a su tiempo, se extrajo lo que conocemos hoy como “Las leyes de Mendel” (Domingos dos Santos *et al.*, 2015) que sentarían las bases para la Genética.

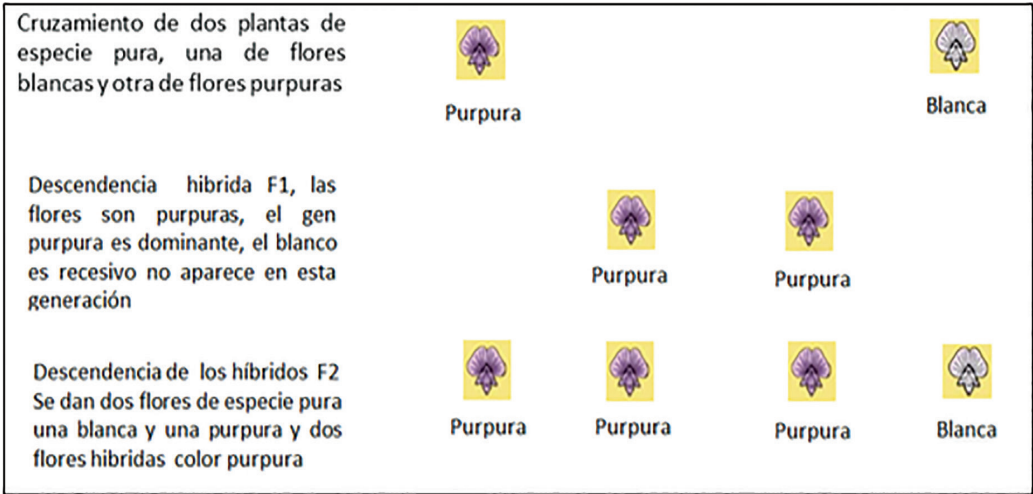


Figura 1. Esquema del experimento de Mendel para color de flores
Fuente. Elaboración propia

Se considera que en el año 1900, “nació” esta ciencia, los botánicos alemanes Hugo de Vries y Carl Correns, y el austriaco Erich von Tschermak, confirmaron las teorías Mendelianas, en experimentos similares, aunque tarde para Mendel, quien había muerto hacía catorce años (1884). En 1903 Walter Sutton en Estados Unidos y Theodor Boveri en Alemania, trabajando de manera independiente, con sus microscopios descubrieron paralelos de comportamiento entre los “factores hereditarios” de Mendel y unos “bastoncitos” (cromosomas) en el interior del núcleo celular, que se encuentran en pares durante la meiosis (génesis de células sexuales o gametos). Lo que se conoció como la “Teoría cromosómica de la herencia de Sutton-Boveri” (Domingos dos Santos *et al.*, 2015).

Esta ciencia naciente se nombró “genética”, gracias al inglés William Bateson en 1906 quien también desarrolló una teoría de la herencia basada en factores o elementos –el mendelismo- que hasta el surgimiento de la teoría de Morgan y su equipo fue sinónimo de genética (Lorenzano, 2008).

En 1908 el zoólogo Thomas Hunt Morgan (1866-1945), estudiaba los trabajos de Hugo de Vries y sus experimentos en plantas, propuso la teoría de la mutación como

alternativa a la selección natural de Darwin. Morgan quiso comprobarla repitiendo los experimentos pero con animales, que tuvieran descendencia rápidamente y escogió la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), que pasa de ser huevo a mosca ponedora en 2 semanas (Brookes, 1999).

Morgan y su grupo de investigación en biología experimental del departamento de zoología de la Universidad de Columbia, trabajaban en un laboratorio con muchos frascos llenos de moscas, con microscopios y equipos de disección, para analizar la progenie. En 1915 la llamada “Escuela de las moscas” publicó el libro “El mecanismo de la herencia mendeliana” (Domingos dos *et al.*, 2015). Que se puede resumir en los siguientes conceptos: Los elementos hereditarios de Mendel también llamados genes, si forman parte de los cromosomas siendo puntos localizables dentro de su estructura e intercambian partes durante la meiosis, con esto se pudo hacer mapas genéticos.

La “ley de la independencia de caracteres de Mendel” no se cumple siempre, ciertos pares de genes tienden a permanecer unidos o ligados y se transmiten juntos con más frecuencia que otros. En la distribución anómala de genes, una pieza de un cromosoma se desprende y se agrega a otro, es decir se transloca, alterando

la distribución, también puede haber duplicación o deficiencias (Barahona & Piñero, 2002).

Posteriormente Hermann Joseph Muller (1891-1969), quien hizo parte del equipo de Morgan, descubrió que los rayos X (RX) inducían mutaciones en las moscas, se permitió inducirles características visibles distintas. El efecto de las radiaciones en los cromosomas y genes es heredable y se puede seguir su pista de una generación a otra.

Muller demostró que el esperma de las moscas tratado con altas dosis de radiación induce a la aparición de mutaciones génicas, encontró cientos de mutantes y fueron observados por 4 generaciones siendo estables en su herencia y se comportaban según las leyes de Mendel. La naturaleza de los cruces favoreció la detección de las mutaciones ya que muchas de ellas se encontraban ligadas al sexo. El tipo de mutaciones iba desde ojos blancos, alas miniatura, cerdas bifurcadas, etc.

La mosca de la fruta tiene 4 pares de cromosomas que contienen un gran número de genes marcadores (genes conocidos) y que permitían seguir con cierta seguridad los cambios o mutaciones ocurridas espontáneamente o por la acción de los RX. Muller estableció que los genes tienen una existencia física capaz de cambiar o alterarse

(mutar) por agentes externos y que estas variaciones son totalmente heredables. Siendo la forma en la cual aparece la variación en la evolución a través de mutaciones. (Barahona & Piñero, 2002).

Pese a todos estos descubrimientos aún no se establecía cual era la molécula portadora de la información hereditaria, la que ya estudiaba en 1869 el médico suizo Friedrich Miescher, quien había encontrado el ADN, en pus de vendajes quirúrgicos, usando la enzima pepsina para digerir las proteínas contenidas en ella. Notó que existía una sustancia con propiedades diferentes a las proteínas, que se precipitaba en soluciones ácidas y se disolvía en soluciones alcalinas, esta contenía fósforo y no lograba ser digerida por la enzima; también la encontró en otro tipo de tejidos, lo que sugirió que su presencia tenía algo que ver con la fisiología del núcleo celular. La llamó “nucleína” por estar contenida en el núcleo (Guevara, 2004), su descubridor no la relacionó con la herencia.

En 1881 Zacharias estudio la composición “de los pequeños hilos o bastones que bailaban dentro del núcleo” cuando las células se dividían. En 1882 Walther Flemming, médico alemán, observó mediante tinción de la célula, la existencia en el núcleo de cintas, que adsorbían excesivamente

el colorante, se llamaron Cromosomas (Ver Teoría de Sutton-Boveri) y que estaban compuestos de Cromatina que venía a ser la misma nucleína, las propiedades ácidas de la “nucleína” fueron demostradas en 1889 por Richard Altmann, patólogo alemán quien le denominó “Ácido nucleico” (Dahm, 2005).

En 1914, Robert Fuelgen inventó una técnica de tinción, con la que se pudo visualizar el material contenido en el núcleo y medir de una manera aproximada la cantidad de ADN presente dependiendo de la intensidad del color. Se descubrió que todos los núcleos de las células de un mismo individuo tienen la misma cantidad, a excepción de los gametos (óvulos o espermatozoides), cuya coloración era casi la mitad de la intensidad más alta. Muchos científicos descartaron el ADN por ser una molécula sencilla y le atribuían a proteínas la transmisión de la herencia.

Ya, hacia 1920 se sabía que el ADN contenía 4 bases nitrogenadas: adenina (A), guanina (G), citosina (C) y timina (T). En 1928 el microbiólogo inglés Frederick Griffith quien trabajaba en el ministerio de sanidad en Londres, investigando nuevas técnicas para clasificar patógenos, estaba interesado en el neumococo (bacteria de la neumonía) y que se presentan en dos cepas diferentes una lisa y otra “rugosa” (Carrada-Bravo, 2016).

Griffith observó que solo la lisa provocaba la enfermedad, así, si se inoculaba a ratones estos morían al poco tiempo. La rugosa, en cambio no afectaba a su salud. Griffith al calentar las bacterias las eliminaba, cuando inoculaba bacterias lisas muertas por el calor, los ratones seguían sanos, pero si las mezclaba con bacterias rugosas vivas, los ratones contraían neumonía y morían. En sus cuerpos muertos encontró bacterias lisas y dedujo que una “sustancia química” de las bacterias muertas por el calor había transformado las bacterias rugosas en la forma virulenta (Lewin, 1996).

En 1944 el inmunoquímico Oswald Avery y sus coequiperos Colin McLeod y Maclyn McCarthy, del instituto Rockefeller de Nueva York, perfeccionaron los experimentos del “principio transformante” en neumococo de Griffith, e identificaron que la sustancia transformadora era el ADN y no las proteínas, y sugirieron al ADN como la molécula encargada de transmitir el mensaje hereditario, pero para otros científicos no fue suficiente ya que consideraban que este se había contaminado con las proteínas que ellos creían que eran las responsables de la herencia.

Se usaba para sondear la estructura interna de las sustancias cristalinas. Se disparaba un haz de RX hacia un cristal y se reflejaba en una película

especial. Mediante operaciones matemáticas ese patrón se usaba para interpretar la disposición y la situación exacta de los átomos del cristal.

La técnica funcionaba mejor con moléculas con disposición atómica muy regular como era el caso de los cristales inorgánicos, pero científicos como W.T. Atsbury lo emplearon para estudiar estructuras de moléculas biológicas de mayor complejidad como las proteínas e incluso el ADN, esto se dio porque fue posible cristalizar este tipo de moléculas orgánicas, y propuso en 1945 que “el ADN estaba formado por una columna de nucleótidos apilados en paralelo, uno encima del otro, situados cada 0,34 nm (3,4 Å) a lo largo del Eje de la molécula”, la unidad más empleada en esa época era el Angstrom hoy es más común el nanómetro (Hall, 2014).

En 1948 el austriaco Erwin Chargaff y Hotching, de la Universidad de Columbia en Nueva York, con la aplicación de técnicas hoy conocidas como la cromatografía en papel y la espectrofotometría, las que le permitieron la separación y estimación cuantitativa de los constituyentes del ADN, mostraron que las cuatro bases nitrogenadas no se

encontraban en iguales proporciones dentro de la macromolécula, Chargaff estableció que la cantidad de unas bases era igual al de otras: $A = T$ y $G = C$. (21% de G, 21% de C, 29% de A y 29% de T) (Arguelles, 2007).

Nuevos grupos de investigadores retomaron el análisis de ADN por difracción de RX: Rosalind Franklyn y Maurice Wilkins del King's College obtuvieron, a través de preparaciones de fibras de ADN (moléculas intactas), fotografías por difracción de RX que mostraban que la distancia entre nucleótidos predicha por Atsbury era correcta (Fresquet, 2017) (Ver Figura 2).

radiografías eran algo vagas y borrosas pero insinuaban cierta regularidad en la estructura de la molécula de ADN, también obtuvieron otras medidas intramoleculares; diámetro aproximado de 2 nm (20 Å) y vuelta completa 3,4 nm (34 Å), de ahí para 1951, Franklin a sus 33 años, dedujo que se trataba de una molécula de forma helicoidal, en la que el grupo fosfato y el azúcar se orientaban al exterior y las bases nitrogenadas se disponían a la parte interna de la molécula, esta información fue la base del modelo tridimensional (Fry, 2016).

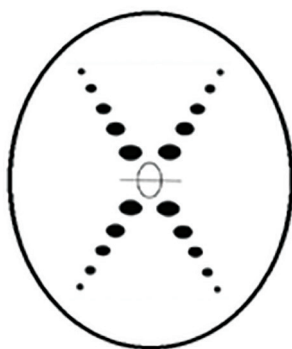


Figura 2. Esquema de las imágenes por difracción de RX del ADN “Fotografía 51 de Franklin”.

Fuente: Elaboración propia

Casi al mismo tiempo el norteamericano Linus Pauling, químico estructural del Instituto Tecnológico de California (Caltech), estaba haciendo estudios similares con proteínas y moléculas helicoidales y publicó un artículo donde profundizó en algunas teorías matemáticas para interpretar los patrones de difracción del ADN, lo que sirvió a James Watson y Francis Crick, quienes se habían conocido en 1951.

Francis Crick un físico inglés de 35 años que se incorporó al laboratorio Cavendish de Cambridge para estudiar la difracción de RX en moléculas biológicas (Teive, 2016), mientras James Watson biólogo estadounidense diez años menor, convencido de la importancia del ADN pero con limitados conocimientos sobre química o cristalografía.

Ambos entablaron amistad y se dedicaron a interpretar los patrones de difracción del ADN, con las medidas descubiertas por Franklin y Wilkins (Arguelles, 2007); interpretar la estructura tridimensional de una molécula a partir de unos puntos repartidos en una radiografía no era fácil. Construyeron prototipos de la molécula con latas, trozos de alambre y tornillos (Brookes, 1999).

En cada modelo usaban las nuevas técnicas matemáticas para predecir el patrón de difracción esperado, recibían otros datos sobre el ADN, obtenidos por Chargaff ($T=A$ y $G=C$) por quien no sentían mucha simpatía, pero fue una gran pista que les permitió interpretar que A y T, así como, G y C formaban pares complementarios (Cruz-Coke, 2003).

En febrero de 1953 Pauling, propone un modelo de tres hélices con los grupos fosfatos y azúcares orientados al centro de la estructura, esto hacía perder las propiedades ácidas, lo cual no era compatible (Arguelles, 2007).

Watson y Crick con sus modelos helicoidales para el mismo mes encontraron uno que encajaba con el patrón observado en una molécula real de ADN. Publicaron: “La Estructura Molecular de los Ácidos Nucleicos” en abril de 1953 en la revista Nature, (Fresquet, 2017).

Donde el ADN se mostró al mundo como una doble cadena enrollada sobre si misma con un esqueleto de fosfato-azúcar (desoxirribosa) “los pilares”, con las bases nitrogenadas (uniendo los pilares) orientadas hacia el interior.

Los números indicaban que el ancho total de la doble hélice era de 2 nm (20 Å), el grosor de la bases nucleotídicas era de 0,34 nm (3,4 Å) y dado que la doble cadena gira sobre si misma enrollándose, la escalera de caracol daría una vuelta completa cada 3.4 nm (34 Å), esto es cada 10 pares de bases. (Watson & Crick, 1953) (Ver Figura 3).

Así fue como se descubrió el modelo de la doble hélice, por la que Watson, Crick y Wilkins recibieron el

premio nobel en fisiología y medicina en 1962, esto marcó una nueva etapa el nacimiento de la biología molecular y los grandes avances que estaban por venir. Rosalind Franklyn había muerto en 1958, su valiosa contribución a la comprensión de la estructura del ADN solo fue reconocida posteriormente. (Fresquet, 2017)

De acuerdo con el modelo propuesto por Watson y Crick las bases nitrogenadas se agrupan formando las parejas AT, TA, CG y GC, entonces si se conoce una de las mitades de la cinta helicoidal de la molécula, puede conocerse de inmediato la opuesta o complementaria. Por ejemplo, si la secuencia de una de las cadenas fuese TCCGATGC..., la secuencia de la cadena complementaria sería AGGCTACG (Vélez, 2004).

Crick, Watson y Sidney Brenner otro científico de Cambridge deseaban entender ¿Cómo el ADN codifica la información? Entonces mediante sustancias químicas o radiaciones, generaban mutaciones en el ADN de fagos cultivados en laboratorio, luego observaban los efectos causados en el crecimiento de estos virus. Al añadirse tres bases a un gen no se apreciaban diferencias significativas al crecer, pero si se cambiaban una o dos bases, los fagos no podían crecer.

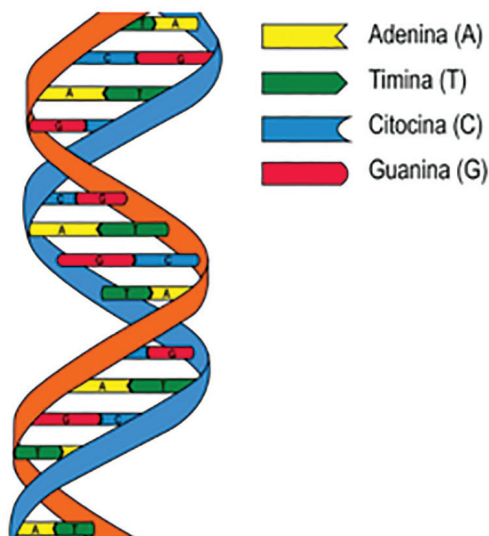


Figura 3. Esquema de estructura del ADN

Fuente: Elaboración propia

Analizando estas observaciones pudieron concluir que la secuencia de las letras se lee en orden de un extremo a otro y que por cada tres bases se codifica un aminoácido. Crick y sus colaboradores demostraron que el código del ADN se basa en tripletes de letras o bases nitrogenadas cuya secuencia se lee de triplete en triplete. El ADN empezaba a tener sentido, un gen era una secuencia de palabras de tres letras y cada palabra codificaba un aminoácido. Estos se unían en una larga cadena para formar una proteína (Brookes, 1999).

De esa manera se descubrió el mecanismo para que esta información lineal contenida en el ADN se convierte en algo tridimensional como órganos y tejidos.

Conclusiones

El trabajo de Mendel, fue decisivo para el nacimiento de la genética, ciencia que ha sido básica en el desarrollo de la biología molecular y la actual biotecnología, su experimento al ser descubierto incentivó en otros investigadores un afán por corroborar los resultados por él obtenidos, sus conclusiones fueron innovadoras buscaban dar respuestas a interrogantes sobre la herencia que en su tiempo eran difíciles de explicar.

El papel de Rosalind Franklin fue fundamental, mediante sus imágenes de Rayos X, especialmente a partir de la “fotografía 51” se pudo definir el modelo de la estructura de la doble

hélice, que le dio el éxito a Watson y a Crick quienes posteriormente recibirían el nobel junto con Wilkins.

La construcción por parte de Watson y Crick, del modelo correcto de la estructura molecular del ADN, fue una gran contribución a la ciencia, su dedicación a estudiar las evidencias proporcionadas por otros investigadores permitieron proponer su hipótesis de que debería tener la forma de doble hélice, con el tiempo este modelo fue ampliamente aceptado y es el que usamos para comprender esta molécula de tamaño ínfimo considerada la “molécula reina”.

Se considera que la doble hélice es la estructura más propicia para que el ADN tenga la capacidad de transmitir la información genética por medio de elementos simples (secuencia de bases) y poder reproducir esa información con exactitud cuándo se duplica la molécula.

El ADN es una molécula que la compartimos con todos los seres vivos, es la clave para los actuales y posteriores avances en ingeniería genética, en terapia génica, en agricultura y en muchos otros campos, ha permitido al ser humano abrir un horizonte nuevo de descubrimientos.

El trabajo de Crick y colaboradores permitió entender ¿cómo codifica

el ADN la información genética? lo que se conoce hoy como el dogma central, claro está que en el proceso de la construcción de aminoácidos y proteínas entra a desempeñar un papel importante la molécula de ARN, lo cual no se trata en este artículo.

Referencias

- Arguelles, J. (2007). The double hélix revisited: a paradox of science and a paradigm of human behavior. *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, 59(1), 239-260. <https://doi.org/10.3989/asclepio.2007.v59.i1.223>
- Artunduaga, S. Rodrigo. (2003). *Avances de la biotecnología y su impacto en la agricultura latinoamericana*. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Barahona, A., & Piñero, D. (2002). *Genética la continuidad de la vida*. México, D.F: Fondo de Cultura Económica.
- Brookes, M. (1999). *Get a Grip on Genetics*. London, U.K.: The Ivy Press Limited.
- Camero, A. (2003). *Ciencia explicada Biología*. Bogotá: Intermedio Editores.

- Carrada-Bravo, T. (2016). Investigación de la transformación de *Streptococcus pneumoniae* en el laboratorio, y el nacimiento de la genética bacteriana y la biología molecular. *Revista chilena de infectología*, 33(1), 61-65. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182016000100010>
- Cruz-Coke, R. (2003). Valoración de trabajos clásicos en la historia de la genética. *Revista Médica de Chile*, 131 (2), 220-224. <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872003000200014>.
- Dahm, R. (2005). Friedrich Miescher and the discovery of DNA. *Developmental Biology*, 278 (2), 274-288. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2004.11.028>
- DNAFrom the Beginning (Productor) (2011). *Children resemble their parents*. De: <http://www.dnafb.org/1/av.html>
- Domingos dos Santos, F., Gouvea, A., & Faria, F. (2015). 110 anos após a hipótese de Sutton-Boveri: a teoria cromossômica da herança é compreendida pelos estudantes brasileiros? *Ciência & Educação (Bauru)*, 21 (4), 977-989. <https://dx.doi.org/10.1590/1516-0646.20141101>
- Fresquet, J. (2017). “Rosalind Franklin”. Recuperado de: <https://www.historiadelamedicina.org/franklin.html>
- Fry, M. (2016). *Landmark Experiments in Molecular Biology*. Londres: Elsevier.
- Gómez, A. (2007). Gregor Johann Mendel. *Universitas Médica*, 48 (2), 151.
- Guevara, G. (2004). ADN: historia de un éxito científico. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 3 (10-11), 9-40.
- Hall, K. (2014). *ADN. Una desconocida preparación del camino: The man in the monkeynut coat, William Astbury and the forgotten road to the double-helix*. Oxford: Oxford University Press.
- Lewin. B. (1996). *Genes*. (2da Ed.). Barcelona: Editorial Revete.
- Lorenzano, P. (2008). Inconmensurabilidad teórica y comparabilidad empírica: el caso de la genética clásica. *Análisis filosófico*, 28 (2), 239-279.

- Mellender, A. (2004). Spreading the evolutionary synthesis: Theodosius Dobzhansky and genetics in Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, 27(3), 467-475. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572004000300025>
- Teive, H. (2016). On the centenary of the birth of Francis H. C. Crick – from physics to genetics and neuroscience. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 74 (4), 351-353. <https://dx.doi.org/10.1590/0004-282X20160029>
- Velez, A. (2004). *Del big ban al homo sapiens*. Bogotá: Villegas Editores.
- Watson, J.D., & Crick, F.H.C. (1953). Molecular structure of nucleic acids a Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *NATURE*, 4356, 737-738.

Control de movimiento y simulación 3D con cinemática completa de un prototipo de mano robotizada de 5 falanges de 5 GDL en el software CAD CATIA de Dassault Systemes

Motion control and 3D simulation with complete kinematics of a 5-phalangeal robotic hand prototype of 5 GDL in CAD software CATIA by Dassault Systemes

Recibo: 24.07.2018 Aceptado: 26.09.2018

Para Citar:

Duque, O., Niño, M., & Puente, A. (2018). Control de movimiento y simulación 3D con cinemática completa de un prototipo de mano robotizada de 5 falanges de 5 GDL en el software CAD CATIA de Dassault Systemes. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(1), 104-116. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.1626>

Oscar Manuel Duque Suarez

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
oduques@sena.edu.co
Colombia

Miguel Ángel Niño Ardila

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
maninoa@misena.edu.co
Colombia

Andrés Mauricio Puentes Velásquez

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
apuentesv@sena.edu.co
Colombia

Resumen

En este proyecto se definió como objetivos el control de movimiento, implementación y simulación en 3D con cinemática completa de una mano robótica de 5 falanges, realizado por los estudiantes de Tecnoacademia Cúcuta los cuales son de 8 instituciones de la ciudad de los grados octavo, noveno y décimo. Entre las descripciones importantes de una mano antropomórfica robotizada están comprendidas en: sus grados de libertad, su configuración, su cinemática y posición articular de cada servomotor para dar movimiento a cada falange. Los objetivos principales de este proyecto son obtener el control de movimiento y la simulación de la cinemática completa, por lo cual se realizaron las simulaciones en el software CAD CATIA 3D de Dassault Systemes. El cual consiste en crear cada tipo de las piezas en 3D de la mano robótica, luego ensamblarlas y simularlas para analizar su cinemática y control de movimiento. Se desarrolló el control de los micro-servomotores por medio de una programación grafica de arduino realizada en el software Visualino la cual le da la capacidad al prototipo de mano robótica de ejecutar todos los grados de libertad y trayectorias de las 5 falanges dándole una posición articular a cada micro-servomotor.

Palabras clave: Prototipo de mano robotizada de 5 falanges, cinemática, control, CAD CATIA, posición articular, visualino.

Abstract

In this project the objectives of motion control, implementation and 3D simulation with complete kinematics of a manipulator of 5 degrees of freedom, made by the students of Tecnoacademia Cúcuta, which are of 8 institutions of the city of the eighth, Ninth and tenth. Important descriptions of a robotic manipulator include: its degrees of freedom, its configuration, its kinematics and joint position of each servomotor. The main objectives of this project are to obtain the motion control and the simulation of the complete kinematics, for which the simulations were carried out in CAD CATIA 3D software from Dassault Systemes. Which consists of creating each type of 3D parts of the manipulator, then assemble them and simulate them to analyze their kinematics and movement control. The control of the servomotors was developed by means of a graphical programming of called arduino Visualino that gives the manipulator capacity to execute all the degrees of freedom including the grip of the clamp to realize trajectories giving a joint position to each servomotor.

Keywords: Manipulator, kinematics, control, CAD CATIA, articular position, visualino.

Introducción

Los avances actuales de los diseños antropomórficos robotizados han tenido un rápido y significativo progreso debido a las necesidades del mundo actual, y sus múltiples aplicaciones en la investigación del desarrollo de entidades robóticas que imiten la morfología humana, las ciencias biomédicas y el desarrollo de prótesis robotizadas, entre otras. Es en este contexto que se han renovado los mecanismos y sistemas de control y mecanismos de accionamiento bajo los cuales funcionan, llevando a mejorar en la eficiencia, precisión, rapidez, confiabilidad y capacidad de este tipo de prototipos (Barrientos, Peñín, Balaguer & Aracil, 2007).

El control de movimiento en prototipos robotizados tiene muchas más posibilidades de continuar desarrollándose, además los beneficios que trae consigo permiten el progreso de diversas áreas para las cuales puede ser aplicada la robótica antropomórfica como es el caso de la medicina, la industria del entretenimiento, la animación, y todas aquellas en las que sea útil hacer un símil de la mano del ser humano (Sabater & Martinez, 2012).

El control del movimiento se realiza analizando la cinemática de la mano robotizada la cual tiene por actuadores micro-servomotores que

están programados para situarse en la posición articular deseada y generar una tensión que emula la acción de los tendones en la mano humana para accionar las falanges,

El proyecto se inició con el diseño de un prototipo de mano robotizada de 5 falanges en físico que fueron proporcionadas sus piezas por Tecnoacademia Cúcuta Sena para los estudiantes de los 8 colegios de la ciudad de octavo, noveno y décimo grado, Se le realizaron a cada pieza mediciones con precisión incluyendo los micro-servomotores en los bancos de mediciones dotados de la empresa Amatrol y disponibles en el ambiente de formación del programa Tecnoacademia, obteniendo como resultado la elaboración del diseño, implementación y simulación del control del movimiento en el software CATIA

En este proyecto se definió como objetivos el control de movimiento, implementación y simulación en 3D con cinemática completa de una mano robótica de 5 falanges, realizado por los estudiantes de Tecnoacademia Cúcuta los cuales son de 8 instituciones de la ciudad de los grados octavo, noveno y décimo. Entre las descripciones importantes de una mano antropomórfica robotizada están comprendidas en: sus grados de libertad, su configuración, su cinemática y posición articular de

cada servomotor para dar movimiento a cada falange.

Los objetivos principales de este proyecto es obtener el control de movimiento y la simulación de la cinemática completa, por lo cual se realizaron las simulaciones en el software CAD CATIA 3D de Dassault Systemes. El cual consiste en crear cada tipo de las piezas en 3D de la mano robótica, luego ensamblarlas y simularlas para analizar su cinemática y control de movimiento.

Se desarrolló el control de los micro-servomotores por medio de una programación grafica de arduino realizada en el software Visualino la cual le da la capacidad al prototipo de mano robótica de ejecutar todos los grados de libertad y trayectorias de las 5 falanges dándole una posición articular a cada micro-servomotor.

Materiales y métodos

Diseño general del prototipo de mano robotizada de 5 falanges

Mediciones de cada pieza y Análisis Antropomórfico de la mano humana

En esta etapa se realizaron sus respectivas mediciones a cada una de las piezas y micro-servomotores con la ayuda del banco de mediciones Amatrol que proporciona resultados precisos de las dimensiones de

cada pieza a evaluar y cada micro-servomotor.

El diseño de extremidades para la manipulación de objetos tiene como fuente natural de inspiración la mano humana (Ceccarelli, Nava, Jauregui, Parada & Carbone, 2004). La finalidad del trabajo desarrollado por los aprendices de Tecnoacademia Cúcuta es la emulación de las trayectorias, forma de agarre y apariencia de una mano humana. Las falanges fueron interconectadas en cadena cinemática abierta y mediante un sistema de tensión a emulación de la causada a nivel biológico por los tendones y accionado por actuadores acordes al volumen de trabajo y a la aplicación que orientaron la selección al uso de microsersos.

El análisis de las características cinemáticas y trayectorias de las falanges de la mano humana cuando ejerce un agarre, constituye una fase preliminar de fundamental importancia para la construcción de un mecanismo de agarre con dedos articulados.

Ensamble del prototipo de mano robotizada de 5 falanges

Se ensamblaron las piezas que anteriormente fueron caracterizadas por medio de sus mediciones obtenidas de acuerdo al diseño físico proporcionado por Tecnoacademia.

Programación de Micro-Servomotores

La programación de los micro-servomotores se realizó en un entorno grafico de arduino mediante el software llamado Visualino, los cuales se les dio la capacidad a cada micro-servo de ejecutar todos sus grados de libertad y accionar el mecanismo de cada falange de manera independiente, proporcionando al prototipo de mano robotizada la capacidad de ejecutar trayectorias por medio del movimiento de cada micro-servo generando que cada falange siga una trayectoria similar a la de los dedos humanos y todos en su conjunto emular una mano real.

Diseño en CATIA V5 del prototipo de mano robotizada de 5 falanges

El diseño se desarrolló en el software CATIA V5 diseñando las piezas en 3D del prototipo de mano robotizada de 5 falanges, realizando los siguientes pasos de diseño:

- Boceto y establecimiento de las medidas del prototipo.
- Creación de partes mecánicas (eslabones, pinza, micro-servomotores).
- Comprobar las partes y ensamblar.
- Crear y animar el ensamblado.

- Crear imágenes renderizadas del diseño (Dassault Systemes-1, 2001).
- Producir un dibujo del diseño en detalle.
- Creación de dibujos del diseño con Drafting (Dassault Systemes-2, 2001).
- Personalización de Drafting (Dassault Systemes-3, 2001).
- Crear vistas de proyección y vistas de sección de partes 3D.
- Posicionar las vistas en la hoja de dibujo.
- Añadir dimensiones y anotaciones a las vistas

Funcionamiento del prototipo de mano robotizada de 5 falanges

Se evaluó el funcionamiento del prototipo de mano robotizada de 5 falanges, proporcionado las rutinas en el algoritmo diseñado por los estudiantes del programa Tecnoacademia Cúcuta y la alimentación para verificar el movimiento de los micro-servomotores los cuales al hacer desplazar las excéntricas acopladas a ellos accionan de manera efectiva los mecanismos para cada falange e intrínsecamente se corrobora su

ensamble y programación correcta de cada una de ellas, llegando a cada posición estipulada (Pérez, Velázquez, Torres San Miguel, Martínez & Huerta, 2012).

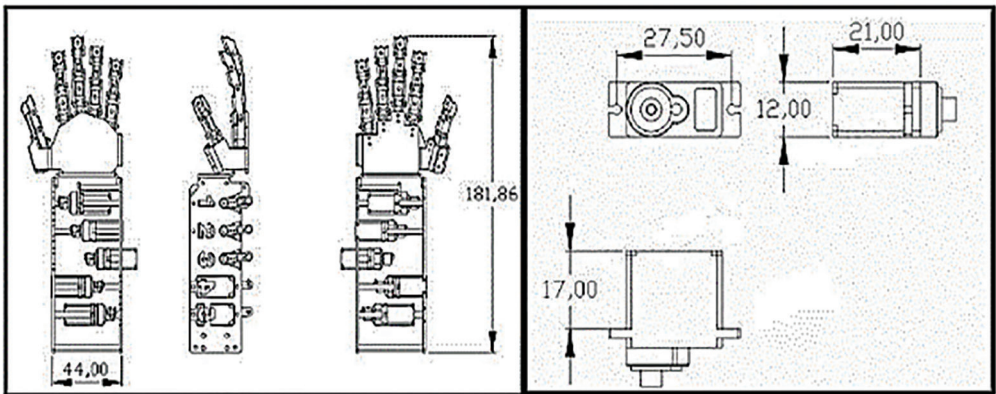
Resultados

Los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas al prototipo de mano robotizada de 5 falanges,

aplicándole las etapas de diseño mencionadas se pueden sintetizar en:

Mediciones de cada pieza

Se tomaron las mediciones de las piezas como se muestra en la Figura 1 con el banco de pruebas de la empresa Amatrol como se ilustra en la Figura 2.



Fuente. Elaboración propia



Figura 2. Banco de pruebas de medición de la empresa Amatrol

Fuente: Elaboración propia

Fases desarrolladas para la construcción del prototipo de mano robotizada de 5 falanges

- Fase 1: Definición de los parámetros dimensionales de la mano robótica (Pérez *et al.*, 2012).
- Fase 2: Cálculo aproximado de los parámetros (masas-cargas-peso de material y elementos).
- Fase 3: Elección de los servo-accionamientos, motores, sensores, elementos de computo, procesamiento, precepción; todo con base a las características establecidos en la etapa de establecimiento de la solución.
- Fase 4: Diseño CAD. Análisis de la resistencia y flexibilidad en sinergia con la correcta selección de materiales (Dassault Systemes-1, 2001).
- Fase 5: Elección de los dispositivos electrónicos y de comunicación y de control.
- Fase 6: Construcción del prototipo (parte mecánica-eléctrica-electrónica- ejecución de la tarea).
- Fase 7: realización del HMI.
- Fase 8: Diseño del generador de trayectorias.
- Fase 9: Diseño e implementación de las secuencias de las trayectorias de la mano.
- Fase 10: validación de la ejecución de la trayectoria y análisis de la exactitud en ejecución.
- Fase 11: Ajustes y mejora con base a la validación.

Ensamble del prototipo de mano robotizada de 5 falanges

Se ensamblaron las piezas anteriormente caracterizadas y se realizó el montaje con todas las conexiones como se muestra en la Figura 3.

Programación de Micro-Servomotores por los aprendices de Tecnoacademia Cúcuta

Se caracterizó el micro-servomotor GS9018 el que se muestra en la Figura 4.

Se programó en un entorno grafico del software arduino usando la plataforma Visualino como se muestra en las Figuras 5, 6, 7; los micro-servomotores a controlar su posición articular al momento de desplazarse accionar el mecanismo de cada falange y cumplir las trayectorias establecidas. Se realizaron las conexiones de la tarjeta arduino con cada micro-servomotor GS9018 como se muestra en la Figura 8; después de ingresada la programación en la tarjeta.

Diseño en CATIA V5

Se obtuvo el boceto, el establecimiento de las medidas y la creación de partes mecánicas (eslabones, falanges, estructura, micro-servomotores) como se muestra en la Figuras 9.

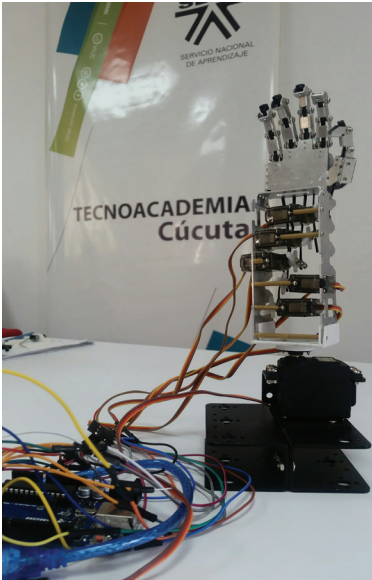


Figura 3. Ensamble de las piezas caracterizadas creando el prototipo de mano robotizada de 5 falanges

Fuente: Elaboración propia

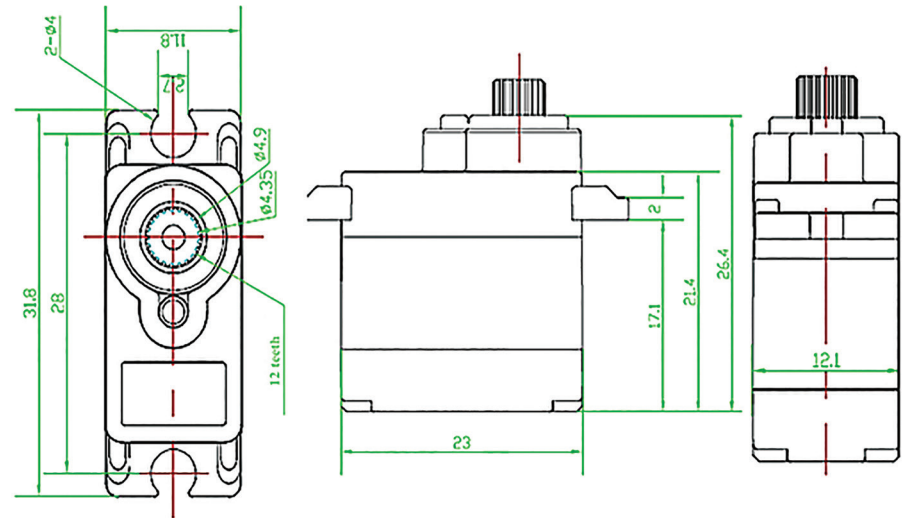


Figura 4. Micro-Servomotor utilizado GS9018

Fuente: GDTECK COMPANY

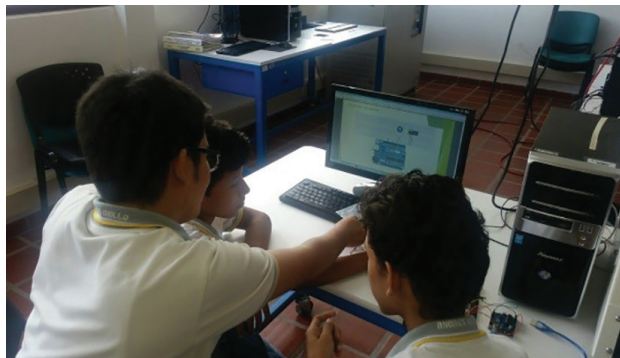


Figura 5. Programación grafica en arduino

Fuente: Elaboración propia

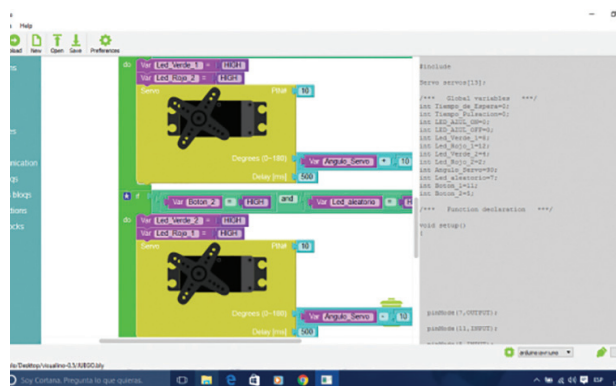


Figura 6. Programación en visualizo de los micro-servomotores GS9018

Fuente: Elaboración propia

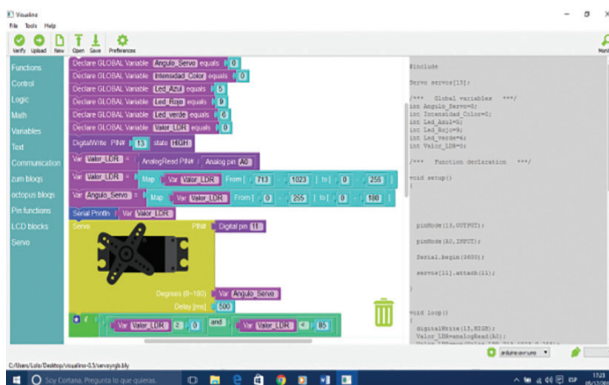


Figura 7. Programación en visualizo de los micro-servomotores GS9018

Fuente: Elaboración propia

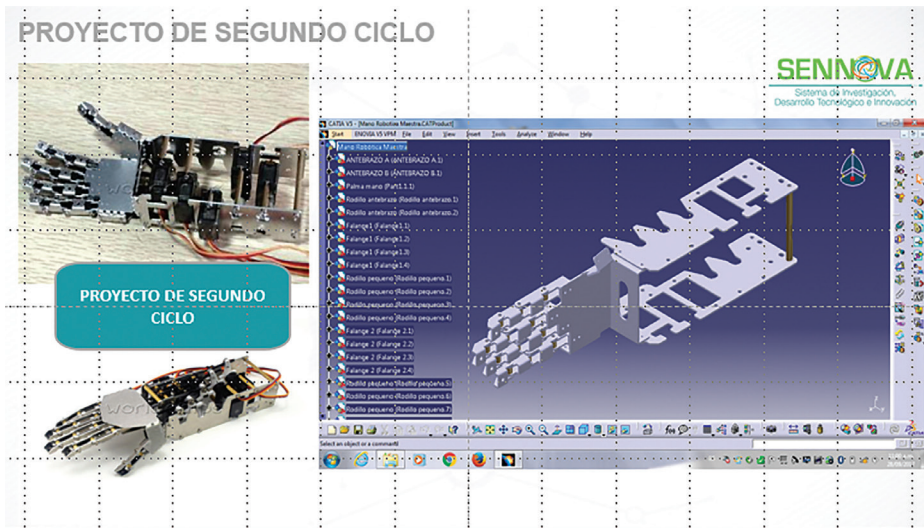


Figura 9. Creación de las partes mecánicas con sus respectivas medidas
Fuente: Elaboración propia

Se creó y animo el ensamblado, estableciendo imágenes renderizadas del diseño, produciendo un dibujo del diseño en detalle y creando dibujos del diseño con Drafting (Dassault Systemes-2, 2001), como se muestra en la Figura 10.

Se crearon las vistas de proyección y vistas de sección de partes 3D, Posicionado las vistas en la hoja de dibujo añadiendo dimensiones y anotaciones a las vistas como se muestra en la Figura 11.

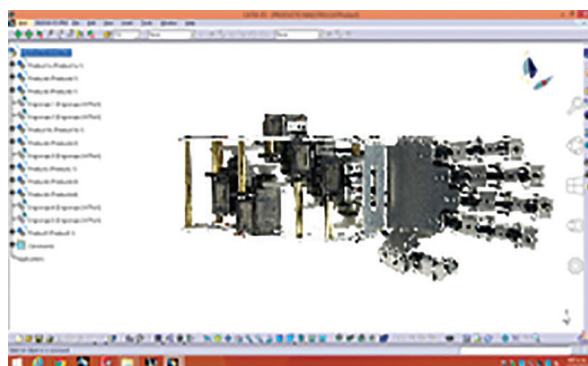


Figura 10. Ensamble y animación del prototipo de mano robotizada de 5 falanges
Fuente: Elaboración propia



Figura 11. Creación y posicionamiento de vistas de proyección y vistas de sección de partes 3D

Fuente: Elaboración propia

Funcionamiento

Se evaluó el buen funcionamiento del prototipo de mano robotizada de 5 falanges en físico y el prototipo de mano robotizada de 5 falanges

diseñado en la herramienta de simulación CATIA V5, con la programación realizada en el software arduino y su entorno grafico llamado Visualino, como se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Pruebas de funcionamiento del prototipo de mano robotizada de 5 falanges

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

El aprendizaje obtenido por los estudiantes de las 8 instituciones de la ciudad de Cúcuta de Tecnoacademia Sena fue productivo ya que se estudió, diseño e implemento un prototipo funcional de mano de 5 falanges y se analizó su funcionamiento, cinemática y programación en el software como lo fueron CATIA V5 y Visualino, estos programas de estudio son de gran utilidad para los jóvenes de la región ya que son temas de gran importancia que ayudan al desarrollo intelectual y profesional.

El entorno grafico del software arduino es una programación más sencilla y lógica de realizar el control de movimiento de los micro-servomotores al momento de evaluar una trayectoria de las falanges y para accionar por tensión los mecanismos de las falanges.

El software CATIA V5 es un software didáctico y practico al momento de diseñar, permite conocer el análisis cinemático del prototipo de mano de 5 falanges y ofrece una animación en 3D con sus respectivas vistas de proyección.

Referencias

Barrientos, A., Peñin, L., Balaguer, C., & Aracil, R. (2007). *Fundamentos de robotica* (2da

Edicion). Madrid, España: Mc Graw Hill.

CATIADOC (2001). *CATIA V5 de Dassault Systèmes*. Recuperado de: <http://catiadoc.free.fr/>

Ceccarelli, M., Nava, N., Jauregui, J., Parada, J., & Carbone, G. (2004). *Diseño y experimentación de un dedo articulado antropomorfo con un grado de libertad*. Recuperado de: <http://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/8366-Diseno-y-experimentacion-de-un-dedo-articulado-antropomorfo-con-un-grado-de-libertad.html>

Pérez, A., Velázquez, A., Torres San Miguel, C., Martinez, L., & Huerta, P. (2012). Prototipo de mano robótica antropométrica sub-actuada, *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 65, 46-59.

Sabater, J., & Martinez, J. (2012). *Guia docente para el diseño de robots de servicio*, España: Instituto Tecnológico de la Construcción AIDICO.

DIRECTRICES PARA AUTORES

La Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación acepta trabajos inéditos. Todos los manuscritos deberán prepararse con un procesador de texto del tipo Microsoft office Word, se utilizará el tipo de letra Times New Roman, tamaño 12, con un interlineado doble o 2.0.

La Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación promueve la revisión anónima a doble ciego, por tal motivo el artículo debe presentarse ante el comité editorial de la revista, sin nombres del colectivo de autores.

Toda la información relacionada con los autores, la filiación institucional, el correo electrónico y el autor para correspondencia, debe ser condensada y/o diligenciada en los respectivos metadatos de la plataforma OJS, Open Journal System de la Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Los capítulos o secciones del artículo, se detallan a continuación:

Formato general del trabajo

Papel

- Tamaño carta/ papel 21.59 cm x 27.94 cm (8 1/2" x 11")

Espaciado

- Interlineado 2.0 y texto alineado a la izquierda, sin justificar.
- Sin espacio entre párrafos

Márgenes

- 2,54 cm/1 en toda la hoja
- Sangría: cinco espacios en la primera línea de cada párrafo
- Las tablas no tienen líneas separando las celdas

Título

Título en el idioma del texto: debe ser representativo del contenido. No exceder de 15 palabras.

Título traducido: si el título indicado está en español o portugués se agregará una traducción al idioma inglés. Si está en inglés se agregará una traducción al español o portugués.

Numeración de páginas

Debe realizarse en la parte inferior centrada en Times New Roman, tamaño 10.

Resumen – Abstract

Se debe condensar a manera de síntesis en un rango de 250 a 300 palabras,

la información más relevante de la investigación (objetivo, metodología, resultados y conclusiones). En él se describe el tipo de información y puntos principales que se encuentra en el trabajo de investigación,

Palabras clave – keywords

Identifican la temática desarrollada en el artículo sin repetir las palabras del título. Deben enunciarse entre cinco (5) y ocho (8), en español e inglés (Keywords). Se debe procurar que hagan referencia a los lineamientos de los Tesauros de la UNESCO.

Introducción

Es la carta de presentación del artículo de investigación o review, en ella se provee información suficiente para que el lector entienda el fundamento racional del estudio, es decir, el contexto del cual surge la investigación. Finaliza con el planteamiento del objetivo de la investigación.

Materiales y métodos

En este apartado se describe de manera sucinta cómo se hizo la investigación, el diseño del trabajo, la población o muestra y cómo se seleccionó, lugar y fechas inicial y final en que se realizó el estudio, así como los procedimientos, las variables y los métodos estadísticos utilizados para el análisis de los datos.

Resultados y discusión

Aquí se enuncian los hallazgos y las observaciones más relevantes mediante la presentación de datos concretos. Se destacan aquí también, los resultados más novedosos, así como su significado contrastado y/o comparado con los hallazgos reportados de otras investigaciones.

Conclusiones

Las conclusiones deben tener relación directa con el objetivo de la investigación y se exponen siempre respaldadas por los datos obtenidos. Se debe evitar incluir recomendaciones y finalmente, este apartado no aplica para los artículos de revisión o review.

Agradecimientos (opcional)

Se debe mencionar a las personas e instituciones que han prestado asesoría técnica, científica o estadística a la investigación y las fuentes de financiación

Referencias

La bibliografía debe citarse conforme se relacione con el cuerpo del documento, debe ir en orden alfabético y sin numeración alguna. Recuerde usar el estilo de la American Psychological Association (APA). Ejemplos de referencias.

Libro

Apellido, A. A. (Año). *Título*. Ciudad, País: Editorial.

Ejemplo:

Benitez, M. A. (2018). *Electrones, neutrinos y quarks*, Barranquilla, Colombia: Crítica.

Capítulo de un libro

Apellido, A. A., y Apellido, B. B. (Año). Título del capítulo o la entrada. En A. A. Apellido. (Ed.), *Título del libro* (pp. xx-xx). Ciudad, País: Editorial.

Ejemplo:

Benitez, M. A. (2018). Psychology of Liberation: Theory and applications. En J. L. Tapiero. (Ed.), *Electrones, neutrinos y quarks* (pp. 1-5). Barranquilla, Colombia: Crítica.

Artículos científicos

Apellido, A. A., Apellido, B. B. y Apellido, C. C. (Fecha). Título del artículo. *Nombre de la revista*, volumen (número), pp-pp. doi: xx.xxxxxxx

Ejemplo:

Benitez, M. A. (2018). Psychology of Liberation: Theory and applications. *Electrones, neutrinos y quarks*, 2(1), 1-5. doi: <https://doi.org/10.23850/issn.2422-0582>

Periódico

Apellido, A. A. (Fecha). Título del

artículo. *Nombre del periódico*, pp. xx-xx

Ejemplo:

Benitez, M.A. (08 de febrero de 2018). Electrones, neutrinos y quarks. *El Espectador*, pp.1-2.

Tesis

Autor, A., & Autor, A. (Año). *Título de la tesis* (Tesis de pregrado, maestría o doctoral). Nombre de la institución, Lugar.

Ejemplo:

Benitez, M. A. & Tapiero, J. (2018). *Electrones, neutrinos y quarks*. (Tesis de maestría). Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia.

Material electrónico

Apellido, A. (Año de publicación). *Título de la obra*. Recuperado de: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Ejemplo:

Benitez, M.A. (2018). *Electrones, neutrinos y quarks*. Recuperado de: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/recia>

Tablas

Las tablas son un recurso que debe permitir que el lector comprenda de manera fácil los datos que se van a contrastar. Se numerarán en forma consecutiva y con números arábigos. Se hará referencia a ellas desde el texto (Tabla 1, Tabla 2, etc.). Cada

tabla deberá tener su propio título en la parte superior y en la parte inferior la fuente (si es propia poner: Elaboración propia). En cada columna se indicará también el título de columna. Todas las tablas deben estar incluidas en el archivo de texto.

Tabla 1.
El título debe ser breve, pero claro y explicativo

Categoría	Categoría	Categoría
Variable 1	XXX	XXX
Variable 2	XXX	XXX
Variable 3	XXX	XXX

Fuente: Elaboración Propia

Figuras

Todas las ilustraciones (fotografías, diagramas, gráficos, dibujos, mapas, etc.) se designarán con el término figura y serán numeradas consecutivamente con números arábigos. Se hará referencia a ellas desde el texto (Figura 1, Figura 2, etc.). Cada figura deberá tener su propio título en la parte inferior al igual que la fuente (si es propia poner: Elaboración propia).

Todas las figuras deben estar incluidas en el archivo de texto. Las imágenes y fotos se reciben en alta definición y se deben enviar en un archivo aparte al del artículo o subir como un archivo complementario en la plataforma Open Journal System.

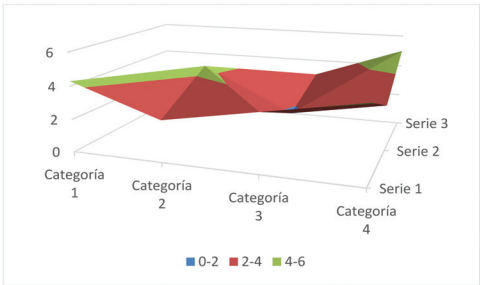


Figura 1. Titulo (Se debe indicar si la figura (imagen, gráfico) es propia o si se retomó de otra fuente. En caso de retomarse de otra fuente, se debe indicar autor, año y página (en la nota de figura) y posteriormente incluir la referencia completa en el apartado de referencias bibliográficas).

Unidades de medida

Se usarán las unidades del sistema métrico internacional. Las unidades se indicarán con los símbolos aceptados por la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (<http://www.bipm.org/en/bipm/>), por ejemplo: cm, m, h, g, kg (centímetro, metro, hora, gramo, kilogramo). Nótese que son símbolos y no abreviaturas, de modo que no terminan en punto

Envío de manuscritos

El envío de documentos es responsabilidad del autor para correspondencia y se realiza exclusivamente a través de la plataforma Open Journal System Los envíos deberán realizarse registrándose en la plataforma web y subiendo el artículo en .doc, según se indica en los pasos a seguir del sistema.



SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

SENA COMUNICA



SENA 

| www.Sena.edu.co