

6ta EDICIÓN



REVISTA ENCUENTRO SENNOVA™ DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO

SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



GRIA
Grupo de Investigación e Innovación y Agroindustria

ENCUENTRO
SENNOVA
DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO

6ta EDICIÓN

Rionegro, noviembre de 2020



Esta obra está bajo una **Licencia Creative Commons**
Atribución-NoComercial.CompartirIgual 4.0 Internacional



Tecnoparque
Rionegro



REVISTA ENCUENTRO SENNOVA DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO, 2020
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA
CENTRO DE LA INNOVACIÓN, LA AGROINDUSTRIA Y LA AVIACIÓN
SEXTA EDICIÓN
Diciembre 2020, Rionegro (Antioquia), Colombia.
Periodicidad: Anual
e-ISSN: 2665-2447

EQUIPO ADMINISTRATIVO

Carlos Mario Estrada

Director General
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Farid de Jesus Figueroa Torres

Director de Formación Profesional
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Juan Felipe Rendón Ochoa

Director Regional Antioquia

Jorge Antonio Londoño

Subdirector Centro de la Innovación, la
Agroindustria y la Aviación

Eliana María Estrada Mesa

Líder Sennova Del Centro de la Innovación,
La Agroindustria y la Aviación Gestor
Editorial

Elizabeth Barrera Bello

Líder Investigación Del Centro de la
Innovación, La Agroindustria y la Aviación
Editor

COMITÉ EDITORIAL/CIENTÍFICO

Eliana María Estrada Mesa

Líder Sennova Del Centro de la Innovación,
La Agroindustria y la Aviación Gestor
Editorial

Elizabeth Barrera Bello

Líder Investigación Del Centro de la
Innovación, La Agroindustria y la Aviación
Editor

Catalina María Jaramillo Alzate

Centro de la Innovación, La Agroindustria y
la Aviación Editor

© Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA

Diseño y diagramación:

Divegráficas S.A.S

Contenido producto de investigaciones SENNOVA – Sistema de investigación, desarrollo tecnológico e innovación del SENA- y sus grupos de investigación.

Hecho el depósito que exige la ley.

Este volumen, salvo las excepciones previstas por la Ley, no puede ser reproducido por ningún medio sin previa autorización escrita del autor. Los textos publicados son de propiedad intelectual de los autores y pueden utilizarse con propósitos educativos y académicos, siempre que se cite al autor y la publicación. Las opiniones aquí contenidas son de responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente el pensamiento del editor ni del SENA. Los artículos publicados en medio impreso y electrónico están autorizados por los autores mediante cesión de derechos de autor.

Tabla de Contenido

Editorial.....	4
Análisis fisicoquímico y biológico de calidad de agua de la quebrada La Chachafruto parte baja de la subcuenca La Salazar del Municipio de Rionegro – Antioquia.....	5
Caracterización de fibra a partir de la vaina del frijol Phaseolus Vulgari Cranberry Group generado como residuo de la industria alimentaria del Oriente Antioqueño.....	18
Elaboración de un queso Petit Suisse saborizado con salsa de aguacate Hass.....	32
Evaluación del nivel de daño económico por thrips (Thysanoptera) en Aguacate ‘Hass’ (Persea americana Mill.) en Abejorral, Antioquia.....	51
Evaluación de la implementación de los proyectos formativos realizados por aprendices SENA en las mipymes del Municipio de Rionegro.....	70
Las orquídeas y su acción parasitaria, un nuevo cambio en su apreciación tradicional.....	82
Tendencias en Instrumentación y Control de Procesos.....	98

Editorial

Es para la Revista Encuentro Sennova del Oriente Antioqueño, un motivo de especial orgullo y satisfacción presentar a sus lectores los artículos investigativos que nacen de la labor de instructores y semilleristas del Centro de la Innovación, la Agroindustria y la Aviación del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), que conforman el Sistema de investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA). Las temáticas que trabaja la revista, parte de un compromiso consciente de revelar y explotar al máximo las ventajas competitivas del Oriente Antioqueño, aportando en el discurso investigativo rigurosidad científica y fortalecimiento educativo.

El SENA en su deseo de seguir siendo la entidad más querida por los colombianos, empuña sus esfuerzos en generar programas y proyectos enfocados a la formación, innovación, transferencia de conocimiento y nuevas tecnologías, buscando el mejoramiento y la solución de problemas a nivel local, regional y nacional; para ello se vale de diferentes estrategias, entre ellas el fortalecimiento de los nueve Semilleros de Investigación, un universo integrado por actores, como aprendices, instructores, investigadores, gestores Tecnoparque y facilitadores Tecnoacademia, que construyen conocimiento actualizado, que cuentan además con la capacidad instalada del Centro de Formación, compuesta por el Tecnoparque nodo Rionegro, Laboratorio de Servicios Tecnológicos y actualmente logramos inaugurar e iniciar la operación de la estrategia **Tecnoacademia**, espacios que dan la posibilidad de acceder a tecnologías emergentes acompañados de expertos asesores multidisciplinarios.

Los resultados de la excelente labor investigativa se ven reflejados en las participaciones que han tenido los aprendices en la Red Colombiana de Semilleros de Investigación (RedColsi) en el año 2020, en el XVI Encuentro Red Local de Oriente de Semilleros de Investigación, realizado el 11 de marzo en modalidad presencial, con la participación de 30 proyectos; posteriormente el XIX Encuentro Departamental de Semilleros, el cual participaron 27 proyectos, realizado del 8 al 11 de septiembre en modalidad virtual, logrando la clasificación de siete proyectos que obtuvieron un puntaje mayor o igual a 90 para participar en el XXIII Encuentro Nacional y XVII Encuentro Internacional de Semilleros de Investigación, realizado del 24 al 27 de noviembre bajo modalidad virtual.

Comité editorial

Análisis fisicoquímico y biológico de calidad de agua de la quebrada La Chachafruto parte baja de la subcuenca La Salazar del Municipio de Rionegro – Antioquia

Ledys Ximena De la hoz Cuesta

*Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Semillero de Investigación en Agropecuaria y Agroindustria SiAgro, Ingeniera Ambiental.
delahozcuesta@misena.edu.co*

María Eugenia Gil Cardona

*Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Semillero de Investigación en Agropecuaria y Agroindustria SiAgro, Gestión de Recursos Naturales (Tecnólogo).
meg.1190@hotmail.com*

Resumen

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente con base en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años, ha sido prioritaria la inclusión de las comunidades acuáticas como una herramienta básica para evaluar la calidad de los ecosistemas (Roldan, 2003; Forero y Reinoso, 2013), debido a que el uso de macroinvertebrados acuáticos resulta una herramienta ideal, sencilla, rápida y de bajo costo para la caracterización biológica e integral de la calidad del agua (Roldan, 1996; Rosales y Sánchez, 2013; Vásquez y Medina, 2014) revelando las condiciones ambientales actuales y a través del tiempo (Alba-Tercedor, 1996). El presente trabajo de investigación reporta información útil sobre la valoración de La quebrada La Chachafruto con relación a la evaluación de la calidad de este recurso hídrico, se empleó un estudio de comunidades acuáticas donde se recolectaron ciento sesenta (160) especies de macroinvertebrados

acuáticos, distribuidos en quince (15) familias de mayor representatividad en la zona de estudio destacándose las especies: *Chironomidae* con setenta y tres (73) individuos, *Haplotaxidae* treinta y un (31) individuos, *Physidae*, *Elmidae*, *Hydrometridae* con veintiocho (28) individuos. Los resultados indicaron de acuerdo con el índice BMWP/Col que la fuente hídrica está muy contaminada. Esto se pudo constatar además, con los resultados de parámetros fisicoquímicos evaluados en este estudio como la turbiedad, conductividad, sólidos totales y la existencia de descargas de vertimientos de aguas residuales domésticas directamente a la fuente hídrica sin ningún tratamiento previo.

Palabras clave: *Fuente hídrica natural, Variables fisicoquímicas, macroinvertebrados acuáticos, calidad del agua, La Chachafruto*

Introducción

Los ecosistemas hídricos son fundamentales para la vida y el desarrollo de los seres humanos, en Colombia este recurso natural es abundante, proviene de aguas oceánicas, ríos, quebradas, aguas lluvias, lagos, lagunas. Ramakrishna (1997) define a la subcuenca como un sistema de ríos secundarios que desaguan en el río principal, cada afluente tiene su respectiva cuenca, una subcuenca puede tener varias microcuencas dentro de ella: las características de estos sistemas pueden verse seriamente afectadas por las actividades antrópicas que se desarrollan en su entorno tales como la industria y la expansión urbanística, generando consecuencias graves como la disminución de la calidad por contaminación agroquímica, incremento de la carga orgánica y aumento de la sedimentación (Hayward, 2005; Coutinho et al. 2009).

Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos son una alternativa biológica muy aceptada para evaluar y monitorear la calidad de los sistemas dulceacuícolas, debido a que estos invertebrados bentónicos son muy susceptibles a los cambios ocasionados por las actividades

humanas que producen contaminación orgánica y destrucción de sus hábitats, por eso son reconocidos como bioindicadores de la calidad de los cuerpos de agua. (Roldan, 1999), este método de análisis en Colombia comienza con los trabajos realizados en el río Medellín (Roldan, 1973) quien adapta posteriormente en el año 2003 para Colombia un sistema denominado BMWP/Col (*Biological Monitoring Working Party*) un método sencillo y rápido en el que los individuos se identifican taxonómicamente hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos, es decir, la presencia o ausencia posteriormente se asigna una valoración de acuerdo al grado de la tolerancia a la contaminación orgánica, las familias más sensibles como *Perlidae* y *Oligoneuriidae* reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, *Tubificidae*, reciben una puntuación de 1.0 (Armitage et al. 1983) y posteriormente se suman los valores de todas las familias identificadas que arrojaran el puntaje total de BMWP, esta metodología es utilizada para análisis de calidad de corrientes hídricas de bajo y mediano orden, principalmente de la zona andina (Zúñiga et al. 1993; Zamora, 2001, Roldán, 2003), las ventajas de esta metodología es que permite hacer un monitoreo del cuerpo de agua de manera rápida, sencilla y confiable, sin pretender puntualizar las necesidades ambientales de las comunidades bentónicas; otras de las formas de evaluar las condiciones de estos sistemas hídricos es a través de las características fisicoquímicas que dan indicaciones de la dinámica de los agentes contaminantes, destacando para esta investigación como es el caso de la turbiedad que es una propiedad óptica que dispersa la luz según la presencia de materiales en suspensión como la arcilla, el limo, la materia orgánica determinando la transparencia del agua (Roldan, 2003), la conductividad que es la propiedad de soluciones acuosas para conducir corriente eléctrica, proporcionando información de la productividad primaria, descomposición de la materia orgánica y detección de fuentes contaminadas.

Metodología

La investigación aplicada fue diseñada e implementada en la microcuenca La chachafruto del municipio de Rionegro, vereda Chachafruto-La bodega. Los datos de este estudio fueron tomados para el periodo comprendido entre noviembre de 2018 a octubre de 2019. El estudio fue dividido en dos fases fundamentales las cuales se denominaron como Fase A y Fase B que se describen a continuación: la evaluación de la calidad hídrica por medio de variables fisicoquímicas y por bioindicadores a través de macroinvertebrados acuáticos.

Área de estudio

Se escogieron cuatro puntos de muestreo en la parte baja de la subcuenca La Salazar (fuente hídrica La chachafruto), dos de ellos fueron ubicados antes de la zona franca con coordenadas 6° 9'35" N -75°24'51" W. y los otros dos posteriores a esta 6°09'11"N 75°24'50" W, para determinar si se presentan cambios drásticos en la calidad debido a las actividades antrópicas que se desarrollan en esta zona industrial, así mismo se tuvieron en cuenta posibles focos de contaminación por actividades agrícolas y de recreo en la parte anterior, de manera que apriori se podría establecer la calidad del agua entre aguas muy contaminadas o dudosas.

Esta zona Limita con la vía Rionegro, vía Llanogrande, vía alterna de las Palmas y el tablazo, la vereda Bodega-Chachafruto se encuentra a 30 kilómetros de la ciudad de Medellín y cercana al aeropuerto internacional José María Córdova.; a una altura 2740 msnm registra temperaturas promedio de 18,5°C, presenta precipitaciones bimodal, con periodos lluviosos en los meses de abril y mayo en el primer semestre y de octubre a noviembre en el segundo. La humedad relativa es del 75% y alcanza una máxima del 90% en épocas de lluvia y un mínimo de 59% en épocas de baja precipitación. En promedio se evaporan 1219 mm/año es decir el 67% de la precipitación anual y el 23% restante se convierte en agua de infiltración y escorrentía. Hay dos estaciones secas en el año, la más prolongada es de diciembre a marzo y otra corta en junio y julio. (Municipio de Rionegro, 2016)

La vegetación existente corresponde al tipo de formación vegetal Bosque Húmedo Montano Bajo (bh- MB), donde prosperan frutales y un poco de ganadería con potreros de Kikuyo, pastos nativos y foráneos, se pueden observar algunas especies vegetales nativas de la región como lo son el sauce *Salix humboldtiana*, guadua *Guadua angustifolia*, guayacán amarillo *Handroanthus chrysanthus*, acacias *Acacia sensu lato*, yarumo *Cecropia pertata*, entre otros, y especies introducidas como el ojo de poeta *Thunbergia alata*, eucalipto *Eucalyptus*, pino patula *Pinus patula*, pino ciprés *Cupressus sempervirens* en cuanto a la fauna es escaza aunque se pueden ver Alcaraván *Vanellus chilensis*, garza blanca *Ardeidae*, barranqueros *Momotus momota*, gallinazos *Coragyps atratus*.

El principal uso de suelo en la zona de influencia es rural, en el que predominan fincas de recreo, algunos cultivos de hortalizas, frijol, maíz, flores, pinos y eucaliptos, hay zonas suburbanas. La microcuenca llamada Chachafruto nace en la vereda Yarumal cuenta con un área de distribución de 3.432,93 ha forma parte de la subcuenca La Salazar, que tributa en el río Negro, la cabecera de la microcuenca es aprovechada para el acueducto del Aeropuerto José María Córdova y el acueducto veredal Asociación de Usuarios del Acueducto Rural Sajonia Alto de Vallejo.



Figura 1. Localización de la zona

Fuente Autores

Muestreo y análisis de datos

Metodología de muestreo. Se realiza el estudio de los bioindicadores semanalmente durante seis (6) meses comprendidos entre marzo-agosto, tomando cuatro puntos de muestreo, dos puntos fueron en la parte alta y dos en la parte baja, se recolectaron los individuos de macroinvertebrados bentónicos en las hojas y raíces de las plantas acuáticas, debajo de piedras y en el fango del río para un total de 24 muestras de estas comunidades empleando metodologías como jameo en orillas con un jamo de 0,2 mm recolectando en las redes los organismos en todos los microhabitats en transectos de 30 m de longitud a lo largo del cauce, de manera manual levantando piedras, ramas, rocas, material sumergido y se tomaron con pinzas de aluminio delgadas para almacenarlas en los frascos plásticos con alcohol, con la red pantalla construida con dos mangos de madera de más o menos 1 m² con un ojo de malla de 500 μ m aprox. una persona en contracorriente sujetó la red y otra removió el fondo con los pies durante quince (15) minutos continuos haciendo tres (3) repeticiones, este material que se acumuló en la red se depositó en coladores finamente tupidos de 0,2 mm y bandejas blancas para lavar el exceso de lodo luego recolectar las larvas y los macroinvertebrados de las muestras en el mismo lugar, posterior al muestreo se almacenaron en frascos plásticos pequeños rotulados con fecha, localidad, tipo de sustrato y el nombre del colector en alcohol etílico al 70% para fijarlos y luego realizar la identificación de cada uno de los individuos según las claves de Roldán (1988) Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia y (2014) Diversidad, conservación y uso de los macroinvertebrados dulceacuícolas de México, Centroamérica, Colombia, Cuba y Puerto Rico para identificarlos hasta el nivel de familia luego se hizo un inventario de lo que habitaba en cada estación de muestreo, luego se le asignó la puntuación a cada una según el índice de calidad ecológica IBMWP/Col para la suma total de la puntuación que se encontró en cada una de ellas.

Se realizó un muestreo en el mes de mayo de 2019 determinado por alta pluviosidad y otro en el mes de agosto del mismo año con predominancia de tiempo seco; en total se tomaron ocho (8) muestras de agua natural en cada uno de los puntos representativos establecidos: dos (2) en la parte alta caracterizada por la presencia de cultivos pan coger, fincas de

veraneo y presencia de vertidos de aguas residuales domésticas y dos (2) en la parte baja donde se encuentra la zona franca industrial; con todas las medidas de seguridad y los elementos de protección personal requeridos; empleando los materiales y recipientes esterilizados y rotulados, con el multiparámetro Hanna calibrado se midió in situ el pH y la conductividad, en cada muestreo se conformó una muestra integrada recolectada en dirección opuesta a la corriente y al mismo tiempo en tres puntos diferentes (orillas y centro) sumergiendo la botella plástica hasta recolectar un volumen de setecientos (700) ml aprox. para conformar la muestra de dos (2) litros, que posteriormente fueron transportada a las instalaciones del laboratorio Acreditado Onmiambiente para los análisis fisicoquímicos de las variables de sólidos totales (mg/L) DQO (Demanda química de oxígeno-mg/L), DBO5 (Demanda biológica de oxígeno – mg/L), Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Turbiedad (NTU), medición de pH (UpH), Dureza (mg/L CaCO_3), Cloruros (mg/L Cl) y Alcalinidad (mg/L CaCO_3), utilizando los equipos baño maría memmert, horno de secado Aceq, balanza analítica Femto, Bureta de vidrio marca pyrex con una capacidad de 10 mL y una resolución 0.02 mL, microdigestor para micro DQO, Termoreactor para DQO marca E & Q, Medidor de oxígeno marca Hach, conductímetro Hanna HI 9033, Potenciómetro Hanna, Titulador digital, agitador magnético, plancha de calentamiento, equipo de filtración entre otros materiales y aplicando la metodología estándar del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Análisis

El listado de las familias de los macroinvertebrados acuáticos se realizó de acuerdo a las familias propuestas por (Roldan, 2003) para Colombia, se recolectaron ciento sesenta (160) macroinvertebrados acuáticos, distribuidos en 15 familias entre las más representativas están: *Chironomidae* con 73 individuos, *Haplotaxidae* 31 individuos *Physidae*, *Elmidae*, *Hydrometridae* con 28 individuos asignándose los valores apropiados a la tolerancia de contaminación orgánica y teniendo como precedente las descargas directas de aguas residuales domésticas en la parte alta lo que ya es un índice de la carga contaminante y la ecología de la especies presentes, luego se les asigno los valores de tolerancia de

acuerdo a los criterios del método BMWP/Col y sumatoria de acuerdo a las familias distribuidas en cada punto de muestreo (parte alta y baja). El común denominador promedio de los dos sitios de muestreo de los bioindicadores resaltan un estado de calidad como crítico que se refiere a aguas muy contaminadas.

Tabla 1.

Índice promedio de la calidad de agua.

	Sitio 1	Sitio 2
BMWP/Col	29	27
Estado del agua	Crítica	Crítica

Fuente: Autor

Resultados y discusión

Macroinvertebrados acuáticos Se recolectaron ciento sesenta (160) macroinvertebrados acuáticos en los dos puntos durante los seis meses de muestreo distribuidos en quince (15) familias, según la tabla 2.

Tabla 2.

Familias de macroinvertebrados acuáticos de los muestreos.

Familia	N. Individuos	BMWP/Col
<i>Chironomidae</i>	73	2
<i>Haplotaixidae</i>	31	1
<i>Physidae</i>	14	3
<i>Elmidae</i>	6	6

Familia	N. Individuos	BMWP/Col
<i>Hydrometridae</i>	8	3
<i>Belostomadidae</i>	3	5
<i>Elmidae</i>	5	6
<i>Staphylinidae</i>	7	6
<i>Helicopsychidae</i>	2	8
<i>Hyalellidae</i>	2	7
<i>Hydrophilidae</i>	5	3
<i>Leptocendae</i>	2	3
<i>ceratopogonidae</i>	3	3
<i>chordodidae</i>	2	10

Fuente Autor

El índice BMWP a lo largo del muestreo proporciona un patrón tendiente a valores que se asocian a familias tolerantes a la contaminación orgánica tanto en períodos lluviosos como en sequía, indicando aguas contaminadas o fuertemente contaminadas y unos pocos individuos que pertenecen al grado ligeramente contaminadas, que indican calidad crítica y dudosa además, se destaca la presencia de vertimientos domésticos directos en la parte alta y la zona industrial limitante en la parte baja con el cuerpo hídrico, referente al valor ASPT (puntuación promedio por *taxa*) que se calculó a partir del puntaje BMWP dividido por el número de taxones en cada uno de los muestreos y estaciones arrojó valores que están en un rango entre 4-6 reforzando los resultados anteriores debido a que corresponden a aguas muy contaminadas o modernamente contaminadas.

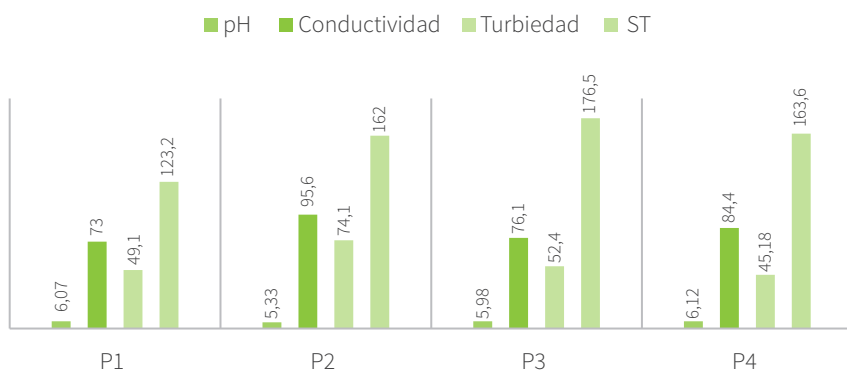
Tabla 3.

Clasificación de aguas y su significado ecológico según índice BMWP /Col y ASPT

Clase	Calidad	Valor BMWP	Valor ASPT	Significado	Color
I	Buena	> 160	> 9-10	Aguas muy limpias	
		101-120	> 8-9	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61-100	> 6.5 -8	Ligeramente contaminadas, se evidencias efectos de contaminación	
III	Dudosa	36-60	> 4,5 -6,5	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16-35	> 3 - 4.5	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	< 15	1 - 3	Agua fuertemente contaminadas, situación crítica	

Autor modificado Roldan 2003 en Álvarez 2006

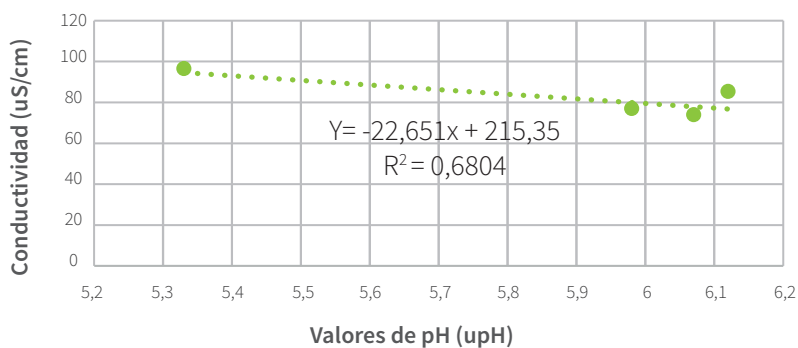
Calidad fisicoquímica En los análisis fisicoquímicos los valores más representativos están asociados a la Turbiedad 81,5 UNT, p H 5,87 UpH, conductividad 99,7 μ S/cm, solidos totales 162 mg/L estos últimos parámetros tiene relación directa con la presencia de limos, arcillas en solución por los procesos erosivos en las riberas de esta fuente y la relación DBO₅/DQO están asociados a los vertidos domésticos biodegradables que demuestran las alteraciones en la calidad de la fuente y sus afectaciones en las comunidades biológicas presentes y las demás variables como, alcalinidad, cloruros, dureza están en rangos favorables y no son limitantes.



Gráfica 1. Resultados de parámetros representativos de la calidad hídrica de la Chachafruto.

Fuente Autor

Tabla 4. Relación entre los parámetros fisicoquímicos de pH y conductividad.



Fuente Autor

La correlación entre las dos variables es alta arrojó un valor de menos cero punto ochenta y dos (-0,82) lo que indica una relación inversa, es decir, a medida que el valor de pH decrece la conductividad aumenta, el coeficiente de determinación (R^2) muestra que el 68% por ciento de los valores de pH se ve afectados por la conductividad que está relacionada con la productividad primaria y la descomposición de la materia orgánica asociados a contaminación en fuentes hídricas, además en los

puntos de muestreo (P2) se pudo evidenciar descargas de vertimientos de la lavandería del hotel, erosión de las riberas, pérdida de vegetación en las orillas y en (P1) descargas de lavado de vehículos, presencia de ganado cercana las fuentes hídricas que aumenta la conductividad por la presencia de iones afectando la calidad de la fuente y en los puntos P3 y P4 llegan las aguas del complejo de la zona franca que han pasado por tratamiento previo pero con carga contaminante aún, estos criterios también originan alteraciones en la composición biológica de los cuerpos de agua como se evidencia en las comunidades de macroinvertebrados en los que abundan familias tolerantes a la contaminación y a la presencia de sustancias tóxicas.

Conclusiones

La fuente la Chachafruto es utilizada como receptor de descargas de aguas negras domésticas y escorrentías por el uso del suelo provocando modificaciones físico-químicas y biológicas que repercuten en la composición de las comunidades biológicas y el deterioro para los usos del agua.

El análisis de la calidad de la fuente hídrica La Chachafruto por medio de variables fisicoquímicas y con bioindicadores demuestran un estado crítico de este cuerpo hídrico por lo que se recomienda el control y vigilancia de las actividades que se desarrollan en sus alrededores como la expansión industrial y fincas de veraneo que tienen los vertidos domésticos directamente sobre este recurso.

Agradecimientos

A todos los aprendices de la Tecnología de Gestión de recursos naturales ficha 1694616 del Centro de la Innovación, la Agroindustria y la Aviación -CIAA del municipio de Rionegro, quienes participaron en el proyecto de manera activa en la toma de los datos de campo, muestreos de aguas, aforos de caudales en la fuente hídrica La Chachafruto.

Referencias

- Municipio de Rionegro, Antioquia.(2016). *Anuario Estadístico Rionegro*. Recuperado de <https://rionegro.gov.co/Documents/Anuario-estadistico-2016.pdf>
- Forero, A.M. y Reinoso, G.(2013). Estudio de la familia Baetidae (Ephemeroptera: Insecta) en una cuenca con influencia de la urbanización y agricultura: río Alvarado- Tolima. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1 (25),12-21. Recuperado de <https://www.revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/16>
- Ramakrishna, B. (1997). *Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias*. San José, Costa Rica.
- Roldán, G.(1996). Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del Departamento De Antioquia. Medellín, Colombia.
- Roldán, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 23 (88): 375-387.
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, uso del método BMWP/Col. Editorial. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia
- Rosales, L. y Sánchez, S.(2013) Uso De Macroinvertebrados Bentónicos Como Bioindicadores De Calidad Del Agua Del Rio Palacagüina, Norte de Nicaragua, Rev. Científica de FAREM-Estelí, Medio Ambiente, Tecnología y Desarrollo Humano, 8(2), 66-75
- Zamora, H. & Sarria, H. (2001). Calidad biológica de dos ecosistemas lóticos afectados por aguas residuales de rallanderías de yuca mediante la utilización de sus macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, comparando además la aplicación de los índices de Shannon-Weaver y BMWP. *Unicauca Ciencia* 6: 21-42.
- Zúñiga, M. del C. Rojas, A.M. & Caicedo, G. (1993). Indicadores ambientales de calidad de agua en la cuenca del Río Cauca. *Revista de la Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia- AINSA* 13 (2): 17-28.

Caracterización de fibra a partir de la vaina del frijol *Phaseolus Vulgari Cranberry Group* generado como residuo de la industria alimentaria del Oriente Antioqueño

Estefanía Castro Henao

Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos
ecastro354@misena.edu.co

Johanna Martínez Casallas

Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos
jlmartinez444@misena.edu.co

Luz Adriana Posada Jaramillo

Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos
laposada21@misena.edu.co

María Camila Uribe Agudelo

Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos
mcuribe40@misena.edu.co

Claudia Patricia Jiménez Argumedo

Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Ingeniera de alimentos cpjimenez356@misena.edu.co

Lina María García Rivera

Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Ingeniera agroindustrial 1503@misena.edu.co

Resumen

Durante las labores de procesamiento en la industria alimentaria se generan residuos que ocasionan una problemática para las empresas por el alto contenido de materia orgánica y por los costos para la disposición final. Estos residuos, presentan alternativas de aprovechamiento: producción de biocombustible, productos cosméticos, nutricionales y farmacéuticos.

Es por esto, que el objetivo de esta investigación es la caracterización de fibra a partir de la vaina del frijol por el potencial tecnológico que representa este residuo en la industria alimentaria. La extracción de la Fibra Dietaria Total (FDT) se realizó con método de hidrólisis acida-base, luego la muestra fue secada en estufa y mufla, se determinó la FDT, a esta se le realizaron pruebas de hinchamiento (CH), capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de retención de grasas (CRG), obteniéndose como resultado: 19.7% de FDT, CRA del 87%, CRG del 1.16% y CH del 5%. Los datos anteriores indican que la muestra analizada absorbe agua con facilidad aumentado su volumen en exceso y por su baja capacidad de retención de grasa proporcionará a los productos una sensación menos grasosa. Al haber extraído la fibra por método químico, no se permite usarla en matrices alimentarias por lo que se sugiere emplear método enzimático gravimétrico de tal forma que pueda aplicarse en diversos productos como jugos, productos cárnicos y galletas

Palabras clave: *Vaina del frijol Phaseolus Vulgari Cranberry Group, caracterización de fibra, extracción por método ácido-base, fibra dietaria total, propiedades funcionales*

Introducción

El frijol se considera como un producto básico de la economía de pequeños productores, es uno de los alimentos esenciales en la dieta alimenticia de la población mundial, debido al aporte de proteínas y su bajo costo. Los géneros más representativos para nombrar al frijol son *Phaseolus* y *Vigna*; no obstante, existen muchas especies (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas [Fenalce], 2004). En Colombia, principalmente se cultivan variedades regionales y en menor grado las modificadas genéticamente. Las variedades del frijol varían dependiendo de la zona de cultivo, en Antioquia, por ejemplo, se produce la variedad de frijol cargamanto (color crema con tintes de rojo) (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

La producción mundial de frijol ha incrementado en los últimos años, alcanzando el 63% de la cosecha en Estados Unidos, Brasil, China, India, Myanmar, México, y Tanzania (Panorama Agroalimentario, 2016), siendo Brasil el principal productor (Magaña, Gaucín, y Flores, 2015). En Colombia los departamentos con mayor producción de frijol son Nariño (12.000 ha), Tolima (10.170 ha) Huila (9.100 ha) Antioquia (9.067 ha) Santander (8.500 ha) (Chiquillo, 2017). De manera particular Antioquia ha desarrollado emprendimientos de optimización a través de la investigación orientada al cultivo en los municipios del Carmen de Viboral, Marinilla, El Peñol y San Vicente, dado que en el Oriente Antioqueño se identifica un área de cultivo de 6859 hectáreas (Cornare, 2015). Asimismo, se conoce que este potencial de producción llega a generar un volumen impactante de residuos de material vegetal desde el cultivo hasta su expendio en centros de acopio mayoristas y minoristas. Generalmente estos residuos se destinan para consumo animal o son dispuestos en rellenos sanitarios, lo cual representa un impacto negativo a nivel ambiental por el alto contenido de materia orgánica (Chávez y Rodríguez, 2016). Por tanto, el aprovechamiento de los residuos agroindustriales se propone como una alternativa base para su manejo, debido a la composición tan variada que presentan estos subproductos.

Dentro de los principales usos que podrían darse a los residuos de la vaina de frijol se encuentra: 1) valorización biológica o química, permitiendo la obtención de celulosa y fibra dietaria (alimento para animales y humanos) 2) obtención de combustibles como el biogas que se emplea con diferentes fines y 3) la recuperación de energía a partir de los gases formados en procesos como la incineración y el pirólisis (Vargas y Pérez, 2018). En cuanto a los diversos usos que pueden dársele a la fibra obtenida de la vaina de frijol están: formulación de alimentos funcionales, en dulces frutales saludables permite estabilidad del producto final, en embutidos cárnicos, en productos de panadería (panes integrales y galletas) como sustitutiva de la grasa, en productos lácteos mejora cuerpo y sensación en la boca y reduce la sinéresis en el yogur y otros productos lácteos fermentados, en bebidas, la adición de fibra dietética aumenta su viscosidad y la estabilidad, también se emplea como humectante por su capacidad de retención de agua en ciertos productos para mascotas (Montúfar, 2014). Vislumbrando alternativas de solución frente a la problemática planteada

el objetivo de esta investigación fue la caracterización de fibra a partir de la vaina del frijol por el potencial tecnológico que representa este residuo en la industria alimentaria generando así mayor valor y competitividad en esta cadena productiva en el Oriente Antioqueño. Se evaluaron propiedades funcionales como capacidad de retención de agua, capacidad de hinchamiento y capacidad de retención de grasas, teniendo como referencia los estudios en los cuales se extrae fibra a partir de cáscara de naranja (Cayo y Matos, 2009), asimismo se reportó la extracción de fibra cruda a partir de cáscara de cacao tostado para el consumo humano (Méndez, Miranda, y Rosales, 2011).

Metodología

El tipo de investigación empleada es aplicada y experimental. Las fases para la ejecución del proyecto se describen a continuación:

Recolección y acondicionamiento de la muestra

La materia prima en este caso, las vainas de frijol de la variedad *Phaseolus Vulgari Cranberry Group*, se obtuvieron del mercado local de Rionegro, Antioquia, siendo conservada en cadena de frío hasta el laboratorio de fisicoquímica del SENA (La Ceja). Allí, se realizó el acondicionamiento, descartando material con daños fisiológicos y microbiológicos, clasificando en función del tamaño (10-15 cm) y color (verde-amarillo a amarillo oscuro). Posteriormente, se llevó a limpieza mediante el mecanismo de inmersión y agitación en agua para retirar suciedad mayor (tierra, insectos, trozos de piedra, etc.), este proceso se realizó dos veces, luego se procedió a desinfectar en solución de hipoclorito de sodio a 50 ppm x 5 min. Las vainas de frijol fueron troceadas (3 cm) dando uniformidad para garantizar un secado homogéneo, se llevaron al horno de secado a 64 °C por 8 horas, finalmente se redujo el tamaño de partícula en un molino de impacto y se empacó en bolsas herméticas.

Caracterización de parámetros químicos de la materia prima

A las vainas se le realizaron análisis para determinar porcentaje humedad por el método de secado en estufa según Association Official Analytical Chemist (AOAC, 2012), extracto etéreo método Soxhlet NTC 6240 (Icontec, 2017) y cenizas por calcinación AOAC (2012), Todos los análisis fueron realizados por triplicado y reportados en base seca.

Determinación de fibra dietaria total

La fibra tota fue determinada empleando el método de hidrólisis ácido – base: Antes de la hidrólisis se eliminaron compuestos lipídicos con acetona en relación 1:40 (muestra: solvente) y se llevaron a maceración por 45 min a 56 °C en un vaso de precipitado (250 mL, garantizando un montaje de condensación, para evitar pérdida del solvente), posteriormente se realizaron tres lavados con agua caliente para eliminar el exceso de acetona. Luego, la muestra se filtró al vacío y se recuperó para incorporar nuevamente al vaso de precipitado. A continuación, se realizó la digestión ácida, adicionando H_2SO_4 0,2N en relación 1:40 (muestra: ácido) y se llevó a ebullición por 45 min, conservando el montaje de condensación. Se filtró la muestra al vacío, realizando lavados con agua caliente para arrastrar el ácido remanente, concluyendo con un lavado con acetona. Seguidamente, se inició la digestión básica, adicionando NaOH 0,2N en relación 1:40 (muestra: base). Se llevó a ebullición por 45 min con el montaje de condensación, para luego filtrar al vacío en un crisol gosh previamente tarado, realizando lavados con agua caliente para arrasar la base remanente, concluyendo con un lavado con acetona. Los crisoles con la muestra se llevaron a estufa de secado a 100 °C por 3 h y se tomó el peso de la muestra seca. Finalmente, el crisol gosh con la muestra seca fue llevado a la mufla a 500 °C por 2h, se tomó el peso de las cenizas y la diferencia entre el peso de la muestra seca y las cenizas, permitieron determinar el contenido de fibra.

Para cada digestión y lavado, se realizó un montaje de filtrado con un Erlenmeyer con desprendimiento lateral, un embudo Bushner, bomba de vacío y papel filtro, el cual garantizo la filtración de los lavados.

Evaluación de las características funcionales de la fibra dietaria total

Estas evaluaciones se realizaron a partir de la metodología propuesta por (Alarcón, López y Restrepo, 2013). A la muestra seca se le hicieron pruebas de hinchamiento (H), tomando una relación 50:1 (w:v) de muestra y agua, respectivamente, disponiendo en tubos de ensayo (25 mL), agitando suavemente al inicio y dejando a temperatura ambiente por 18 horas. Luego se midió el cambio de volumen en la muestra, expresando el resultado en mL/g de peso seco. También se determinó la Capacidad de Retención de Agua (CRA), tomando 500 mg de muestra y adicionando 30 ml de agua destilada, se agitó, se dejó en reposo a temperatura ambiente por 18 horas, se centrifugó a 3000g por 20 min, retirando posteriormente el sobrenadante y pesando el residuo, el cual se llevó a secado por 40 °C hasta peso constante; finalmente se tomó el peso, expresando el resultado en g de agua/g peso seco. Adicionalmente, se determinó la capacidad de retención de grasa (CRG), siguiendo el procedimiento anterior, sustituyendo el agua por aceite de oliva extra virgen (0,7 acidez), expresando en g aceite/g peso seco. Todos los análisis fueron realizados por triplicado

Resultados y discusión

Caracterización de parámetros químicos de la materia prima

Después de la adecuación de la materia prima (Figura 1) se procedió al secado y molienda de las vainas en donde se obtuvo un rendimiento del 21,4%, valor superior al citado por Alarcón et al.(2013), en donde obtuvieron un rendimiento de 12,6% a partir de cáscara de maracuyá y similar al citado por Cedeño y Zambrano (2014), en la deshidratación de cáscaras de mago 23.36%.



Figura 1. Adecuación de las vainas de frijol. SENA (2018).

Los resultados de los análisis fisicoquímicos de las vainas molidas y deshidratadas se pueden observar en la tabla 1. En primer lugar, se obtuvo que el contenido de cenizas fue 12.8% similar al reportado por Muñoz (2010), del 14.2% para la corteza de penca de tunas secas. Este valor determinado en las vainas de frijol es alto, lo que podría representar una desventaja si se considera su uso directo como materia prima en la elaboración de un producto alimenticio debido a que un contenido de cenizas superior al 5% sugiere la presencia de un adulterante inorgánico (Márquez, 2014).

El porcentaje de grasas fue bajo 0.011%, comparado con el 0,47% y 2,93% reportado por Cedeño y Zambrano (2014) para cáscara de piña y mango. Lo anterior significa que las vainas de frijol no son una fuente significativa de grasa.

Con relación al porcentaje de humedad, se determinó que la vaina de frijol evaluada presenta un 22.9%, un valor alto comparado con el 9,84% y el 6,71% obtenidos por Cedeño y Zambrano (2014) para la cáscara de piña y mango respectivamente. Un contenido de humedad bajo es ideal ya que evita que cualquier producto sea susceptible al deterioro enzimático y el ataque microbiano (Carrillo y Reyes, 2013).

Tabla 1

Parámetros químicos de la vaina de frijol

Análisis	Resultados	Método empleado
Humedad (%)	22,9 ± 0,153	Secado en estufa
Grasas (%)	0,011 ± 0,002	Soxhlet
Cenizas (%)	12,8 ± 11,5	Calcinación
Fibra (%)	19,7 ± 1,40	Método ácido-base

Nota: Elaboración propia (2020)

Determinación de fibra dietaria total

Luego del proceso de hidrolisis ácido-base (figura 2), el contenido de Fibra Dietaria Total (FDT) equivalente a 19.7% obtenida a partir de vainas de frijol resulta inferior a otras fuentes de fibra reportadas como la de fibra dietaria del bagazo de caña de azúcar, a la que se le atribuye un 63,79% (Llivicura, 2020), fibra dietaria obtenida a partir residuos de dátiles de 62,1% (Mohamed & Chang, 2008) al estudio reportado por González (2010) obtuvo un 52,07% de FDT en vainas de arvejas y 52,70% en corteza de semillas de dátiles (Fuentes et al., 2009). Las variaciones en los porcentajes de fibra dietaria total de las diversas investigaciones no dependen del método empleado (químico o enzimático) sino a que el material evaluado (vainas de frijol) es diferente a los materiales de los reportes de literatura citados (bagazo de caña de azúcar, vainas de arvejas, semillas de dátiles y subproductos de espárragos).

A pesar de que el contenido de fibra de la vaina de frijol es inferior al del bagazo de la caña de azúcar y al de la vaina de arveja, se puede considerar que contiene un aporte significativo de fibra total, pero para poder ser usado en la industria de alimentos se debe realizar la extracción con método enzimático gravimétrico en dónde se garantice que no quedan residuos químicos en el producto.



Figura 2. Proceso Hidrólisis ácido-base. SENA (2018)

Evaluación de las características funcionales de la fibra dietaria total

Los resultados de la evaluación de las características funcionales de la fibra obtenida de la vaina del frijol se pueden observar en la tabla 2. La capacidad de retención de agua de la fibra arrojó un valor de 87 g de agua/g peso seco, muy alto si se compara con el obtenido en el estudio de las cáscaras de plátano 9,77 g de agua/g peso seco, Alarcón et al. (2013), el 3,99 g de agua/g peso seco reportado por Cedeño y Zambrano (2014) en cáscara de piña y 54,9% de la cascara de penca de sábila reportado por Muñoz (2010). El resultado obtenido indica que la fibra tiene la habilidad para retener el agua libre por capilaridad y fuerzas de tensión. Esta medida está directamente relacionada con la jugosidad.

La capacidad de retención de grasas de la fibra fue de 1,16 g aceite/g peso seco un valor similar al reportado por en la cascara de plátano que fue de 2,1 g aceite/g peso seco (Alarcón et al., 2013) y bajo respecto al obtenido por Cedeño y Zambrano (2014) que fue de 4,5 g aceite/g peso seco en la cascara de mango; por su baja capacidad de retención de grasa proporcionará a los productos una sensación menos grasosa.

La capacidad de hinchamiento de la fibra fue de 5 ml agua/g de peso seco, un valor significativo si se compara con el estudio de la fibra de cáscara

de mango que obtuvo un valor de 3 ml agua/g de peso seco (Cedeño y Zambrano, 2014) pero bajo con respecto al estudio de Muñoz (2010) que fue de 13 ml agua/g de peso seco. El resultado obtenido indica que la fibra total de las vainas de frijol posee afinidad por el agua aumentado su volumen en exceso, lo que significaría en el organismo una mayor saciedad y aumento del bolo.

Tabla 2

Características funcionales de la fibra obtenida de la vaina del frijol.

Análisis	Resultados	Método empleado
Capacidad de retención de agua (g de agua/g peso seco)	$87 \pm 11,13$	Método de centrifugación
Capacidad de hinchamiento (ml agua/g de peso seco)	$5 \pm 0,94$	Método de hinchamiento
Capacidad de retención de grasas (g aceite/g peso seco)	$1,16 \pm 0,15$	Método de centrifugación

Nota: Elaboración propia (2020)

Conclusiones

Se logró determinar el contenido de fibra de las vainas de frijol (19.7%) por método químico, pero este no permite usarla en matrices alimentarias por contener residuos químicos, pero sí se extrae por método enzimático gravimétrico podría aplicarse en diversos productos como jugos, productos cárnicos y galletas. La naturaleza de los componentes de las muestras analizadas indica que absorbe agua con facilidad y no presenta afinidad por los lípidos, ya que los valores de la capacidad de retención de grasa son bajos, sin embargo, presenta valores importantes de hinchamiento y capacidad de retención de agua. Gracias a las propiedades funcionales, las fibras que se obtienen de residuos agroindustriales tienen potencial tecnológico para su aplicación (según recomendaciones para ingesta

diaria de fibra) en formulación de alimentos funcionales, en dulces frutales saludables permitiendo estabilidad del producto final, en embutidos cárnicos, en productos de panadería (panes integrales y galletas) como sustitutiva de la grasa, en productos lácteos para mejorar cuerpo y sensación en la boca y reducción de sinéresis en el yogur y otros productos lácteos fermentados, en bebidas, la adición de fibra dietaria aumenta su viscosidad y la estabilidad, también se emplea como humectante por su capacidad de retención de agua en ciertos productos para mascotas.

Referencias

- Alarcón, M., López, J. H., y Restrepo, D. (2013). Caracterización de la Funcionalidad Tecnológica de una Fuente Rica en Fibra Dietaria Obtenida a partir de Cáscara de Plátano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 66(1), 6959-6968. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v66n1/v66n1a13.pdf>
- Association of Official Analytical Chemist. 923-03 . (2012). *Ash of flour*. Recuperado de <http://www.aoacofficialmethod.org>
- Association of Official Analytical Chemist AOAC. 934-01. (2012). *Official Methods of Analysis. Loss on drying (Moisture) at 95°-100*. Recuperado de www.aoacofficialmethod.org
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Programa de apoyo agrícola y agroindustrial: manual frijol*. Recuperado de <https://www.ccb.org.co/content/download/13731/175123/file/Frijol.pdf>
- Carrillo, M.L. y Reyes, A. (2013). Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias* , 2(3), 20-21. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5063620.pdf>

- Cayo, E., y Matos, A. (2009). Obtención de Fibra Insoluble a Partir de Cáscaras de Naranja (*Citrus sinensis*). *Revista de investigación Universitaria*, 1(1). Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Alfredo-Matos-Chamorro/publication/216640308_Obtencion_de_Fibra_Insoluble_a_Partir_de_Cascaras_de_Naranja_Citrus_sinensis/links/03f2f21cd9ad64f0e3093601/Obtencion-de-Fibra-Insoluble-a-Partir-de-Cascaras-de-Nara
- Chávez, Á., y Rodríguez, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia & Virtualidad*, 9(2), 90-107. doi: <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>
- Chiquillo, S. (2017). *Producción y comercialización de frijol caupí (Vigna unguiculata) tecnificado como modelo demostrativo en el municipio de Guaranda Sucre* (Tesis de pregrado). Universidad de La Salle, Yopal, Colombia. Recuperado de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1012&context=ingenieria_agronomica
- Cedeño, J., y Zambrano, J. (2014). *Cáscaras de piña y mango deshidratadas como fuente de fibra dietética en producción de galletas* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/439/1/TESIS%20GALLETAS.pdf>
- Cornare. (2015). *Plan de Crecimiento Verde y Desarrollo Compatible con el Clima para el Oriente Antioqueño*. Recuperado de <https://www.cornare.gov.co/Plan-crecimiento-verde/Anexo1.Analisis-Socioeconomico-Oriente-Antioqueno.pdf>
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas. (2004). *Sensibilidades del sector cerealista y de leguminosas: frijol*. Bogotá. Recuperado de <http://fenalce.org/archivos/frijoldmlm.pdf>
- Fuentes, J.M., Rodríguez, G., Jaramillo, C., Espejo, J.A., Rodríguez, R., Fernandez, J.,... Jiménez, A. (2009). Effect of the extraction method on the chemical composition and functional characteristics of powders with a high content of dietary fiber obtained from asparagus by-products. *Food Chemistry*, 113(2), 665-671. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.075>

- González, S.A. (2010). Sacarificación enzimática de la vaina de arveja fresca (*Pisum sativum* L.) variedad sabanera para obtención de azúcares reductores. *Revista Publicaciones e investigación*, 4(1). doi: <https://doi.org/10.22490/25394088.579>
- Icotec. (2017). *Determinación del contenido porcentual de grasa o aceite. Método Soxhlet*. Recuperado de <https://e-collection-icotec-org.bdigital.sena.edu.co/pdfview/viewer.aspx?locale=es-ES&Q=70F1B2CB8D2D0D02CFB1E6A5A5131F84&Req=>
- Llivicura, F. (2020). *Extracción de fibra dietética a partir de bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L) para la elaboración de hojuelas* (Tesis de Pregrado). Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/888/1/T.%20AGROIN.%20B.%20UEA.%20%202125.pdf>
- Magaña, D., Gaucín, S., y Flores, L. (2015). Análisis sectorial y de la dinámica de los precios del frijol en México. *Compendium*, 2(3), 1-21. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5803779.pdf>
- Márquez, B.M. (2014). “Cenizas y Grasas” “teoría del muestreo” “Refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional De San Agustín, Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Méndez, K.L., Miranda, E., y Rosales, L.C. (2011). *Modelo de empresa procesadora de cacao para la obtención de productos con mayor valor agregado* (Tesis de Pregrado). Universidad de el Salvador, San Salvador, Salvador. Recuperado de http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1971/1/Modelo_de_empresa_procesadorade_cacao_para_la_obtenci%C3%B3n_de_productos_con_mayor_valor_agregado.pdf
- Mohamed, A., & Chang, L. (2008). Optimization of phenolics and dietary fibre extration from date seeds. *Food Chemistry*, 108(3), 977-985. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.009>

- Montúfar, K. (2014). *Fibras dietarias y su aplicación en el desarrollo tecnológico de productos alimentarios como alternativa de alimentos funcionales* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. Recuperado de <http://148.215.1.182/bitstream/handle/20.500.11799/14492/421062.pdf?sequence=1>
- Muñoz, J.J. (2010). *Identificación de fibra dietaria en la cáscara, pulpa y en el residuo de la extracción de gel de penca de tuna (Opuntia ficus indica), variedades amarilla y blanca* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1766/3/Mu%C3%B1oz%20Gonz%C3%A1lez%20Juan%20Jos%C3%A9.pdf>
- Panorama Agroalimentario.(2016). *Frijol 2016*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200638/Panorama_Agroalimentario_Frijol_2016.pdf
- Vargas, Y. A., y Pérez, L.I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1). Recuperado de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/3108/2874>

Elaboración de un queso Petit Suisse saborizado con salsa de aguacate Hass

Elizabeth Barrera Bello

Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Químico de Alimentos, ebarrerab@misena.edu.co

Leidy Yuliet Mejía Villa.

Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Control de calidad de Alimentos, leidymejia91@outlook.es

Leidy Biviana Salazar Atehortua

Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Control de calidad de Alimentos, ladyy1887@gmail.com

Eliana Muñoz Ospina

Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Control de calidad de Alimentos, elianamo024@gmail.com

María Carolina González Ramírez

Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos, carolinagr498@gmail.com

Carolina Tapiero Loaiza

Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos, carolinat.l@hotmail.com

Juliana López Pérez

Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Ingeniera de Alimentos, julianalo@misena.edu.co

Resumen

Dentro de los derivados lácteos se encuentra el Petit Suisse, un queso fresco elaborado a partir de la cuajada inoculada y acidificada de leche de vaca, adición de crema y saborizante o salsas de frutas. Este proyecto de desarrollo tecnológico permitió la obtención un prototipo lácteo de queso Petit Suisse saborizado con una salsa de aguacate Hass (*Persea americana* Mill V. Hass), fruta propia de la región del Oriente Antioqueño y de la cual poco se ha diversificado su aprovechamiento agroindustrial. Se logró la estandarización de los ingredientes principales (queso petit y salsa de aguacate), así como de su formulación, obteniendo un prototipo dentro de los estándares normativos. También se caracterizó fisicoquímica (%Acidez $0,34 \pm 0,02$, %Humedad $56,04 \pm 0,52$; pH a 20°C $5,33 \pm 0,18$ y Sólidos totales $28,50 \pm 0,14$ °Brix), microbiológica (recuento de mohos y levaduras 198 UFC/g, detección de Salmonella en 25 g ausente, recuento de E. coli <1 UFC/g y recuento de coliformes 580 UFC/g) y sensorialmente el prototipo mediante una prueba hedónica de aceptabilidad logrando un producto de calidad y aceptable al paladar.

Palabras clave: *Persea americana* Mill V. Hass, prototipo, quesos frescos.

Introducción

Según el Decreto 616 (2006) del Ministerio de la Protección Social, la leche “es el producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos, bufalinos y caprinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños completos, sin ningún tipo de adición, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración posterior.” Es uno de los alimentos de mayor consumo a nivel mundial por su aporte significativo de nutrientes, ya que ella sola es capaz de brindarle los requerimientos nutricionales para favorecer el crecimiento de recién nacido. Un análisis global de los nutrientes de la leche dice que cada litro de leche de vaca entera y pasteurizada aporta: calcio (1,25 g), fósforo (1 g), potasio (1,5 g), sodio (0,5 g); vitamina a (150 UI), vitamina c (10 mg), tiamina (0,3 mg),

niacina (1 mg), riboflavina (1,7 mg); proteínas (34 g con un 82% de caseína y un 18% de lactoalbúmina); grasas (35 g, grasas saturadas y colesterol) y carbohidratos (49 g, de lactosa) (Espitia, 2016).

En Colombia la cadena de producción láctea es un subsector estratégico para el desarrollo ya que maneja un grupo alimenticio de primera necesidad, vital para la seguridad alimentaria por su gran importancia nutricional, su valor de la producción y la generación de empleos directos e indirectos (Meneses, Estrada, Chantre y López M, 2015). Así mismo, la producción de leche en Colombia ha llegado a ser representativa, en el año 2018 se registraron 7257 millones de litros en producción (Federación Colombiana de Ganaderos [FEDEGAN], 2019).

En el Oriente Antioqueño los municipios más destacados en la producción láctea, son: La Unión, el Carmen de Viboral, Rionegro, la Ceja, Abejorral, Sonsón, Guarne y El Retiro, conformando lo que se conoce como el “Cordón Lechero del Oriente Antioqueño” con una producción de 800 mil litros en el año 2018 y concentra el 18% de la producción nacional industrial de lácteos y es el departamento líder en exportaciones del sector (Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño-ESUMER, 2018).

Dentro de los productos agroindustriales de esta cadena se destacan las bebidas lácteas (yogur, kumis, leche pasteurizada y ultrapasteurizadas o UHT por sus siglas en inglés de Ultra High Temperature) mantequillas, productos concentrados (arequipe, panelitas), y por supuesto todos los quesos; siendo estos los productos lácteos más importantes, representando alrededor del 40% de la leche procesada en Colombia y el mundo (Gómez y Sánchez, 2019). Los quesos son obtenidos por coagulación enzimática de la leche con o sin fermentación ácido-láctica. En Colombia los quesos más populares son la cuajada, el queso fresco, quesito, queso doble crema, queso pera y en los últimos años ha tomado valor el Petit Suisse, un queso fresco elaborado a partir de cuajada de leche de vaca, con o sin adición de crema, se caracteriza por su alto contenido de humedad y por no tener corteza, (Bautista, 2014). Este queso es más parecido a un yogur o a un helado que a un queso fresco. En el mercado se encuentra disponible en sabores clásicos como fresa, mora y melocotón. El queso petit se destaca, como un producto diferenciador por su valor agregado, textura cremosa

y alto valor nutricional; estudios reportan que el 49,1% de los niños en Colombia, consumen queso tipo petit suisse marca Alpinito de Alpina®, que es el más representativo a nivel nacional, (Acero, 2014).

El desarrollo de actividades de investigación, innovación y desarrollo tecnológico en el sector lácteo permiten el diseño, prototipado y elaboración de nuevos productos funcionales que favorezcan a la condiciones de seguridad alimentaria y nutricional de la población, el fortalecimiento de la cadena de suministro y abastecimiento, así mismo, permiten incrementar los niveles de productividad y competitividad de las empresas mediante la articulación producción – academia y la conjugación de diferentes cadenas productivas como la láctea y hortofrutícola.

En el 2018, la producción hortofrutícola en Colombia aumentó su tasa de crecimiento anual pasando de 10.7 millones de toneladas en el 2017 a 10.8 millones de toneladas en el 2018. El mayor dinamismo lo presentaron las líneas de aguacate, pasifloras, piña, ñame y mora, las cuales presentaron tasas de crecimiento superiores al 10% con respecto al año inmediatamente anterior. En relación a la participación por departamentos los más sobresalientes fueron Antioquia, Santander, Valle del Cauca, Meta y Córdoba, que sumados se llevan más del 41% de la producción total del país (Asociación Hortofrutícola de Colombia [ASOHOFRUCOL], 2018).

El aguacate (*Persea americana* Mill) es un árbol originario de México y Guatemala perteneciente a la familia de las *Lauraceae*. La etimología de su nombre es: *Persea*, es el nombre utilizado por Teofrasto en honor a Perseo el semidios de la mitología griega para designar un árbol de oriente; *americana*, epíteto específico que procede del neolatín *americanus*, -a, -um, que indica que procede de América. Su fruto es comestible y presenta diferentes nombre según el país, los más comunes son aguacate, palta, cura, avocado o abacate. Se divide en tres “razas”: mexicana, guatemalteca y antillana (Universidad EIA, 2014). En el año 1935 se patentó en Estados Unidos una nueva variedad llamada “Hass”, de progenitores desconocidos pero originado en La Habrá, un lugar de California, donde el Sr. Rudolph Gay Hass lo identificó entre los árboles de su huerto.

El fruto del aguacate (*Persea americana Mill*), es una fruta muy valorada en el mercado mundial y nacional por presentar una textura suave comparable con la de la mantequilla, presenta un exquisito sabor y un alto valor nutricional. La versatilidad de este fruto en la gastronomía es ilimitada, ya que puede ser utilizado en preparaciones saladas como ingrediente principal o en ensaladas, así como en platos dulces como helados, batidos y postres. En cuanto a sus propiedades nutricionales se resalta su alto contenido vitamínico (A, C y E), la presencia de lipoproteínas de baja densidad que favorecen el control del colesterol, que a su vez se relacionan con la tratamiento de enfermedades como arteriosclerosis; también se le asocian beneficios para controlar el asma y la artritis reumatoide (Sandoval, Forero y Garcia, 2010).

En Colombia el aguacate es un cultivo que ha tomado mucha fuerza en los últimos años, a tal punto que desde agosto del 2018 es el cuarto país productor a nivel mundial. Los principales productores están ubicados en los departamentos del Eje Cafetero, Tolima, Cauca, Antioquia, Huila y Valle del Cauca, con más de 14000 hectáreas. Para el año 2018 se reportaron 467.282 Ton de Aguacate (ICA, 2019). El oriente antioqueño es un productor importante de aguacate con un área sembrada de aproximadamente 2500 hectáreas y una producción anual de 18 mil toneladas, lo que los convierte en un producto potencial para la exportación, comercialización y agroindustrialización (MiOriente, 2017).

El mercado del aguacate es un nicho exigente por el cumplimiento de los estándares exigidos por la normativa nacional e internacional. Su alto volumen de producción, el ejercicio de prácticas inadecuadas de cosecha y postcosecha, y los altos niveles de frutos que no cumplen con los estándares de calidad para exportación o comercialización (calibres menores o deformidades del fruto) causan que gran parte de la cosecha no pueda ser comercializada en mercados internacionales o sea subvalorada en el mercado nacional. Si bien Estos frutos valorados en el comercio, si cumplen con los estándares para ser materias primas de procesos agroindustriales, dentro de los más destacados de este fruto están: elaboración de pastas y guacamoles, aguacate en polvo, productos de IV gama o mínimamente procesados (trozos congelados, pulpas), gazpacho de aguacate, margarina de aguacate, extracción de aceites, materia prima para productos cosméticos (cremas, shampoo, tratamientos capilares),

extracción de pigmentos y biocompuestos, biopolímeros de la semilla, entre otros (Portalfrutícola, 2019).

Por esta versatilidad que presenta el aguacate, además de ser un cultivo potencial de la región, así como la fortaleza de la cadena láctea, se diseñó este prototipo de queso petit suisse saborizado con salsa de aguacate Hass, como alternativa para la diversificación de los mercados de estas dos importantes cadenas nacionales.

Metodología

Para el desarrollo del prototipo se elaboró un queso petit suisse sin sabor mediante la utilización de una formulación comercial; así mismo se elaboró una salsa de aguacate, después se calculó la relación queso/salsa con las mejoras características sensoriales y que cumpliera con los estándares normativos. Este prototipo se llevó a cabo en las instalaciones de SENA, en subsección de La Ceja del Tambo y contó con el apoyo de diferentes instructores del área agroindustrial, así como de los aprendices de los programas Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos y Tecnólogo en Control de Calidad de Alimentos. A continuación, se describen con más detalle cada una de las fases:

Fase 1. Elaboración del queso petit suisse: La leche utilizada para la elaboración de este prototipo fue leche entera pasteurizada comercial marca Colanta®; a la hora de la recepción de la leche se contó con el taller de agroindustria del SENA de la Ceja del Tambo previamente limpio y desinfectado. Con la ayuda de un termómetro de infrarrojo se verificó la temperatura de cada bolsa de leche, la cual estaba a 4 ± 2 °C. Cada bolsa se llevó a un proceso de higienización, el cual consistía en un lavado con agua potable y posterior desinfección con una solución de hipoclorito de 100 ppm por inmersión por 5 minutos. Seguidamente se secaron con papel desechable y se depositó el contenido en una olla de acero inoxidable (limpia y desinfectada). Se tomó una alícuota del total de la leche para su verificación de pH mediante lectura directa con un potenciómetro y la determinación de acidez titulable reportada como porcentaje de ácido láctico, se utilizó el método reportado en la NTC

4978 de 2001 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2001). Los parámetros de aceptación o rechazo se realizaron con base a las NTC 506 de 2002 denominada Productos Lácteos. Leche Pasteurizada (ICONTEC, 2002).

Una vez aceptada la leche se llevó a calentamiento a una temperatura de 37°C para su posterior inoculación, la cual se realizó mediante la adición de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus acidophilus*. También se le adiciono cuajo en polvo y cloruro de calcio previamente diluidos. Todos los aditivos se homogenizaron perfectamente con la precaución de no formar espuma y por un tiempo no mayor de 1 minuto. Seguidamente se llevó a incubación hasta la coagulación y acidificación de la cuajada. Posteriormente se cortó la cuajada en cubos de 2 cm de lado y se llevó en reposo nuevamente para facilitar su desuerado. La cuajada se llevó a un lienzo limpio y desinfectado para su desuerado total, hasta la obtención de una pasta húmeda, suave y blanquecina. Finalmente se llevó a cuajada a refrigeración para su posterior saborización.

Fase 2. Elaboración de la salsa de aguacate: Para ella se utilizaron aguacate Hass que según la Especificación Normativa Disponible END 094 (ICONTEC, 2018) su calidad fruto era categoría I y su estado de maduración 5 según la tabla de color de AgroHass (s.f.) (ver Figura 1.) en la cual el fruto se encuentra suave al tacto y de color negro, lo cual indica que está en su punto de maduración adecuado o listo para su consumo.



Figura 1. Tabla de color del aguacate Hass. AgroHass (s.f.)

Los frutos fueron adquiridos en el comercio local cumpliendo con los requisitos normativos anteriormente descritos. Posteriormente fueron lavados con abundante agua potable y desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio de 50 ppm por inmersión por 5 min. Se secaron con papel desechable absorbente y se procedió a partir por la mitad, la eliminación de la semilla y el despulpado, apoyados por una solución de recibo de ácido cítrico al 5% m/v para evitar el pardeamiento. Una vez despulpado el aguacate se calculó el peso de pulpa y se formularon los demás ingredientes de la salsa, bajo la siguiente formulación: pulpa de aguacate (60%), azúcar (39,5%), ácido ascórbico (0,5%). Con la ayuda de un procesador de alimentos se trituro la pulpa (sin adición de agua) y se incorporaron el azúcar y el ácido hasta su completa homogenización. Posteriormente se llevó a cocción a fuego medio y agitación constante hasta obtener una temperatura de 75°C y sólidos totales de 50° Brix. Una vez alcanzado estos parámetros se realizó un choque térmico en baño maría invertido para la disminución de la temperatura hasta los 20±5° C.

Fase 3. Saborización del queso: Una vez elaborado el queso petit suisse y la salsa de aguacate, se platearon 3 formulaciones con relación al contenido de queso petit suisse/salsa de aguacate/crema de leche. Formulación A (90/7/3), Formulación B (80/17/3), Formulación C (70/27/3) respectivamente. Estas formulaciones fueron evaluadas (internamente por los integrantes del equipo del proyecto) por su sabor, color, textura y cumplimiento normativo (contenido máximo de aditivos no lácteos) para la selección de la formulación más favorable. Para la homogenización de los ingredientes se utilizó un procesador de alimentos, hasta la obtención de una pasta libre de grumos y de color homogéneo.

Fase 4. Caracterización del queso saborizado: Una vez evaluadas las 3 formulaciones por parte del instructor de apoyo y los aprendices del proyecto, se seleccionó la que más reunía características favorables para posteriormente ser caracterizada así:

- Parámetros fisicoquímicos (pH, %acidez titulable potenciométrica, sólidos totales, %Humedad por termobalanza), estos análisis se realizaron en el Tecnoparque Nodo Rionegro en la sede del municipio de Guarne.

- **Análisis microbiológicos:** Se realizaron las pruebas de coliformes, *Escherichia coli*, levaduras y mohos, *Salmonella* (ICONTEC, 2011) en el taller de control de calidad de alimentos del SENA, sede la Ceja del Tambo. Para Colombia no existe una normatividad exclusiva para queso petit suisse, por tal razón se tomó como referencia la NTC 5894 (2011) la cual determina las características físicas, químicas, microbiológicas para productos lácteos, queso fresco y la Normativa N° 53 del Ministerio de Agricultura y Suministro de Brasil (2000).
- **Análisis sensorial:** para ello se realizó una prueba hedónica de aceptabilidad, se evaluó acorde a los descrito por (Sanchís et al., 2016). Este análisis se realizó en los diferentes ambientes de formación del SENA Sede la Ceja por 19 jueces no entrenados, de edades entre 18 a 40 años, hombre y mujeres habitantes del municipio de La Ceja del Tambo. Se evaluaron 3 atributos: la calidad visual aplicando la siguiente escala: 9 = excelente, recién elaborado; 7 = muy bueno, bastante fresco; 5 = bueno, límite de comercialización; 3 = adecuado, límite de consumo; y 1 = malo, no comestible. Para la evaluación del sabor y aroma del prototipo se aplicó la siguiente escala de valoración, entre 9, 8 y 7 = calidad excelente, entre 6, 5 y 4 = calidad aceptable y entre 3, 2 y 1 = mala calidad. Adicionalmente, los jueces evaluaron la presencia de sabores desagradables en el producto, por lo tanto, el mal sabor se calificó en una escala de 5 puntos, donde 1 = ausencia y 5 = presencia marcada. En la tabla 1. Se resumen la escala de valores

Tabla 1.

Atributos y escala para la evaluación sensorial.

Flavor (sabor y aroma)		Malos olores		Aspecto visual	
1	Mala calidad no satisfactorio	1	Ausencia	1	Malo
2		2	Ligeramente perceptibles	2	Adecuado, límite de consumo
3		3	Medianamente perceptibles	3	Bueno límite de comercialización
4		4	Bastante perceptibles	4	Muy bueno, bastante fresco
5		5	Muy perceptibles	5	Excelente, recién cortada
6	Calidad aceptable (satisfactorio)				
7					
8					
9					
	Calidad excelente				

Nota: Sanchís, y otros (2016).

Fase 5. Presentación comercial: Se realizó en estudio de mercado mediante la búsqueda de productos similares en los supermercados locales y de grandes superficies del municipio de Rionegro (Antioquia) y determinar cuál es el material de empaque que ellos utilizan y así seleccionar el empaque más similar para la presentación comercial, al igual que el peso neto de comercialización. Dentro del alcance del proyecto no se proyectó la selección del material por características como tipo de barrera de permeabilidad, filtración o estabilidad en el tiempo del producto.

Resultados y análisis técnico del producto

Para la elaboración del queso saborizado se logró estandarizar:

Fase 1. El queso tipo Petit Suisse sin saborizar, se estableció como parámetro de respuesta el % humedad final el cual fue de 62% m/m, cumpliendo con lo establecido por la Normativa N°53 (2000) la cual debe ser superior a 55% m/m (ver Figura 2.A.).

Fase 2. La formulación de la salsa de aguacate obteniendo pasta de un color verde esmeralda, translúcida, con un bajo nivel de pardeamiento, de sabor característico al fruto y suave al paladar (ver Figura 2.B.), pero sin ser demasiado dulce que enmascare el sabor propio del aguacate. La variable de respuesta para la estandarización de la salsa fueron los °Brix, con un resultado de 50 ° Brix lo que corresponde con lo exigido por la NTC 5583 (ICONTEC,2007), Salsas de Frutas que establece mínimo 25°Brix para salsa de frutas. Se recomienda realizar la medición de pH para garantizar también el cumplimiento con la norma que es máximo de 4,0 a 20°C.

Fase 3. En cuanto a la selección de la formulación de queso petit saborizado, se realizó por una prueba sensorial de preferencia efectuada por los integrantes del proyecto, los cuales coincidieron que *Formulación C* la contenía una relación entre el contenido de queso petit suisse sin sabor/ salsa de aguacate/crema de leche del 70%, 27% y 3% respectivamente, presentaba una textura suave, cremosa, libre de grumos, de color verde pastel, pero con una intensidad de sabor a aguacate ligera, pero desafortunadamente (por aspectos legales) no se puede adicional más salsa para resaltar el sabor debido a que la normatividad brasilera N° 53 solo permite un máximo de 30% de aditivos no lácteos (ver Figura 2.C.) o de lo contrario tendría que cambiarse la denominación del mismo.



Figura 2. Proceso de elaboración del queso petit suisse saborizado con salsa de aguacate (**A.** Queso petit suisse sin sabor. **B.** Salsa de aguacate. **C.** Queso petit suisse saborizado).
Elaboración propia (2019).

En Colombia no existe una normatividad exclusiva para el queso petit suisse, por tal motivo se tomaron como referencia de análisis las NTC 5894 (2011) y Normativa N° 53 del Ministerio de Agricultura y Suministro de Brasil (2000). En estas normas se establecen que los parámetros de análisis fisicoquímico para los quesos son el contenido de materia grasa, contenido de humedad, cloruro de sodio y proteína láctea. Desafortunadamente no se cuentan con todos los equipos, reactivos, presupuesto y convenios para la realización de dichas pruebas por tratarse de un proyecto formativo de aprendices, el cual debe ejecutarse con recursos propios de los integrantes de la investigación, por tal motivo, solo se realizaron las pruebas de pH, %acidez titulable potenciométrica, sólidos totales por medio de lectura directa en un refractómetro digital previamente calibrado y el %Humedad por termobalanza. Los resultados obtenidos se representan en la tabla 2.

Tabla 2.

Resultados caracterización fisicoquímica del queso petit suisse saborizado.

Parámetro	Día de elaboración
%Acidez	0,34±0,02
pH a 20°C	5,33 ±0,18
Sólidos totales	28,50 ±0,14 °Brix
% Humedad	56,04 ±0,52

Nota: Elaboración propia (2020).

Fase 4. En cuanto a las características fisicoquímicas de la Formulación C, se logró determinar el %Humedad final el cual reportó 56,04% m/m, lo que concuerda con lo estipulado por la Normativa brasilera N°53 (2000). En cuanto a los demás parámetros se logró determinar que el contenido de sólidos solubles totales de 28,5° Brix. En cuanto a la de acidez titulable se reportó un %acidez 0,34% de ácido láctico y un pH de 5,3. En cuanto a los resultados de las pruebas microbiológicas se logró determinar que el producto es apto para el consumo humano ya que todos los parámetros analizados se encuentran dentro de la normativa NTC 5894 de 2011 tal y como se representa en la tabla 3.

Tabla 3.

Resultados microbiológicos del queso petit suisse saborizado (día 0).

Análisis microbiológico	Requisito normativo NTC 5894 (2011)	Día 0 de elaboración
Recuento de mohos y levaduras, UFC/g	100 -500	198
Detección de Salmonella/ 25g	Ausente	Ausente
Recuento de E. coli, UFC/g	< 10	< 1
Recuento de Coliformes, UFC/g	1000 - 5000	580

Nota: Elaboración propia (2020).

Una vez verificado que el prototipo cumplía con los requerimientos microbiológicos y fisicoquímicos, lo que garantizó ser apto para el consumo, se procedió con las pruebas sensoriales en las que se evaluaron los atributos del queso petit. Estos valores están representados en el gráfico 1. Según la percepción de los panelistas al 63% de ellos el flavor (sabor y aroma) presentó características de calidad excelente con una puntuación de 7 de un máximo de 9, lo que permite calificar el sabor del queso como agradable al paladar. En cuanto a su aspecto visual el 47% de los panelistas lo percibió como muy bueno y bastante fresco y el 42% como excelente

con una puntuación de 4 de un máximo de 5, lo que nos permite ratificar la correcta homogenización y desarrollo de color y textura del prototipo. El último atributo evaluado fue la presencia de malos olores con un 37% de presencia medianamente perceptible por los panelistas y una puntuación de 2 de un máximo de 5, posiblemente se deba a la poca familiaridad del olor al aguacate cocinado, que al ser poco reconocido se pondera como desagradable, si bien la temperatura no fue elevada al realizarse por el tiempo suficiente para la concentración de sólidos pueden desarrollarse estos nuevos olores. Como percepción global se determinó que el queso petit suisse saborizado con salsa de aguacate presentó una textura suave, cremosa, succulenta y generosa, de color verde pastel; un sabor fresco con notas dulces, además de su combinación entre lácteo y aguacate que le otorgan un sabor exótico y agradable al paladar, permitiendo un grado de aceptabilidad por parte de los panelistas. Aunque debido a los pocos datos recolectados no se realizó análisis estadístico de los mismos.

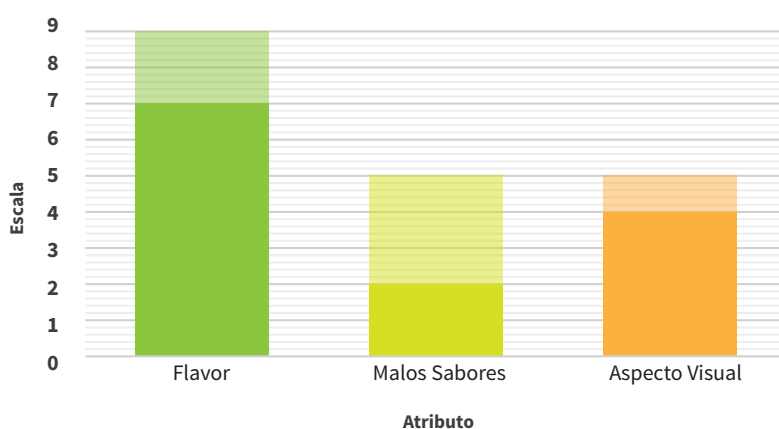


Gráfico 1. Atributos sensoriales evaluados del queso petit suisse saborizado. Elaboración propia (2020).

Fase 5. Después de realizar visitas a 10 supermercados locales y de grandes superficies del municipio de Rionegro y buscar la presentación y gramajes de los quesos petit suisse comercializados, se observó la tendencia de presentaciones de envases de poliestireno de alto impacto

o HIPS y polipropileno, con tapa termo sellada y/o plástica removible PET. En cuanto a los gramajes comerciales se encontraron entre los 45 y 60 g según la presentación. Por tal motivo se tomó la decisión de empaclar el prototipo desarrollado en un envase de polipropileno con tapa removible y de capacidad 50 mL; se seleccionó un peso neto de 47 g ya que el tamaño de este producto está diseñado principalmente para el consumo infantil. En empaque del prototipo fue transparente para poder visualizar el color característico del producto, pero se recomienda que sea opaco blanquesino para reducir el pardeamiento durante el almacenamiento, como lo presentan las marcas comerciales. Dentro de las recomendaciones de almacenamiento, por ser un producto lácteo se debe mantener en refrigeración ($4 \pm 2^\circ \text{C}$) y una vez abierto consumirse en el menor tiempo posible. En la figura 3. se observa la presentación del prototipo final.



Figura 3. Presentación final del prototipo de queso petit suisse saborizado con salsa de aguacate.

Elaboración propia (2019).

Conclusiones

Se logró el desarrollo de un prototipo de queso Petit Suisse saborizado con salsa de aguacate Hass, así como la estandarización de sus ingredientes principales (queso y salsa de aguacate) y la formulación del mismo. Se logró caracterizar el prototipo fisicoquímica (%Acidez $0,34 \pm 0,02$, %Humedad $56,04 \pm 0,52$; pH a 20°C $5,33 \pm 0,18$ y Sólidos totales $28,50 \pm 0,14$ °Brix), microbiológica (recuento de mohos y levaduras 198 UFC/g, detección de Salmonella en 25 g ausente, recuento de E. coli <1 UFC/g y recuento de coliformes 580 UFC/g) y la percepción sensorialmente de los panelistas fue de un producto de excelente flavor, aspecto visual bueno y fresco aunque con una ligera presencia de malos extraños posiblemente relacionados al olor de aguacate cocinado (salsa de aguacate), obteniendo así un producto dentro de los parámetros establecidos por la normatividad nacional e internacional utilizadas como base. Cabe aclarar que Colombia no cuenta con normatividad específica para el queso petit suisse y por ello se tomó como referencias normativas nacionales para queso fresco e internacionales para quesos petit suisse. También se logró proponer una presentación comercial del prototipo en base en un estudio del mercado local. Se recomienda realizar alianzas para la realización de las pruebas fisicoquímicas estipuladas por la normativa, así como la determinación del tiempo de vida útil del prototipo y elaboración de la tabla nutricional. También se recomienda realizar el estudio de costos para así concluir si este producto es técnicamente viable para su escalamiento a nivel industrial y ser lanzado como un producto de desarrollo e innovación tecnológica de la cadena láctea y hortofrutícola.

Agradecimientos: A todo el equipo de instructores del área agroindustrial del Centro de la Innovación la Agroindustria y la Aviación del SENA de Rionegro que apoyaron y acompañaron el desarrollo del proyecto, así como a la gestora Dorely David Gómez de Tecnoparque sede Guarne.

Referencias

- Acero, J. (2014). *Descripción del consumo de productos lácteos listos para consumir en niños del colegio unidad residencial Colseguros* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/16037/AceroPerezJuanita2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- AgroHass. (s.f.). *Tabla de color*. Recuperado de <http://www.agrohass.com/tabla-de-color>
- Asociación Hortofrutícola de Colombia. (2018). *Balance del sector hortifruticultura en 2018*. Recuperado de http://www.asohofrucol.com.co/imagenes/BALANCE_DEL_SECTOR_HORTIFRUTICULTURA_2018.pdf
- Bautista, M. I. (2014). *Elaboración de un queso tipo petit - suisse de leche de cabra, adicionado con Lactobacillus casei como probiótico* (Tesis de maestría). Universidad Veracruzana, Xalapa, México. Recuperado de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/42598/BautistaAntonioMIsabel2.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño- Institución Universitaria ESUMER. (2018). *Diseño estratégico para el sector lácteo del Oriente Antioqueño*. Recuperado de <https://www.ccoa.org.co/Portals/0/Biblioteca%20virtual/Publicaciones%20regionales/Estudio-Dise%C3%B1o-estrategico-sector-lacteo-Oriente-Antioqueno.pdf?ver=2018-05-22-141838-130>
- Espitia, L. M. (2016). *Evaluación de la calidad composicional de la leche influenciada por el periodo de transición en vacas doble propósito en trópico bajo colombiano* (Tesis de pregrado). Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Recuperado de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1280&context=medicina_veterinaria
- Federación Colombiana de Ganaderos [FEDEGAN]. (2019). *Producción y acopio de leche en Colombia (litros)*. Obtenido de Producción y acopio de leche en Colombia (litros). Recuperado de <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0>

- Gómez, J. A., y Sánchez, Ó. J. (2019). Producción de galactooligosacáridos: alternativa para el aprovechamiento del lactosuero. Una revisión. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 37(1), 130-158. doi: <http://dx.doi.org/10.14482/inde.37.1.637>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (31 de agosto 2019). El ICA, *principal jalonador de las exportaciones de aguacate Hass colombiano al mundo*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-principal-jalonador-exportacion-aguacate-hass#:~:text=Al%2028%20de%20agosto%20de,aguacate%20Hass%20al%20mercado%20internacional.&text=El%20%C-3%A1rea%20sembrada%20de%20aguacate,Huila%20y%20Valle%20del%20Cauca>.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2002). *NTC 506 - Productos Lácteos. Leche Pasteurizada*. Recuperado de <https://tienda.icontec.org/gp-productos-lacteos-leche-pasteurizada-ntc506-2002.html>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2001). *NTC 4978 - Leche y productos lácteos. Determinación de la acidez titulable - Método de regencia*. Recuperado de <https://tienda.icontec.org/gp-leche-y-productos-lacteos-determinacion-de-la-acidez-tituable---metodo-de-refencia---ntc4978-2001.html>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2007). *NTC 5583 - Industrias Alimentarias. Salsas de Frutas*. Recuperado de <https://tienda.icontec.org/gp-industrias-alimentarias-salsas-de-frutas-ntc5583-2007.html>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2011). *NTC 5894. Productos Lácteos. Queso fresco*. Recuperado de <https://tienda.icontec.org/gp-productos-lacteos-queso-fresco-ntc5894-2011.html>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2018). *END 094 - Frutas Frescas. Variedad Aguacate Hass Especificaciones*. Recuperado de <http://www.analdex.org/wp-content/uploads/2016/02/END-094.pdf>

- Meneses, R. M., Estrada, D. M., Chantré, C. A., y López, F. J. (2015). Caracterización en la cadena informal de la leche cruda en el municipio de Popayán. *Biotecnología en el Sector Agropecuario*, 13(2), 130-139. doi: 10.18684/BSAA(13)130-139
- Ministerio de Agricultura y Suministro. (2000). *Instrucción Normativa N° 53 del 29 de diciembre de 2000*. Recuperado de <https://wp.ufpel.edu.br/inspleite/files/2016/03/Instru%C3%A7%C3%A3o-normativa-n%C2%B0-53-de-29-de-dezembro-de-2000.pdf>
- Ministerio de la Protección Social. (2006). *Decreto Número 616 de 2006*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/15425e0f-81fb-4111-b215-63e61e9e9130/2006D616.aspx>
- MiOriente. (26 de agosto de 2017). *Aguacate Hass: futuro de la economía rural en el Oriente*. Recuperado de <https://mioriente.com/secciones/economia/aguacate-hass-futuro-de-la-economia-rural-en-el-oriente.html>
- Portalfrutícola. (12 de junio de 2019). *Generando valor agregado en la industria del aguacate*. Recuperado de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/06/12/generando-valor-agregado-en-la-industria-del-aguacate/>
- Sanchís, E., González, S., Ghidelli, C., Sheth, C., Mateos, M., Palou, L., & Pérez, M. B. (2016). Browning inhibition and microbial control in fresh-cut persimmon (*Diospyros kaki* 'Rojo Brillante') by apple-pectin-based edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 112(1), 186-193. doi:<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1141.38>
- Sandoval, A., Forero, F., y García, J. (2010). *Postcosecha y transformación de aguacate: agroindustria rural innovadora*. Recuperado de file:///C:/Users/X412FA/Downloads/POSTCOSECHADEAGUACATE.pdf
- Universidad EIA. (2014). *Catálogo Virtual de Flora del Valle de Aburrá. Aguacate (persea americana)*. Recuperado de <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/48>

Evaluación del nivel de daño económico por thrips (Thysanoptera) en Aguacate 'Hass' (Persea americana Mill.) en Abejorral, Antioquia

Isabel Álvarez Franco

SENA Centro de la Innovación la Agroindustria y la Aviación, Semillero SIAGRO, Grupo de Investigación GIA, Tecnólogo Producción Agrícola, 3defebrero2015@gmail.com

Pedro Andrés Rengifo Mejía

SENA Centro de la Innovación la Agroindustria y la Aviación, Semillero SIAGRO, Grupo de Investigación GIA, I.A. Esp. GIS Instructor Área Agropecuaria, parengifo66@misena.edu.co

Resumen

En el manejo de plagas y enfermedades del aguacate no se emplean niveles críticos para los thrips en el aguacate 'Hass' propios de la región del estudio, los existentes provienen de otras zonas del mundo, impidiendo su correcto manejo dentro de un programa de manejo integrado del cultivo. El presente trabajo de investigación consistió en la determinación de la evaluación del nivel de daño económico causado por thrips en aguacate 'Hass', mediante la implementación metodológica consistente en el monitoreo de los niveles del daño económico y de los umbrales de acción en un cultivo de aguacate en un predio del municipio de Abejorral en el departamento de Antioquia. Los resultados de este estudio muestran un nivel de daño económico y de los umbrales de acción de 86 thrips., por cada aumento en el nivel de thrips se pierden 2 kilos de aguacate. Por tanto se hace su manejo necesario sugiriéndose el estudio y la implementación de controles mediante el manejo integrado de plagas.

Palabras clave: Manejo integrado de plagas, Nivel de daño económico, Persea americana, Thysanoptera, Umbral de acción.

Introducción

La producción de aguacate en el ámbito mundial se ha venido incrementando de una forma significativa, como respuesta al aumento de la demanda mundial desde hace dos décadas; además, se prevé que para el año 2020 se alcance un nivel de producción que puede estar ubicado entre los 5.7 a 6.5 millones de toneladas...se destaca Estados Unidos como el principal mercado para este tipo de frutal, presentando una tendencia al alza, y proyectándose una demanda, para el 2020, en un rango de 1 a 1.2 millones de toneladas.(Arias et al., 2018).

En los últimos 5 años la producción de aguacate creció 89%, como efecto combinado entre el aumento en el área cosechada (62%) con 20.182 ha para el año 2019 y el rendimiento (17%) con 10 t.. El comportamiento de las exportaciones desde el año 2015 ha mantenido una tendencia creciente, lo cual, se ha visto reflejado en un aumento del 83% respecto a las ventas en el mercado internacional de 2015 y las exportaciones consolidadas del año 2019.(Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

En 2018, la producción mundial del aguacate llegó a más de 6´200.000 toneladas, con un crecimiento de 5,3% promedio anual entre 2014 y 2018 (FAOSTAT, s.f.).

El cultivo del aguacate y especialmente el cultivar 'Hass' con miras a su exportación requiere el cumplimiento de normas fitosanitarias, certificaciones y calidad en el producto, el cual es afectado en su piel por los thrips, así el correcto manejo de las plagas es definido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO (2012) como: un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas aplicables a la producción, procesamiento y transporte de alimentos, orientadas a cuidar la salud humana, proteger al medio ambiente y mejorar las condiciones de los trabajadores y su familia.

El Manejo Integrado de Plagas es definido por la Resolución 30021, Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2017) p 2, como: Un sistema de prevención y control de plagas que, en el contexto del medio ambiente y la dinámica poblacional de las distintas especies de plaga, utiliza herramientas de tipo culturales, físicas, genéticas, biológicas y químicas

con el objeto de mantener las poblaciones de plagas por debajo del umbral de daño económico y con el mínimo riesgo o impacto para las personas, los animales y el medio ambiente.

Sobre el origen de los thrips para Ripa & Larral, (2008) refieren que la especie, *Heliothrips haemorrhoidalis*, es una especie originaria de Brasil y se encuentra presente en Chile hace más de 90 años.

Como plaga en el aguacate se relaciona sobre el ciclo biológico lo siguiente: Morfología Adulto: mide entre 0,3 a 1,4 mm de longitud. Tiene dos pares de alas largas, angostas y con flecos, que pueden llegar a cubrir el abdomen. Los adultos de *H. haemorrhoidalis* tienen la cabeza, el tórax y abdomen de color negro; por el contrario, sus patas, alas y antenas son de color muy claro. Estos insectos se reproducen sin fertilización y cada hembra puede colocar unos 60 huevos. Bernal & Díaz (2005).

Alarcón R. et al. (2012) Mencionan el daño causado por los thrips como el siguiente: La plaga se distribuye en focos y es frecuente encontrar ramas con frutos intensamente atacados mientras el resto del árbol o árboles vecinos están libres de la plaga. Es una especie polífaga, ataca hojas y frutos, causando pérdida de la coloración debido a la alimentación de los estados juveniles y adultos; además, causa un detrimento económico por la decoloración de frutos, que puede variar de pequeñas áreas decoloradas hasta la pérdida completa del color verde, lo cual produce poco interés para el comercio.

INTAGRI además refiere sobre sus daños: Los daños por thrips no demeritan la calidad interna del fruto, pero sí ocasionan mermas en la producción y calidad estética de los frutos. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (2019).

Sobre la agregación de los thrips como plaga, Maldonado Zamora et al. (2017) destacan que: En todos los modelos validados se lograron establecer mapas de agregación de incidencia de la plaga lo que permitió su visualización. Los mapas obtenidos de la superficie infestada en el muestreo por cuadrantes mostraron que las poblaciones de thrips se ubicaron en centros de agregación, lo que indica que la distribución de la plaga se localiza en puntos específicos o focos de incidencia distribuidos en la zona de estudio.

Con referencia a los daños por los thrips en los diferentes niveles de los árboles, Ascención-Betanzos et al. (1999) concluyen: La incidencia de daño en el estrato bajo fue mayor que en los estratos medio y alto ($P \leq 0,05$), es decir, la fruta de la parte baja del árbol fue la más dañada, lo cual pudo deberse a un mayor número de trips localizados ahí, por la adición de thrips provenientes de la maleza cercana a este estrato, o bien, al microhabitat y/o arquitectura particular de esta zona del árbol, que brindaron condiciones favorables para su presencia.

Estudios en California establecen las lesiones a la piel en las frutas de aguacate aunque tiene poco efecto sobre la salud de los árboles, los trips del aguacate se alimentan directamente de frutas inmaduras. La calidad interna de la fruta no se ve afectada, pero las cicatrices obvias de la alimentación causan degradación severa o eliminación de la fruta dañada. Morse, J.G.; Faber, B.A.; Hoddle, H.S. & Eskalen (n.d.)

En un estudio realizado en México, por Cambero, O.; Johansen, R.; Retana, A.; García, O.; Cantú, M. & Carvajal (2010) encontraron: Cerca de 40 especies de thrips, *Frankliniopsis orizabensis* Johansen, 1974 fue la especie más representada (21,7%), seguida de *Pseudophilothrips perseae* (Watson, 1923) (15,2%), y *Frankliniopsis lineatus* Hood, 1949 (14,3%). Necesitándose proyectos de investigación para establecer patrones de comportamiento de estas especies.

Solís Calderón (2016) hace una relación sobre varios aspectos en la ecología de los thrips: Las infestaciones pueden llegar a densidades bastante altas y causar una caída excesiva de flores o deformaciones en los frutos. Dado que estos trips son polífagos, la cantidad que pueda infestar las flores de aguacate depende de las densidades anteriores que se han incubado en otros huéspedes tales como el mango y litchi, que florecen antes del aguacate.

En cuanto a las medidas de control cultural, Mora & Téliz (2007) recomiendan mantener los huertos libres de maleza, pues sirve de refugio o como plantas hospederas alternantes de estos.

El nivel de daño económico, concepto a tener presente en el cálculo de umbrales de daño económico, es según Ríos & Baca (2006) definido como:

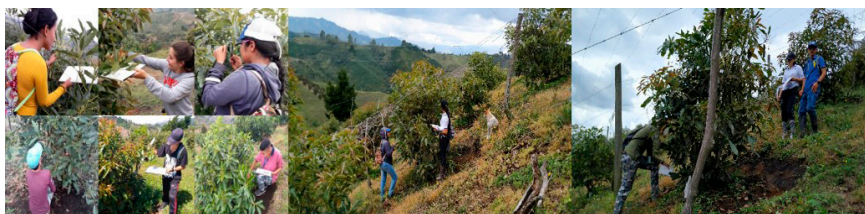
La densidad poblacional de las plagas, donde el valor del rendimiento salvado cubre exactamente los gastos del control; si la densidad de la plaga es menor, no es rentable implementar el control. Umbral económico (UE): Es la densidad poblacional de la plaga donde el productor debe iniciar la acción del control para evitar que la población sobrepase el nivel de daño económico en el futuro. Esto es difícil de estimar, porque depende de la dinámica poblacional de la plaga.

El objetivo del presente estudio de investigación fué el de la determinación de niveles de daño económico por thrips (*Thysanoptera*) en el cultivo de Aguacate 'Hass'.

Metodología

Área de estudio

El área de estudio seleccionada para esta investigación fué la finca San Antonio, ubicada en el municipio de Abejorral, vereda San Antonio en el departamento de Antioquia con las siguientes coordenadas (5°47.049' N, y 75°24.988' W) a una altitud de 2316 m.s.n.m. (figuras 1a, 1b y 1c).



Figuras 1a, 1b y 1c. Monitoreo.

Fuente. Registro propio en el predio

Método de estudio

Investigación aplicada, realizada mediante monitoreos en el lote de un predio de aguacate 'Hass' de 8821 . Se siguió la metodología planteada por Santos Amaya (2010), siendo además complementada con la metodología suministrada por Baddi, M.; Landeros, J. & Cerna (2007)

sobre el nivel de daño económico y como se calcula en base al modelo propuesto por Stone y Pedigo (1972).

La metodología consistió en el cálculo de la nivel de daño económico (NDE) por los thrips, con los datos de costo del control (cultural, biológico o químico), el precio promedio del producto, un coeficiente del daño y establecer el porcentaje de eficiencia del control. Para el Umbral de acción (UA) se emplea el NDE establecido anteriormente, se le resta la tasa de crecimiento de la población plaga (dada por el punto pendiente de la ecuación de daño), multiplicada por el período de muestreo de la plaga y se multiplica por el porcentaje de eficiencia del control.

Metodo de recolección de datos

La técnica de recolección de datos fué por encuestas y planilla de monitoreo, los datos se analizaron mediante la aplicación de las fórmulas establecidas por los autores mencionados y análisis de regresión-correlación empleando el software R y R-Studio versiones 4.0.2 y 1.3.1056 respectivamente, propiedad de R Foundation for Statistical Computing. Ihaka & Gentleman (1996).

Se realizó conteo total de frutos, discriminando los frutos con daño y sin daño (figura 2). La información era consignada en una plantilla de monitoreo, donde se registró para 20 árboles al azar, la presencia de thrips en tres inflorescencias y tres ramas terminales de la parte media de la copa, donde se sacudían sobre una superficie de color blanco que permitiera identificar la presencia de thrips, se contaban los frutos sin daño y con daño por thrips, así mismo se tomó el peso en gramos de tres frutos al azar en el área de la parcela, el precio de la venta del producto aguacate a la fecha, en pesos COP. y si se realizaron aplicaciones de agroquímicos y el nombre del producto, la toma de datos se realizó quincenalmente durante 6 meses, la información recolectada era registrada en una hoja de cálculo, por los aprendices del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).



Figura 2. Daño al fruto ocasionado por los thrips.

Fuente. Foto propia

Resultados y discusión

En la tabla 1, se presentan los valores promedio de infestación, rendimiento y precio de venta observados en este estudio.

Tabla 1.

Promedio infestación de estructuras evaluadas (flores, hojas y frutos) frente al rendimiento y precio de venta del producto.

Período (días)	Promedio Infestación entre estructuras (No. Thrips)	Rendimiento Cultivo (Kg.)	Precio (COP.)
0	31,16	488	\$3.800
15	17,89	1387	\$2.800
45	8,35	405	\$3.200
30	30,37	3602	\$3.200
60	9,44	3332	\$3.200
75	43,47	1808	\$3.200
90	27,57	4187	\$3.200

Período (días)	Promedio Infestación entre estructuras (No. Thrips)	Rendimiento Cultivo (Kg.)	Precio (COP.)
105	171,97	1417	\$3.200
120	174,4	3154	\$3.200
135	74,86	2543	\$3.200
150	131,93	2981	\$3.200
165	45,2	3728	\$3.200

Fuente. Elaboración propia.

Se estableció un modelo de regresión entre el promedio de infestación de las estructuras y el rendimiento del cultivo, cuya ecuación polinómica de grado 2 (ecuación 1), presentó un índice de ajuste altamente significativo R de 0,96, los datos estadísticos resultantes se resumen en el cuadro 1.

Cuadro1.

Estadísticas de la regresión de ajuste entre el promedio de infestación de las estructuras y el rendimiento del cultivo.

Coeficientes	Estimación	Error estándar	Treal	Tcalculado	
Intercepto	697,3395613	166	4,211	0,00227	**
Infestación entre estructuras	2,066736	1,382697	1,495	0,1692	
Rendimiento^2	0,0002158	0,0000144	14,99	0,000000113	***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Error estándar residual: 278.9 en 9 grados de libertad					
R-cuadrado múltiple: 0.9615,	R-cuadrado ajustado: 0.9529				
F-stadístico: 112.3 en 2 y 9 DF, p-valor: 0.0000004318					

Fuente. Elaborado a partir de los datos obtenidos

La ecuación de regresión de ajuste es:

$$Y = 0,0002158X^2 + 2,0667360 + 697,3395613 \quad (1)¶$$

$$R^2 = 0,96¶$$

Ecuación 1. Regresión polinómica grado 2

En la figura 3, se puede observar la gráfica de regresión de la ecuación 1.

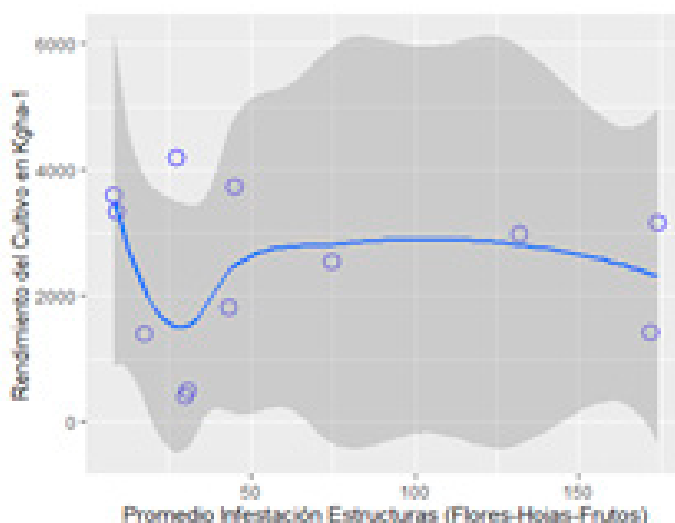


Figura 3. Gráfica de regresión de la ecuación de ajuste.

La ecuación 1, indica que el potencial de rendimiento teórico del cultivo es de 697 kilogramos cuando la población del insecto es cero, cuando el nivel de infestación por thrips aumenta una unidad se corre el riesgo de perder 2 kilos del producto.

El mayor costo en que se incurrió por parte del productor, aplicando productos a base de ingredientes activos como la abamectina, fenaziquin y spiroticlofen (Candonga, Magister, Abafed y Choque como nombres comerciales), con un costo promedio de \$35.776 COP por aplicación y en la frecuencia de una vez al mes durante 6 meses y con un costo del jornal

de \$40.000 COP, es de \$515.426 COP. La tabla 2 presenta la relación entre los thrips (población) y el costo del control químico.

Tabla 2.

Relación entre la densidad de thrips frente al costo del control químico.

Densidad de Thrips en el lote	Costo promedio del control (para 6 meses)
18,7	\$515.426
10,73	\$295.892
18,22	\$502.305
5,01	\$138.105
5,67	\$156.206
26,08	\$719.026
16,54	\$455.977
103,18	\$2.844.242
104,64	\$2.884.418
44,92	\$1.238.166
79,16	\$2.182.111
27,12	\$747.577

Fuente. Elaboración propia.

Se estableció un modelo de regresión, cuya ecuación lineal (ecuación 2), presentó un r^2 de 1, los datos estadísticos resultantes se resumen en el cuadro 2 y son los siguientes:

Cuadro 2.

Estadísticos de la regresión de ajuste entre la densidad de thrips y el costo del control químico.

Coeficientes	Estimación	Error	Treal	Tcalculado	
Intercepto	19,0086	30,1628	0,63	0,543	
Densidad de Thrips X	27565,3258	0,5803	47503,7	<2e-16	***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Error estándar residual: 70.57 en 10 grados de libertad					
R-cuadrado múltiple: 1	R-cuadrado ajustado: 1				
F-stadístico: 2.257e+09 en 1 y 10 DF, p-valor: < 2.2e-16					

Fuente. Elaborado a partir de los datos obtenidos

La ecuación de regresión de ajuste resultante es:

$$Y = 27570X + 19,01 \quad (2)'$$

$$R^2 = 1$$

Ecuación 2. Regresión lineal

Por cada aumento en el nivel de Infestación por unidad de thrips en el campo, los costos de control químico aumentan \$27.570 COP.

Se calculó el nivel de daño económico (NDE) por los thrips, mediante la siguiente ecuación (3), Santos Amaya (2010) y Baddi, M.; Landeros, J. & Cerna (2007).

$$NDE = \frac{\text{Costo del control total a evaluar } (\$COP.ha^{-1})}{\text{Precio promedio } (\$COP.ha^{-1}) \times \text{Daño}(Kg.ha^{-1}.Unidad de infestación) \times \left(\frac{\% de Eficiencia del Control}{100}\right)} \quad (3)'$$

Ecuación 3. Ecuación para determinar el nivel de daño económico

Donde: Costo del control total a evaluar = COP 515.426 Precio Promedio. = COP 3.216 Daño en Kg.Unidad de infestación = 2,06 (ecuación 1)

% Eficiencia del control = Los valores de % de Eficiencia de los productos utilizados, generalmente son: químico 90%, Biológico 70%.

La resolución de la ecuación (3), da como resultado: 86,44 thrips.

El aguacate 'Hass' se encuentra sembrado a 6 m entre hileras por 6 m entre surcos, existen por hectárea 277 plantas (densidad de siembra), esto significa que por cada árbol el nivel de daño económico está en 0,31 thrips.

Se observa que el NDE es afectado por: el precio del producto aguacate, cambios en los precios de los agroquímicos que se aplican, mano de obra y reducción en la eficiencia del control por resistencias que se creen al usar siempre los mismos productos.

Se calculó el umbral de acción, mediante la siguiente ecuación (4), Santos Amaya (2010) y Baddi, M.; Landeros, J. & Cerna (2007).

$$UA = NDE - (m \times \text{período}) \times \left(\frac{\% \text{ eficiencia del control}}{100} \right) \quad (4)$$

Ecuación 4. Ecuación para determinar el umbral de acción

Donde: UA= Umbral de acción; NDE= Nivel de Daño Económico calculado anteriormente = 86,44; m = Tasa de crecimiento de población de la plaga, está dada por el punto pendiente de la ecuación de daño = 0,0002158 (ecuación 1); período = El período de muestreo de la plaga, en este caso sería de 165 días (6 meses).

% eficiencia del control = Los valores de % de Eficiencia de los productos utilizados, generalmente son: químico 90%, Biológico 70%.

Por tanto, el nivel de daño económico es igual al umbral de acción, indicando que cuando se logren niveles de 0,31 thrips por árbol y/o 86 thrips por hectárea se deben iniciar medidas de control.

Hernández (2014), establece que por árbol de aguacate el nivel de thrips es de 10, tomando 4 muestras de estructuras (entre flores y frutos).

En la tabla 3 se observa el comportamiento histórico (10 años) de las variables climáticas en el municipio de Abejorral, esto con el fin de realizar la correlación con el comportamiento de la población de thrips a lo largo de los 6 meses de la realización de los monitoreos. Tabla 3.

Tabla 3.

Comportamiento histórico de las principales variables climáticas en el municipio de Abejorral, Antioquia.

Mes	T_media(°C)	T_min(°C)	T_max(°C)	Precipitación_ (mm)
Ene	16,4	12,4	20,4	105
Feb	16,5	12,5	20,6	113
Mar	16,8	12,8	20,9	177
Abr	16,4	12,7	20,2	252
May	16,6	13	20,3	276
Jun	16,8	12,9	20,7	177
Jul	16,5	12,4	20,7	146
Ago	16,6	12,5	20,7	207
Sep	16,4	12,2	20,6	273
Oct	16	12,3	19,8	312
Nov	16,1	12,3	19,9	276
Dic	16,1	12,4	19,8	169

Fuente. Climate-Data.org (n.d.)

Tabla 4.

Nivel de Daño Económico y Umbral de Acción para Thrips en Aguacate 'Hass' frente a la Precipitación y Temperatura, medias históricas.

Período (días)	Densidad_thrips	T_media(°C)	Precipitación_ (mm)
0	19	16,4	252
15	11	16,4	252
30	18	16,6	276
45	5	16,6	276
60	6	16,8	177
75	26	16,8	177
90	17	16,5	146
105	103	16,5	146
120	105	16,6	207
135	45	16,6	207
150	79	16,4	273
165	27	16,4	273

Fuente. Elaboración propia a partir de los datos de la tabla 3

En la figura 4 se registra además de las variables de la tabla 4, los momentos de aplicación de los insecticidas por parte del productor.

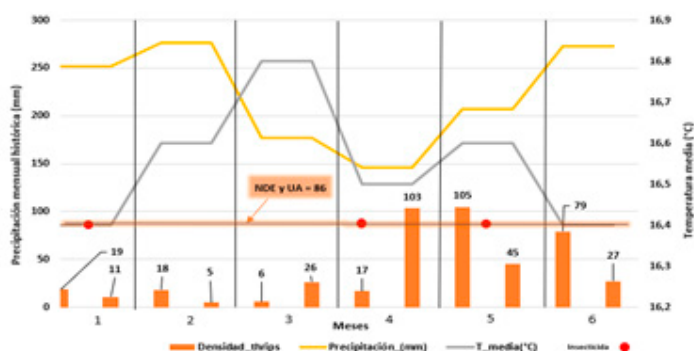


Figura 4. Gráfico Nivel de Daño Económico-Umbral de Acción frente a la densidad de thrips la precipitación y temperatura media histórica en el municipio de Abejorral, Antioquia.

Fuente. Elaboración propia

Se realizó la prueba de correlaciones de Pearson, entre la densidad de thrips, la precipitación y a su vez la temperatura media, presentando los siguientes resultados: Correlación de Pearson entre la densidad de thrips y la precipitación (mm) = **-0.24** Correlación de Pearson entre la densidad de thrips y la temperatura media (°C.)= **-0.16**

La variable con la que más se correlaciona la población de thrips a nivel inverso es con la precipitación (test de Pearson -0,24).

Se resalta que, para el tercer mes la precipitación aumento y la densidad de thrips bajo, esto debido a la aplicación de insecticida realizada a principios de este y que para las siguientes aplicaciones de insecticidas no disminuyó la densidad de la plaga presentándose posibles resistencias por parte de esta. Se observa que la población del insecto está muy poco relacionada con la precipitación y la temperatura no permitiendo inferir que la densidad poblacional dependa del comportamiento tanto de la precipitación como de la temperatura, en una investigación realizada en México sobre las especies de thrips en mango concluyeron que: “La correlación por el coeficiente de Pearson fue muy baja entre las poblaciones con las variables de precipitación y temperatura, lo que indican nula influencia de las variables climáticas sobre la población del insecto” Aguirre U. et al. (2013).

Conclusiones

1. Al finalizar la recolección de datos en la investigación aplicada de thrips en el cultivo de aguacate 'Hass', se pudo hacer un análisis detallado de los mismos donde se determinaron diferentes factores que pueden ser definitivos para conocer el estado del cultivo y poder establecer un correcto plan de acción, en el momento oportuno y así evitar pérdidas económicas.
2. Cuando el nivel de infestación por thrips aumenta una unidad se corre el riesgo de perder 2 kilos del producto, así mismo los costos del control químico se incrementan en \$27.570 COP.

3. Se determinó el nivel de daño económico y umbral de acción, que resultaron muy cercanos, en 86 thrips ha⁻¹, indicando un nivel por hectárea para la toma de decisiones para el uso de medidas de control culturales, biológicas y químicas en el cultivo de aguacate 'Hass'.
4. La variable climática con la que más se relaciona la población de thrips de manera inversa es la precipitación, aunque se propone realizar estudios para corroborar este hecho.

Recomendaciones

Se recomienda adelantar ensayos con diferentes métodos de control dentro de un manejo integrado de plagas, con el fin de analizar el comportamiento y efectos de los niveles de daño económico encontrados en la presente investigación.

Agradecimientos

A los aprendices del Tecnólogo de Producción Agrícola del municipio de Abejorral con número de ficha 1722644 Isabel Álvarez Franco (aprendiz representante del grupo), Daniela Bernal Cortes, Flor Melisa Hernández Rodríguez, Henry Alfonso Aranzazu Pérez, Sergio Stiven Aranzazu Pérez, Angie Paola Restrepo García, Leidy Yohana Aranzazu Chica, María Alejandra Cárdenas Cataño, Marisol Isaza Castaño, Cindy Lorena Ocampo Toro, Henry Mauricio Obando Arboleda, Jefferson Esneider Botero Gutiérrez, Astrid Lorena López Durango, Luis Javier Baena Soto, María Yacqueline Cardona Villa.

Al productor: Luis Eduardo Quintero, Municipio: Abejorral, Vereda, San Antonio, Finca: San Antonio.

Al instructor Giovani Mora, área Ser Emprende Rural del Centro de la Innovación la Agroindustria y la Aviación.

Referencias

- Agricultura y Desarrollo Rural, M. de. (2019). *CADENA DE AGUACATE Indicadores e Instrumentos* (p. 34). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2019-09-30 Cifras>
- Aguirre U., L. A., Miranda S., M. A., Urias L., M. A., Orona C., F., Almeyda L., I. H., Johansen N., R., & Tucuch C., M. (2013). Especies de Trips (Thysanoptera) en mango, fluctuación y abundancia. *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1), 9–12. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v39n1/v39n1a02.pdf>
- Alarcón R., J. J., Arévalo P., E., Díaz J., A. L., Galindo A., J. R., & González, M. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del aguacate Hass Medidas para la temporada invernal* (p. 75). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13508/45181_61379.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arias, F., Montoya, C., & Velásquez, O. (2018). Dinámica del mercado mundial de aguacate. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, 55, 22–35. <https://doi.org/10.35575/rvucn.n55a2>
- Ascención-Betanzos, G., Bravo-Mojica, H., González-Hernández, H., Johansen-Naime, R. M., & Becerril-Román, A. E. (1999). Fluctuación poblacional y daño de trips en Aguacate CV. Hass. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 291–296. http://www.avocadosource.com/WAC4/WAC4_p291.pdf
- Baddi, M.; Landeros, J. & Cerna, E. (2007). Manejo Sustentable de Plagas o Manejo Integral de Plagas Un apoyo al desarrollo sustentable. *CULCyT*, 4(23), 13–30. <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/viewFile/423/403>
- Bernal, J., & Díaz, C. (2005). *Tecnología para el cultivo del aguacate* (p. 241). <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/tecnologacultivoaguacate.pdf>
- Camero, O.; Johansen, R.; Retana, A.; García, O.; Cantú, M. & Carvajal, C. (2010). Thrips (Thysanoptera) del aguacate (Persea americana) en Nayarit, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 36(1), 47–51. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v36n1/v36n1a09.pdf>

- Climate-Data.org. (n.d.). *Tabla climática datos históricos del tiempo Abejorral*. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/antioquia/abejorral-45202/>
- FAOSTAT. (s.f.). Retrieved September 22, 2020, from <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Hernández, H. G. (2014). *Monitoreo de Trips del Aguacate*. Colegio de postgraduados. <http://cesix.inifap.gob.mx/frutalestropicales/biblioteca/manejo/1.pdf>
- Ihaka, R., & Gentleman, R. (1996). R: A Language for Data Analysis and Graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5(3), 299–314. <https://doi.org/10.1080/10618600.1996.10474713>
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2017). *Resolución 30021 de 2017-ICA* (p. 27). <https://www.ica.gov.co/getattachment/9d8fe0fa-66d2-4feb-9513-cbba30dc4844/2017R30021.aspx>
- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura. (2019). *Manejo de Trips en el Cultivo de Aguacate* (p. 7). <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-trips-cultivo-aguacate>
- Maldonado Zamora, F. I., Ramírez Dávila, J. F., Rubí Arriaga, M., Antonio Némiga, X., & Lara Díaz, A. V. (2017). Distribución espacial de trips en aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(4), 845. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i4.259>
- Mora, A., & Téliz, D. (2007). *El Aguacate y su Manejo Integrado* (2 ed.). Mundi-Prensa.
- Morse, J.G.; Faber, B.A.; Hoddle, H.S. & Eskalen, A. (n.d.). *Pautas para el manejo de plagas*. Retrieved June 10, 2020, from <https://www2.ipm.ucanr.edu/agriculture/avocado/avocado-thrips/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. (2012). *Buenas Prácticas Agrícolas para el Productor Hortofrutícola* (p. 84). <http://www.fao.org/3/a-as171s.pdf>
- Ripa, R., & Larral, P. (2008). Trips. In *Manejo de plagas en paltos y cítricos* (pp. 206–219). http://www.avocadosource.com/books/Ripa2008/Ripa_Chapter_08h.pdf

- Ríos, F., & Baca, P. (2006). *Niveles y umbrales de daños económicos de las plagas*. 50. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Santos Amaya, O. F. (2010). *Determinación del nivel de daño económico y la fluctuación poblacional de Neohydatothrips signifer (Priesner 1932). (Thysanoptera: Thripidae) en maracuyá (Passiflora edulis Degener) Var. Flavicarpa en el municipio de Suaza (Huila)* (p. 66) [PhD thesis, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA]. <http://www.bdigital.unal.edu.co/3786/1/07790739.2010.pdf>
- Solís Calderón, P. (2016). *Innovación para la seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y Panamá* (p. 40). INTA. <http://repiica.iica.int/docs/B4226e/B4226e.pdf>

Evaluación de la implementación de los proyectos formativos realizados por aprendices SENA en las mipymes del Municipio de Rionegro

Margarita Cadavid Castaño

SENA, Semillero Gestoring, Instructora Gestión del Talento Humano,
mmcadavid90@misena.edu.co

Gloria Estella Henao

SENA, Semillero Gestoring, Tecnólogo en Gestión del Talento Humano,
ghenao034@misena.edu.co

María José Santa Valencia

SENA, Semillero Gestoring, Tecnólogo en Gestión del Talento Humano,
mjsanta89@misena.edu.co

Resumen

La evaluación de la implementación de los proyectos formativos es un aspecto de gran importancia para el SENA, ya que dentro de sus líneas estratégicas está el impactar las mipymes a través de la formalización de prácticas y el fortalecimiento de sus procesos, contribuyendo así con la competitividad del país y una de las formas que se tienen para lograrlo son los proyectos formativos. Sin embargo, hasta la fecha y de acuerdo con la revisión bibliográfica realizada, no se encontraron datos que permitan evidenciar si dichos proyectos están generando los impactos deseados, por lo que el objetivo de esta investigación es evaluar la implementación de los proyectos formativos por parte de las empresas, tomando para el estudio las mipymes del municipio de Rionegro intervenidas entre 2016 y 2018 en el área de gestión humana, a través de una investigación mixta de tipo descriptivo. La muestra seleccionada correspondió a 30 empresas de las mipymes de Rionegro. Los resultados evidencian avances significativos

en la estrategia del SENA de formación por proyectos, pero a su vez deja retos importantes en cuanto a la mejora en la pertinencia, sistematización y seguimiento de los proyectos formativos por parte de la entidad.

Palabras clave: *Implementación de proyectos, proyecto formativo, mipymes, aprendices, gestión humana, Rionegro.*

Introducción

La formación por proyectos se ha convertido en las últimas décadas en una estrategia de aprendizaje que posibilita a los estudiantes el poder desarrollar y adquirir los contenidos formativos a través de una metodología centrada en la práctica.

Las experiencias realizadas en el ámbito de la Educación Técnica y la Formación Profesional en numerosos países europeos, entre ellos Alemania y Finlandia, o en América Latina el Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA (Colombia) y el Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial-SENATI (Perú), ponen de manifiesto el fuerte impacto de esta estrategia de formación orientada a la acción en virtud de su potencialidad para vincular los procesos formativos con los procesos productivos, facilitar la transferencia de los aprendizajes adquiridos a la evolución de los requerimientos de los puestos de trabajo y, con ello superar la dicotomía tradicional entre lo teórico y lo práctico (Amorós, 2017)

Desde inicios de la década de los años 90, el SENA, con el apoyo de la cooperación internacional de Alemania InWEnt y otros países como Francia, España e Inglaterra han ido desarrollando diversas modalidades y estrategias de acción para mejorar su calidad, para garantizar la pertinencia y oportunidad de la Formación Profesional de acuerdo con las demandas del sector productivo (SENA, 2016).

Es así como el SENA adopta una estrategia que le permite, no sólo impactar la micro, pequeña y mediana empresa a través del fortalecimiento de sus procesos mediante el desarrollo de los proyectos formativos, sino que les permite a los aprendices adquirir conocimientos y habilidades de forma autónoma y orientada a la práctica, además de desarrollar las competencias blandas (SENA, 2013).

Una breve aproximación conceptual a una de las categorías teóricas que fundamentan la investigación es el Proyecto Formativo (PF), articulado con la formación profesional integral que imparte el SENA, bajo el enfoque de competencias como afirma (Tobón, 2010) los PF consisten en:

“Actividades articuladas orientadas a identificar, interpretar, argumentar y resolver uno o varios problemas del contexto, con el fin de favorecer la formación integral y el aprendizaje de competencias de acuerdo con un determinado perfil de egreso, para lo cual se integra el saber ser con el saber hacer y el saber conocer. Para ello, los PF se basan en la metodología general de proyectos, pero con articulación al modelo de competencias y al pensamiento complejo”. (p. 175)

Todo programa formativo en el SENA se ejecuta apoyándose estratégicamente en un proyecto formativo, éste se distribuye en cuatro fases (análisis, planeación, ejecución y evaluación) para facilitar su ejecución y posterior implementación por parte de las mipymes receptoras del proyecto.

Por otra parte, “en un país en donde el 95% de las empresas son micro y 6 de cada 10 son informales”, según datos de (Fernández, 2018, p.4), cobra total sentido y relevancia impulsar la estrategia SENA de impactar las mipymes a través de la formalización de prácticas y el fortalecimiento de sus procesos que redunden en una mayor productividad y crecimiento empresarial, mediante la implementación de los proyectos formativos. Sin embargo, no se identificaron estudios específicos sobre el tema en la entidad, la trazabilidad, seguimiento y control que se le hace a los proyectos es poca, al punto de no contar con un registro de las mipymes

intervenidas por los aprendices en sus proyectos formativos, información relevante para orientar los procesos formativos y realizar acciones de mejora que contribuyan con los objetivos del SENA, en su estructura y fundamentación epistemológica, al proveer formación integral pertinente y de calidad en sus programas de formación e impactar directamente el sector productivo.

Se encontró una aproximación en un informe realizado por el (SENA, 2007), cuyo propósito principal era presentar un informe de avance de la implementación de la estrategia de formación por proyectos en los 22 centros de formación del SENA, dicho estudio está enfocado en dar cuenta del proceso llevado a cabo por cada centro de formación para implementar la formación por proyectos, principales dificultades, necesidades y requerimientos; pero nada relacionado con el impacto en el sector productivo.

Es por esto por lo que se consideró la necesidad de realizar una investigación, que evalúe la implementación de los proyectos formativos realizados por aprendices SENA Centro de la Innovación, La Agroindustria y La Aviación-CIAA, de Gestión del Talento Humano en las Mipymes del Municipio de Rionegro entre 2016 y 2018.

Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica en diferentes sistemas de información como el repositorio institucional del SENA y bases de datos bibliográficas tales como scopus, carrot 2, science direct, google académico, para determinar la existencia de otros estudios afines, sin embargo, no se encontró información relacionada directamente con el objeto de estudio. Por lo tanto, se definió estructurar una investigación mixta de tipo descriptiva la cual se describe a continuación.

La investigación está enfocada a la población de micro y pequeña empresa del Municipio de Rionegro, que recibieron proyectos formativos de gestión humana entre los años 2016 y 2018 encontrando un total de 36 mipymes

para esa población, teniendo en cuenta un nivel de confianza del 95% y un error máximo del 7%, se estableció una muestra efectiva de 30 empresas.

La recolección de la información se realizó entre los meses de marzo y julio de 2019.

Con relación a la investigación cuantitativa, para la aplicación de la encuesta se utilizó un instrumento aplicado a través de telemercadeo el cual se iba diligenciando por parte de los encuestadores en un formulario de Google drive, las variables de análisis son específicamente: variables de caracterización de la empresa: tamaño de la empresa, número de empleados, actividad económica, tipo de persona jurídica, trayectoria de la empresa, contexto geográfico. Variables de caracterización de los encuestados: nivel académico del gerente de la empresa y del encargado de las actividades de gestión humana. Y variables de estudio: procesos estratégicos de la empresa y estructuración del área de gestión humana.

Con relación a la investigación cualitativa, se aplicó una entrevista semiestructurada a los gerentes o administradores de las mipymes, persona a persona, cuyas categorías de análisis estuvieron enfocadas a indagar sobre el año en el que se les hizo entrega del proyecto formativo, implementación del proyecto y su justificación, subprocesos implementados e importancia y pertinencia del proyecto formativo.

Resultados y discusión

Se realizó una caracterización de las mipymes del municipio de Rionegro en las cuales se desarrollaron proyectos formativos de gestión humana encontrando que el 60% de las empresas son pequeñas como lo muestra la figura 1. La principal actividad económica de las mipymes corresponde al sector servicios con un 63% como se muestra en la figura 2.

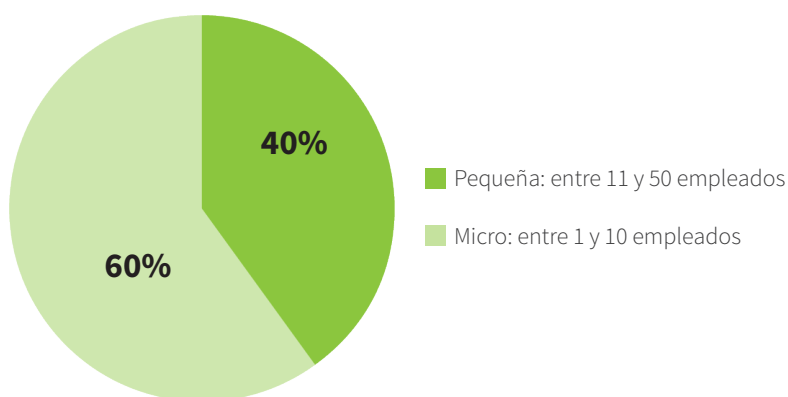


Figura 1. Distribución de las mipymes. Cadavid et al.(2020).

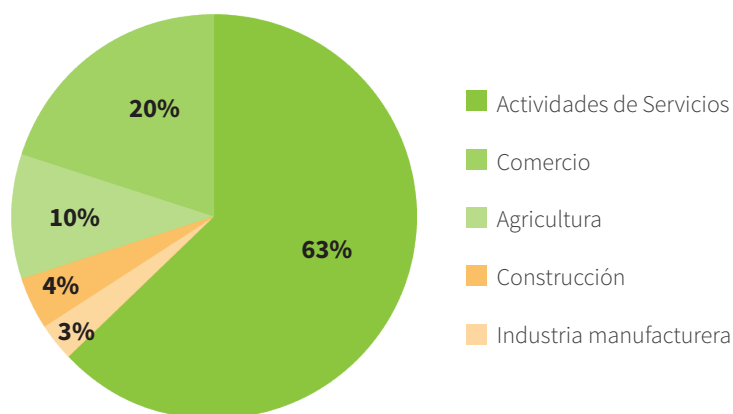


Figura 2. Actividad económica de las mipymes. Cadavid et al. (2020).

Las mipymes evaluadas son en un 78% empresas familiares como se ve en la Figura 3 y en cuanto al tiempo que llevan activas en el mercado, la mayoría cuenta con trayectoria superior a 10 años, cuya distribución se encuentra representada en la Figura 4.

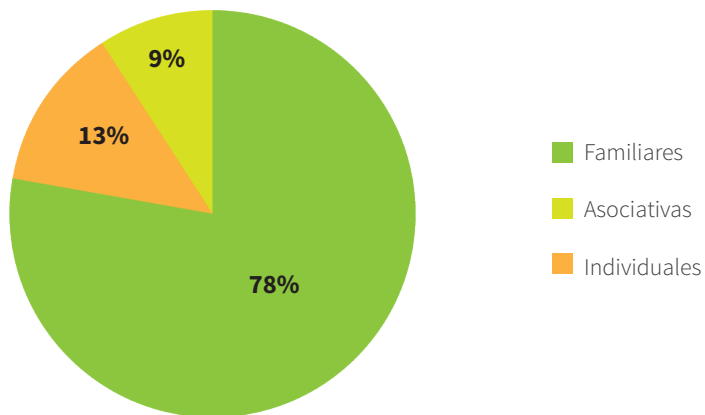


Figura 3. Tipo de empresa. Cadavid et al.(2020).

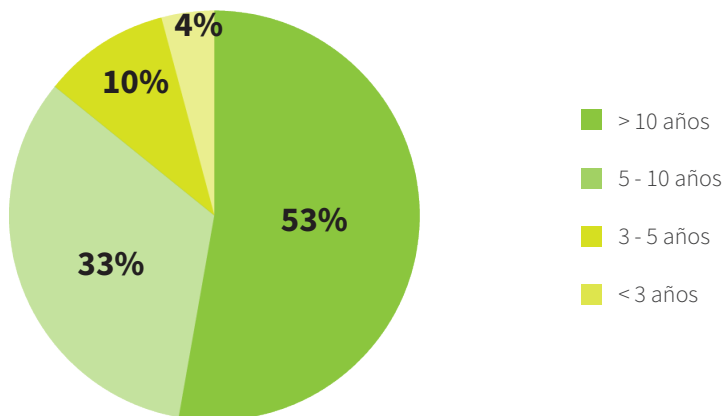


Figura 4. Tiempo de existencia en el mercado. Cadavid et al.(2020).

El alcance de la actividad económica de las mipymes es un 41% local tal como se muestra en la Figura 5.

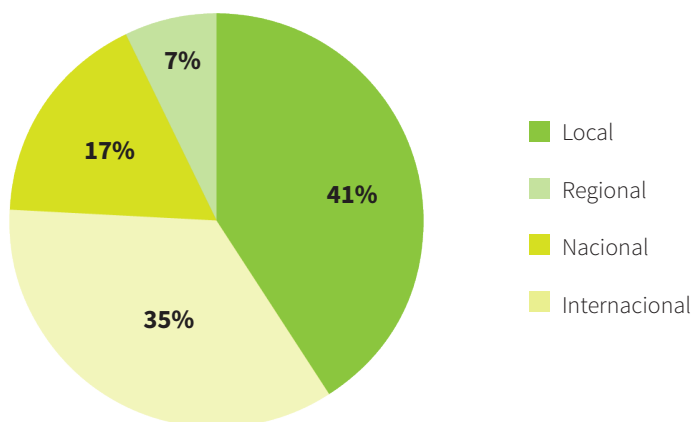


Figura 5. Alcance de la actividad económica. Cadavid et al.(2020).

El nivel académico de los gerentes o administradores de las mipymes es un 63% profesional como se muestra en la Figura 6. El 66% de las empresas no cuenta con área de gestión humana como lo indica la Figura 7 y sólo el 37% de las empresas cuenta con una persona competente para desarrollar, implementar y darle seguimiento al área de GTH como se evidencia en la Figura 8.

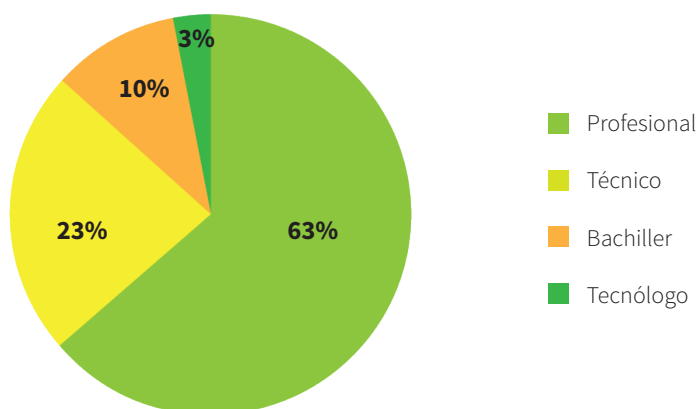


Figura 6. Nivel académico de los gerentes o administradores de las mipymes. Cadavid et al.(2020).

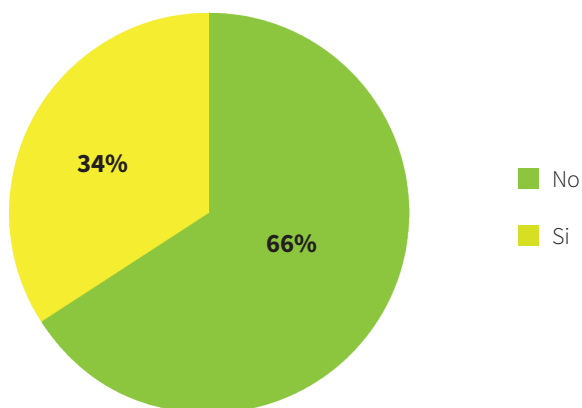


Figura 7. Mipymes con área de gestión humana. Cadavid et al. (2020).

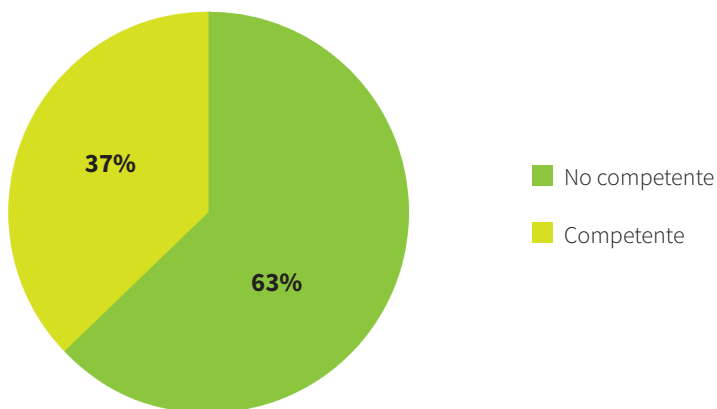


Figura 8. Mipymes con personal competente para el desarrollo de actividades de GH. Cadavid et al. (2020).

El porcentaje de implementación de los proyectos formativos en las mipymes arrojó un 60%, al cruzar este resultado con los datos de la caracterización se evidencia que las mipymes que cuentan con área de gestión humana son las más tendientes a implementar los proyectos formativos, así como las que realizan actividad económica a nivel internacional y nacional, es decir que las que menos implementan son las locales y que no cuentan con área de gestión humana.

También se pudo evidenciar que las empresas que llevan entre tres y diez años en el mercado tienden a implementar más el proyecto formativo, en comparación con las que apenas están surgiendo o llevan más de diez años en el mercado. Igualmente, las mipymes cuyo responsable de las actividades propias de gestión humana tiene un nivel académico inferior a profesional tienden a implementar más el proyecto.

Las principales razones argumentadas por los empresarios para la implementación del proyecto fue el poder cumplir con requerimientos legales laborales en el tema de nómina, contratación y seguridad y salud en el trabajo; el mejoramiento del clima laboral al adoptar actividades de bienestar para sus empleados y la formalización del proceso de gestión humana.

El 40% que no implementó el proyecto formativo argumentó como principales causas la falta de acompañamiento por parte de aprendices e instructores, la falta de claridad o desconocimiento de cómo implementar el proyecto al no contar con un experto en el tema dentro de la organización y la poca pertinencia de éste con las necesidades particulares de la organización.

En cuanto a la pertinencia generada por los proyectos, entendida ésta como la relevancia y adecuación de la propuesta presentada y partiendo de las relaciones extractadas de las entrevistas, se puede decir que el concepto de pertinencia de los proyectos, parte de la idealización que cada empresario tiene de ella, merced a la experiencia individual. Así pues, el concepto de pertinencia se mueve entre la importancia que la empresa le da al tema de gestión humana, el interés y motivación que tienen por formalizar sus prácticas y fortalecer sus procesos y la necesidad de acompañamiento y seguimiento, no sólo en la formulación de la propuesta, sino en la implementación ya que las empresas en su mayoría desconocen o no cuentan con los recursos suficientes para estructurar y/o mejorar sus procesos administrativos.

Conclusiones

La estrategia de aprendizaje por proyectos del SENA se convierte en un componente clave para afrontar los cambios en las demandas del sector productivo, ya que permite, a través de la gestión y desarrollo de los proyectos formativos dar una respuesta puntual a las necesidades del entorno, sin embargo se hace necesario acompañar más a los empresarios en la implementación de los proyectos, dado que éstos no cuentan, en su mayoría con los conocimientos necesarios, por lo que algunos proyectos se quedan sólo en propuestas; una manera de apoyarlos en dicha implementación podría ser articulando las empresas receptoras del proyecto con los servicios ofrecidos por el consultorio empresarial del SENA.

El porcentaje de implementación de los proyectos formativos en las empresas evaluadas fue del 60% lo que da cuenta de avances significativos en la estrategia del SENA de formación por proyectos, pero a su vez deja retos importantes en cuanto a la mejora en la pertinencia, sistematización y seguimiento de los proyectos formativos por parte de la entidad, así como avanzar en investigaciones que permitan identificar el impacto de la formación por proyectos y el uso y grado de transferencia de las competencias en los contextos laborales por parte de los aprendices, con el fin de conocer hasta qué punto la estrategia de formación por proyectos está alineada con las demandas del entorno laboral.

Se hace necesario por tanto ahondar en una investigación que permita identificar no sólo la pertinencia, calidad e impacto de la formación por proyectos, sino también obtener información sobre el uso y grado de transferencia de las competencias en los contextos laborales, la relación entre lo aprendido y el desempeño de una actividad laboral, con el fin de conocer hasta qué punto la estrategia de formación por proyectos está alineada con las demandas del entorno laboral y realizar los ajustes pertinentes.

Se evidencia además la necesidad de hacer una adecuada selección de las empresas a intervenir con los proyectos formativos, en las que confluyan tres variables consideradas críticas para el éxito en la implementación del proyecto: la importancia que las mipymes le dan al tema de gestión humana, la motivación e interés que tienen por formalizar sus prácticas en

esta área y la necesidad de acompañamiento en la formulación y puesta en marcha del proyecto.

Por último, se considera importante establecer prácticas de sistematización, seguimiento y control al desarrollo de los proyectos formativos a fin de evidenciar el aporte y transformación que desde el SENA se hace al sector productivo.

Referencias

- Amorós, A. (2017). Los desafíos didáctico-pedagógicos de la Educación técnica/Formación Profesional del siglo XXI. *Rutas de Formación*, 5(1), p. 9 – 15. doi: <https://doi.org/10.24236/24631388.n5.2017.1301>
- Cadavid, M., Henao, G., & Santa, M., (2020). Figuras caracterización de las mipymes del Municipio de Rionegro que recibieron proyecto formativo de gestión humana entre el año 2016 y 2018.
- Fernández, C. (2018). Informalidad empresarial en Colombia. *Fedesarrollo*, 76 (1), 4 -9. Recuperado de https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3698/WP_2018_No_76.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA .(2013). *Proyecto Educativo Institucional* (Versión 1.0). Recuperado de file:///C:/Users/X412FA/Downloads/2013_Direccion_de_Formacion_Profesional.pdf
- Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. (2007). *Formación por proyectos comercio y servicios : informe de avance de la implementación de la estrategia de formación por proyectos en los 22 centros de formación del SENA*. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11404/2525>
- Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. (2016). *Reporte de datos de formación profesional en Colombia 2016*. Recuperado de http://observatorio.sena.edu.co/Content/pdf/reportes_de_datos_bibb.pdf
- Tobón, S. (Ed.).(2010). *Formación integral y competencias: Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación*. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4575/457545095007.pdf>

Las orquídeas y su acción parasitaria, un nuevo cambio en su apreciación tradicional

Yeider Gutiérrez Novoa

*Servicio Nacional de Aprendizaje, GRUINVCAM, LÍDER SENNOVA,
ygnovoa@sena.edu.co*

Resumen

A partir de la enorme variedad de especies de orquídeas en el mundo y su demanda en el mercado de flores exóticas, anudado a la relevancia ecosistémica que se le atribuye y la vulneración en su establecimiento natural (Salazar y Cancino, 2012). Es pertinente estudiar sus comportamientos y analizar lo que tradicionalmente se difunde como el concepto de plantas epifitas, aduciendo la particularidad de asociarse con una planta hospedera sin generar lesión alguna, situación que se generaliza en los temas relacionados a la interacción de la orquídea con su planta hospedera. Por lo tanto, se planea proporcionar un nuevo contexto de análisis sobre la relación biológica orquídea-hospedero que permita una nueva mirada en esta temática, determinando el real compromiso que genera la permanencia de una planta de tipo orquídea sobre su planta hospedera, situación que se aborda bajo una metodología de evaluación de artículos a partir de sus diferentes aspectos de relevancia, como su originalidad, calidad general, nivel académico, pertinencia, actualidad del tema, entre otros. En este sentido, Granados, López y Hernández (2003), afirman que las plantas epifitas como las orquídeas, presentan adaptaciones morfofisiológicas

dependientes del forofito u hospedero, la cual varía dependiendo de su altura, textura, arquitectura y su condición perenne o caducifolia, además de las condiciones propias del ambiente donde se desarrollan. Esta premisa permite inferir la dependencia individual de la orquídea sobre el forofito, lo cual cuestiona el tipo de asociación simbiote que se le atribuye y además permite comenzar a proponer un proceso de contextualización, de la realidad de la acción ejecutada por la orquídea sobre su planta hospedera, llevando finalmente a la construcción de una nueva forma de ver la acción de la orquídea como parasitaria, si se comprende minuciosamente las interacciones moleculares, ecosistémicas y de tipo biológico que se establecen, permitiendo un nuevo cambio en la apreciación tradicional que se le otorga.

Palabras clave: *Forofito, simbiote, parasitosis, epifitas, causalidad.*

Introducción

Las orquídeas en el mundo representan una gran diversidad biológica con 35 mil especies la familia Orchidaceae, de las cuales en Colombia se encuentran 4 mil, las cuales demuestran morfológicamente una gran capacidad evolutiva; sin embargo, se encuentran en peligro de extinción debido a factores múltiples como la intervención antrópica con fines urbanísticos, el incremento de la frontera agrícola y la sobre utilización de recursos con fines lucrativos (Salazar et al., 2012). Sin embargo, las características que se aprecian en las diferentes especies de orquídeas como sus variados colores, sus diversas formas o estructuras, el agradable olor y la belleza paisajística, son indudablemente las causantes de su demanda en el comercio de flora del país.

Según Mejía y Pino (2010), la mayoría de orquídeas son epifitas que se posan sobre otras plantas; otras son rupícolas que crecen sobre las rocas y algunas terrestres, de manera que presentan ciertas características de dependencia, como la fijación en determinado sustrato, para lograr su

desarrollo adecuado. No obstante, es necesario contextualizar la acción de las plantas pertenecientes a la familia Orchidaceae, ya que se asume que su implantación sobre una planta hospedera, no trae repercusión alguna para esta, además de llegarse a mencionar la condición de un relacionamiento interespecífico de connotación simbiote, de esta manera el objetivo de la revisión de literatura es proporcionar un nuevo contexto de análisis sobre la relación de la planta orquídea y su hospedero, la cual puede generar alteraciones de tipo biológico ya que se están desconociendo diferentes características sobre este tipo de relacionamiento biológico que merecen ser analizados a la luz del conocimiento científico.

Metodología

La metodología para la evaluación de artículos que permitieron proporcionar un nuevo contexto de análisis sobre la relación de la planta orquídea y su hospedero, dirigió el proceso a la búsqueda de diferentes bases de datos bibliográficos de la web como Scopus, Elsevier, Scielo, Google Scholar, Dialnet principalmente, los cuales entregan artículos indexados, siendo el número de artículos de revisión para el desarrollo del tema de 30 referencias, el 96% fueron artículos en español, un 73% para artículos con mínimo 10 años de publicación, el 30% para artículos de 5 años de publicados y 20% de artículos científicos del año 2019. De acuerdo con Garcés y Duque (2007), en el proceso de selección, análisis y evaluación de artículos de revisión se tuvo en cuenta los criterios de calidad, nivel académico, originalidad, aporte al conocimiento, claridad en la presentación, redacción de ideas, pertinencia, dominio de bibliografía, así como también el grado de conocimiento del autor entre la orquídea y la planta hospedera, teniendo en cuenta el conocimiento científico.

Desarrollo del tema

La imposibilidad de entrar en contacto con algo sin cambiarlo

En la catedra tradicional de las plantas epifitas como las orquídeas, se describe su interacción biológica como benéfica en su totalidad, así como

el riesgo de extinción al que se enfrentan estas epífitas por la insuficiente información que se tiene de ellas (Orta y López, 2013). Según Martínez, Araujo, Ramos, Giraldo y Moreno (2017), las funciones ecológicas de estas epífitas como el flujo de servicios ecosistémicos, la regulación hídrica y el incremento de la masa vegetal en el dosel de los árboles. La *Cyclopogon comosus* es una especie de orquídea clasificada como epífita facultativa, es decir que puede usar sustrato de los árboles o el suelo (Cascante y Trejos, 2019), esta capacidad facultativa no la tienen la mayoría de las orquídeas, además no representa peligro alguno para la supervivencia de su planta hospedera y su acción mecánica sobre la hospedera no tienen afectación.

Por lo anterior es discutible mencionar desde la visión de la termodinámica, que este tipo de afirmación es inválida, ya que los cambios o pérdidas de energía son evidentes cuando dos plantas interactúan entre sí. Con respecto a Gómez (2016), sí se aprecia la entropía como un aspecto cualitativo en su génesis para la producción de energía libre se debe comprender que esta energía proviene de un nivel inferior –planta hospedera–, siendo este nivel el prerrequisito para el traspaso de energía a niveles superiores, lo mismo que sucede en los niveles tróficos explicando la pérdida de energía de un ser a otro. Por lo tanto desde la visión de Rodríguez (2004), el principio de la causalidad explica mejor las interacciones entre dos o más situaciones, en la relación de dos aspectos a analizar, siempre se muestra la dependencia de uno sobre otro, siendo comprensible que el segundo aspecto –planta epífita—es necesariamente apreciable solo a partir de la primera establecida, en este sentido, no es posible establecer un efecto sin una causa que lo genere, y la presencia del segundo aspecto o situación siempre es dependiente de la primera. Este último argumento permite dilucidar que, si hay dependencia del segundo aspecto en relacionamiento, que en este caso es la planta epífita, pues la relación es más de carácter parasitario para esta, ya que sin la hospedera no hay desarrollo de la misma.

En este sentido, Pacheco, Mera y Salini (2019), establecen que los sistemas naturales se encuentran supeditados a cambios irreversibles y constantes de acuerdo a sus procesos de interacción, esto se denomina fenómeno de irreversibilidad. Todo en el universo presenta cambios irreversibles una vez ocurre una interacción con otro componente del sistema, de esta manera

se comprende que la interacción entre la orquídea y el forofito conllevaría a cambios irreversibles, a cambios que se están dando sin lugar a dudas.

Además, debe soportarse la argumentación, sobre las orquídeas como parásitas dependientes de un sustrato y con capacidad alterante del área utilizada de la planta hospedera, así mismo que necesita utilizar ciertos componentes, que adquiere de la interacción entre ella y la planta hospedera, siendo pertinente que en lo referido al campo molecular, las interacciones entre materia y energía, siempre están presentes, y que negarlas se convierte en una falacia argumentativa, si se desconoce la física de partículas. Rabanal (2019), describe que la evolución biológica parte de una molécula con elevada reactividad o energía potencial U , si esta molécula biológica entra en contacto con su medio o cualquier componente del mismo reaccionará con otras moléculas y transferiría parte de su energía potencial inicial hacia otros sistemas, de esta manera cualquier interacción con otros sistemas genera movimiento, transformando la energía potencial en energía cinética E_k , de esta manera, las moléculas con energía potencial tienden a disminuir la energía, mostrando la segunda ley de la termodinámica aplicada a sistemas biológicos.

Según Giribet (2004), el principio de incertidumbre de Heisenberg, demuestra ampliamente que todo tiene cambios, inclusive en el estudio realizado sobre algo en particular, este último es alterado, sin embargo este principio aplica, en los procesos de interacción de partículas fundamentales como los fermiones, pero su postulación fue con base a las partículas fundamentales virtuales, las cuales viven en un tiempo supeditado a la violación de la energía en la cantidad que su propia existencia demanda –tiempo relativamente muy corto–. En términos de electrodinámica cuántica, se argumenta que los fotones virtuales deben su presencia o manifestación, a la violación de la conservación de la energía, que solo ocurre en un periodo de tiempo protegido por el principio de incertidumbre, de esta manera calcular su tiempo de viabilidad es relativo, pero permite comprender que desde partículas subatómicas y constitutivas de la materia que componen todos los seres vivos y los factores abióticos, muestran un intercambio de energía para poder manifestarse o simplemente existir, si esto ocurre con estas partículas que

lo forman todo, es fácilmente apreciable que el principio es el mismo y que solo basta con aplicarlo a escalas mayores de estructura biológica, como es el caso de la relación orquídea-planta hospedera.

Efecto parásito de las orquídeas sobre las plantas hospederas

Se pretende a continuación introducir unas líneas sobre la acción parasitaria de las orquídeas, que permita entregar un nuevo contexto de análisis de la relación entre la orquídea y su planta hospedera. De acuerdo con lo expuesto por Ocampo (2014), el relacionamiento entre dos organismos donde uno de ellos depende de manera temporal o permanente a nivel nutricional o para garantizar su supervivencia, se denomina parasitismo, Apt (2014), en la parasitosis de dos organismos se aprecia la tríada ecológica conformada por parásito –la Orquídea–, hospedero –planta de soporte– y ambiente –donde ocurre la interacción–, Rico (2011), destaca que el parasitismo como interacción ecológica, garantiza que el parásito se beneficie de los recursos que reúnen el hospedero, este suceso ha venido ocurriendo a través de la historia, con cambios genéticos que entrelazan mejor dicho proceso, (Anderson, 1991, como se citó en Rico (2011), afirma que la interacción del parásito y hospedero coevolucionan dinámicamente, perfeccionando su interacción. Por lo anterior, se asume que la relación establecida por el parásito y el hospedero puede ser tan sutil y acorde a millones de años de evolución, pero que no deja de ser una interacción parasitaria, ya que la finalidad de este nunca es llevar a la muerte al hospedero por que limita su desarrollo final.

No obstante, en lo indicado por Granados et al., (2003), en la relación de las orquídeas como epifitas y la planta hospedera o forofito, no todos los árboles proporcionan un sustrato eficiente, ya que solo muy pocas epifitas logran colonizar las partes blandas del árbol y con condiciones de sombrero ideales, siendo lo ideal para estas, las cortezas lesionadas o resquebrajadas, cubierta por líquenes y musgo, siendo adecuado para el establecimiento del material germoplásmico y las esporas de estas epifitas. En este sentido es apreciable; que en la definición morfofisiológica de las orquídeas epifitas, se menciona que no todos los árboles ofrecen condiciones de calidad en el sustrato, si en realidad no necesitaran más que soporte, ¿Por qué?, se afirma la necesidad de sustratos de mayor calidad ofrecida por el forofito,

además afirman que las epifitas en preferencia logran implantación, en cortezas de árboles con lesiones y de preferencia áreas reblandecidas, para de este modo lograr acceder mejor al forofito --árbol hospedero-- , si solo hablamos de sostenerse en cierta parte del árbol; qué necesidad hay de encontrar un ambiente, con una lesión adecuada y con un porcentaje de humedad alto, así como de partes blandas de un árbol para poder fijarse, en el análisis respectivo, una superficie blanda significaría la facilidad de abrasión o penetración, sea a un nivel casi imperceptible, situación que no es así, ya que se evidencia la adhesión fuerte con solo ver este tipo de acontecimiento en la naturaleza, en síntesis se evidencia que las áreas de implantación deben cumplir con ciertos factores que favorezcan a la orquídea y que afectan al hospedero si se analiza de manera adecuada. En lo que respecta a Primavera (2013), afirma que las orquídeas viven exitosamente adheridas a las ramas a través de su aparato vegetativo el cual se encuentra modificado en comparación de las plantas terrestres, las hojas suculentas capaces de almacenar el agua, tallos modificados a pseudobulbos para contener reservas de la planta, raíces portadoras del velamen –vaina esponjosa que acumula agua– y su tejido exterior para el equilibrio hídrico y captura de iones necesarios para su desarrollo.

Así mismo, Orta et al., (2013), en su estudio de interacción orquídea forofito, reveló que el 81,2% del total de las orquídeas analizadas prefieren una corteza lisa en el árbol, el 10,7% corteza rugosa y un 8,1% con una corteza semirugosa que son los menos encontrados. Lo anterior revela que la orquídea necesita atravesar la corteza y fijarse, así mismo la corteza afecta dependiendo de su estructura la eficiencia de la orquídea para utilizar los nutrientes de la planta.

De acuerdo con Woda, Huber y Dohrenbusch (2006), en árboles con características estructurales como una copa densa y un tronco cubierto por corteza dura y lisa que se fracciona en unas placas, afectan el crecimiento de plantas epifitas, esto a razón de la competencia por luz del dosel del árbol denso y las condiciones que evitan la adherencia de las raíces de la epífita. Por lo tanto, la distribución de las plantas epifitas depende para su supervivencia, de la textura del hospedero, la porosidad de la corteza del árbol, pH del medio donde se adhiere, cantidad de luz disponible y la humedad (Gil y Morales, 2014). Siendo los anteriores requisitos

indispensables para un establecimiento satisfactorio de una planta epífita, donde revela que la facilidad para penetrar la corteza es necesaria, así como el pH del área del árbol adherido, lo cual revela el intercambio de sustancias entre ambos seres vivos, donde indiscutiblemente no hay solo una fijación con el árbol hospedero.

También, García y Damon (2013), mencionan que en la producción de frutos de las orquídeas, esta puede ser limitada a partir de factores como la ausencia de polinizadores, la depredación de herbívoros o herbivoría y principalmente la limitación en los recursos de la planta madre. No obstante, Zárate, Moreno y Torres (2019), establecen en el estudio de forofitos para líquenes cortícolas en Colombia, una identificación como líquenes epífitos, y se describen como líquenes que se ubican en los árboles, siendo estos últimos utilizados como sustrato. Permitiendo identificar qué el termino epífito; aplicado a estos líquenes que a la observación directa parecen solo cubrir ciertas partes del árbol con una delgada capa son catalogados como capaces de alimentarse del árbol que los beneficia. Por lo tanto, las orquídeas en su tamaño y estructura, que vincula además un hongo para facilitar su capacidad de absorción de nutrientes, deben demandar una mayor cantidad de estos de su hospedero.

Igualmente, las orquídeas para su sobrevivencia, realizan una relación simbiótica con hongos, donde sus raíces hospedan hifas de estos hongos, los cuales se extienden por las raíces de la orquídea y son estos hongos, los que realizan la degradación de nutrientes del sustrato y su absorción, de esta manera es necesario el hongo, tanto en la germinación, como en las etapas de crecimiento de la planta (Granados et al., 2003), según Mosquera, Bayman y Otero (2010), es apreciable en las orquídeas una relación micorrizica obligada de tipo micosimbionte, en particular con el género *Rhizoctonia*, al igual que sus teleomorfos –estructura sexual-- de los géneros *Ceratobasidium*, *Tulasnella*, *Thanatephorus* y *Sebacina*. Por lo anterior es posible establecer que la relación micosimbionte, que ya se desarrolla entre la orquídea y el hongo; impide una nueva asociación simbiótica entre orquídea y forofito, lo cual es un aspecto que se fundamenta en su análisis tradicional ecosistémico, al destacar la simbiosis como la relación de la orquídea y el forofito. Además, si las orquídeas no necesitan nada del forofito

–planta hospedera—, debe explicarse por qué el hongo colabora en la degradación de nutrientes del sustrato y la absorción, si están unidos la orquídea y el hongo que ya son un solo organismo, de esta manera la acción del hongo sobre el sustrato –forofito-- para obtener nutrientes, es responsabilidad de la orquídea al considerarse un organismo micosimbionte.

Es así, como las acciones del hongo ya son parte fundamental de la orquídea y aunque el hongo puede ser saprofito con la orquídea, se convierte en patógeno, de acuerdo a su naturaleza con el forofito, ya que solo el beneficio para ambos seres asociados, lo puede entregar a la relación catalogada como simbiosis, aspecto que no ocurre entre la orquídea y la planta hospedera, Camarena (2001) afirma que, los hongos ejecutan una serie de estrategias para destruir rápidamente las células y disminuir con esta misma velocidad, el grado de defensa de la planta hospedera, mitigando los efectos de defensa de la planta, siendo exitoso el hongo como parásito, al enfrentar eficientemente, estas defensas mientras se alimenta. Asimismo, se entiende la acción parasitaria de los hongos, sobre plantas hospederas y los métodos mediante los cuales, vulnera a la planta para la obtención de nutrientes, destacando que la orquídea en su acción de simbiosis con el hongo, forman un ser vivo más eficiente y que su asociación con el hongo, la hace partícipe de las acciones que este realice para la obtención de nutrientes del sustrato, también la presencia de la orquídea en el área parasitada del árbol, incrementa los niveles de humedad, lo que favorece la presencia del hongo asociado, generando daños sobre la estructura del árbol en el área específica de adhesión. También, Perazzo y Rodríguez (2019), destacaron la capacidad de resistir de algunos líquenes epífitos crustosos, los cuales por su fuerte adherencia en el sustrato son capaces de evitar la ignición en los eventos de incendios de bosque. Por lo que la íntima relación entre el forofito y su huésped determina la sobrevivencia del huésped basado en la utilización del sustrato.

En la relación hongo y orquídea en las células corticales de las raíces de la orquídea el hongo forma una estructura llamada pelotón o enrollamiento de hifas, pero en muchos casos registrados, las orquídeas forman una relación tan íntegra con el hongo que se llega a considerar

que la planta es la que parasita al hongo mismo, donde la energía de la planta es insignificante en su aporte, pero si la del hongo hacia ella (Mosquera et al., 2010). Esta es una nueva mirada a comprender que la planta se comporta como parasitaria y que la simbiosis no es posible ni su comportamiento epífita.

Vector para plagas y enfermedades

De acuerdo con Bueso (2018), la orquídea *Chaetanaphotrips orchidi* le fue detectado desde el año 2016 un insecto llamado Trips, que es una especie polífaga, que pasa de la orquídea a los árboles cítricos generando en los frutos estética, afectando el valor comercial y el sector citrícola lo cual muestra otra posibilidad de alteración o lesión a los árboles hospederos y el entorno. Además, en lo reportado por Catalán, Urbaneja y Tena (2019), el trips de la orquídea *Chaetanaphothrips orchidii* (Moulton) (*Thysanoptera: Thripidae*), desde su aparición ha venido incrementando la lesión en los cítricos, con una amplia distribución, por lo tanto, se adelantan protocolos de manejo integrado de plagas formulados por el grupo de Entomología del Instituto Valenciano de investigaciones Agrarias -IVIA- en España.

Se han encontrado más de 33 diferentes enfermedades en los tipos de orquídeas denominadas como *Angraecoides spp*, *Cattleya spp*, *Cymbidium spp*, *Dendrobium spp*, *Miltonia spp*, *Odontoglossum spp*, *Oncidium spp*, *Paphiopedilum spp*, *Phalaenopsis spp*, *Vanda spp*, etc., enfermedades como *Fusarium oxysporum Schltdl* causante de la pudrición negra en base de plantas, el *Gloeosporium sp*, que afecta las hojas, entre otras enfermedades causadas por hongos y *Pectobacterium cypripedii* pudrición suave en hojas, tallo y bulbos como enfermedad bacteriana y ciertos virus como el *Cymbidium mosaic potexvirus* (Villalobos, Cárdenas y Cordero, 2009). En este sentido, se analiza la posibilidad de transferir enfermedades a la planta hospedera. No obstante, López, Greslebin, González y Belén (2012), mencionan la acción de un basidiomicetes causante de la pudrición blanca, como un hongo simbionte degradador de madera, que genera condiciones de humedad adecuadas y temperatura que van degradando la lignina y la celulosa del árbol; esto claramente deteriora el árbol en cuestión. Asimismo, Rivera y Corrales (2007), clasificaron las enfermedades en las orquídeas en tres categorías; las letales, degenerativas y las de

impacto reducido, siendo la mayoría de las letales de acción micótica ya que se aislaron 18 géneros de hongos, dos de Oomycetes, dos de Mixomycetes, cuatro bacterias, un alga y dos virus siendo estos ultimo los causantes de síntomas como anillos cloróticos, anillos necróticos, estrías foliares y el variegado de flores. Por lo tanto, la conexión entre orquídea y forofito permitirá la facilidad en la migración de las enfermedades propias de la orquídea, causando lesiones al árbol por el contacto establecido.

Discusión

Las interacciones tales como la fijación de la orquídea sobre la hospedera, el intercambio de nutrientes y los cambios moleculares que ocurren, llevan en la planta a la respuesta hipersensitiva como mecanismo de defensa de la planta hospedera, de esta manera, no mencionar que existe un daño molecular en el tejido de la planta hospedera, es desconocer los procesos de interacción entre hongos y plantas. Según Camarena (2001), la respuesta que realiza toda planta hospedera resistente a la invasión de hongos es la activación de la muerte celular rápida, esto se conoce como respuesta hipersensitiva (RH) la cual es modulada por genes de resistencia específica al parásito, este tipo de mecanismos de defensa con capacidad de ubicuidad es similar a la muerte celular programada –apoptosis-- (Ryerson, 1996), citado por (Camarena, 2001), destaca que, en la reacción de defensa de la planta, es inducida por el rompimiento del ADN de la planta hospedera en partículas internucleosomales, activando un proceso multicatalítico similar a lo visto en la apoptosis animal.

Además, y de acuerdo con (Álvarez y Sánchez, 2009) citado por (Gómez, Lindig y Val, 2015), explican que las micorrizas en la asociación simbiótica establecida con las plantas permiten resistencia a la sequía por el crecimiento en la capacidad de exploración del sustrato a un nivel que la planta no logra por si sola. Lo que permite inferir que este tipo de asociación que realiza la orquídea con la micorriza está incrementando la capacidad de obtención de nutrientes del sustrato, que en este caso es la planta hospedera, lo cual le genera a esta última pérdida en su homeostasis natural.

Por tanto, cualquier tipo de alteración por pequeña que sea, tiene una repercusión molecular y es un detonante a una cascada de respuesta mediada por un sistema de regulación fisiológico, que en la afección mínima genera cambios en la tonalidad de la estructura del forofito (planta hospedera) y en el peor de los casos a la muerte del tejido. Según Ramírez y Rodríguez (2012), cualquier agente patógeno, la colonización de plantas por diferentes agentes y la lesión directa de herbívoros inducen la resistencia sistémica adquirida (SAR) de la planta que recibe el daño o el estímulo, esto genera una liberación de compuestos como proteínas relacionadas a las patologías, por lo que la acción de aprensión de la orquídea, los daños por humedad, hongos y plagas pueden estar generando lesión a las plantas hospederas.

Conclusiones

Al finalizar la revisión de literatura se proporciona un nuevo contexto de análisis sobre la relación orquídea-forofito a través de la construcción de una nueva mirada al relacionamiento realizado por la orquídea y su planta hospedera, de la que necesita para garantizar su existencia, utilizando del forofito sus nutrientes, condiciones de estructura, ubicación espacial y protección del entorno agresivo de la naturaleza, comprendiendo que su accionar sobre el árbol, genera intercambio de energía y tendiente a la entropía, además de alterar el área que utiliza de soporte y sustrato, llevando a un nivel de humedad mayor, que reblandece la superficie, garantizando la implantación, pero lesionando a la planta a nivel celular, activando la reacción de defensa y control, expresada en la muerte celular rápida, así como el cumulo de posibles plagas y enfermedades que pueden ser transmitidas y con las que debe sobreponerse el forofito (planta hospedera), además de exponer, que el árbol no necesita de la orquídea para su subsistencia, mientras para la orquídea es fundamental y que esta relación sí representa una afectación para la planta hospedera.

Referencias

- Apt, W. L. (2014). Infecciones por parásitos más frecuentes y su manejo. *Revista Médica Clínica Condes*. 25 (03),485-528. doi: 10.1016/S0716-8640(14)70065-3
- Bueso, G. (2018). El trips de la orquídea se extiende por el territorio citrícola valenciano. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*,301 (01),18-19. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6964333>
- Camarena, G. (2001). Señales entre hongos patógenos y plantas hospederas resistentes.*Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 01 (07),15-19. Recuperado de: <file:///C:/Users/X412FA/Downloads/62970103.pdf>
- Cascante, A. y Trejos, C. (2019). Diversidad y vulnerabilidad de la flora orquídeológica de un bosque montano nuboso del Valle Central de Costa Rica. *Lankesteriana*.,19 (01), 31-55. doi: 10.15517/lank.v19i1.37031
- Catalán, J., Urbaneja, A. y Tena, A. (2019). Primeros pasos para la gestión integrada del trips de la orquídea, Chaetanaphothrips orchidii. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*. 307 (01),24-31.Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6858214>
- Garcés, J. E. y Duque, E. J. (2007). Metodología para el análisis y la revisión crítica de artículos de investigación. *Innovar*, 17(29),184-194. Recuperado en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-50512007000100011
- García, A. y Damon. A. (2013). Abundancia, distribución en los forófitos y producción de frutos de la primera población de *Telipogon helleri* (Orchidaceae) descubierta en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84 (03), 894-900. doi: <https://doi.org/10.7550/rmb.33703>
- Gil, J. y Morales, M. (2014). Estratificación vertical de briófitos epífitos encontrados en *Quercus humboldtii* (Fagaceae) de Boyacá, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 62 (02), 719-727.doi: 10.15517/rbt.v62i2.8482

- Gómez, J. C. (2016). La termodinámica: una herramienta para el análisis en química de alimentos. Colombia. *UG Ciencia*, 22 (01), 173-192. doi: <https://doi.org/10.18634/ugcj.22v.1i.511>
- Gómez, M., Lindig, R. y Val, E. (2015). Efecto de la sequía en la relación simbiótica entre *pinus pseudostrobus* y *pisolithus tinctorius*. *Botanical Sciences*, 93 (4), 731-740. doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.193>
- Granados, D., López, G. F. y Hernández, M. A. (2003). Ecología de las plantas epifitas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 09 (02), 101-111. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/629/62913142001.pdf>
- Giribet, G. E. (2004). Sobre el principio de incertidumbre de Heisenberg entre tiempo y energía: una nota didáctica. *Revista Mexicana de Física*, 51 (01), 23-30. Recuperado de: https://rmf.smf.mx/pdf/rmf-e/51/1/51_1_23.pdf
- López, S. N, Greslebin, A. G., González, S. B. y Belén, M. (2012). Efecto del potencial agua y de la defensa primaria del hospedante sobre el crecimiento de *Amylostereum areolatum* y *A. chailletii*, simbiontes fúngicos de los sirícidos, y estudio de la microbiota asociada a la madera de coníferas en Patagonia, Argentina. *Bosque*, 34 (02), 161-171. doi: 10.4067/S0717-92002013000200005
- Martínez, J. M., Araujo, J., Ramos, I., Giraldo, C. y Moreno, J. C. (2017). Evolución de la población de la orquídea gigante (*Himantoglossum robertianum*) en la Comunidad de Madrid. *Conservación Vegetal*, 21 (01), 07-11. Recuperado de: <https://revistas.uam.es/conservacionvegetal/article/view/9058>
- Mejía, H. y Pino, N. (2010). Diversidad de Orquídeas Epifitas en un bosque húmedo tropical del departamento del Choco, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 15(02), 37-45. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/9377>
- Mosquera, A., Bayman, P. y Otero, T. (2010). *Ceratobasidium* como hongo micorrízico de orquídeas en Colombia. *Acta Agronómica*, 59 (3), 316-326. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v59n3/v59n3a07.pdf>

- Ocampo, N. (2014). Generalidades de los parásitos. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Sistema de Universidad Virtual*. Recuperado de: http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Bach_Virt/CE101/Materiales_Unidad_1/Act.1.7_Lectura_Generalidades_de_los_Parasitos.pdf
- Orta, S. y López, P. J. (2013). Patrones que caracterizan la relación orquídea-forofito en la Reserva de la Biosfera “Sierra del Rosario”. *Avances*, 15 (03), 253-264. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5350892>
- Pacheco, P. R., Mera, E. M y Salini, G. A. (2019). Medición Localizada de Contaminantes Atmosféricos y Variables Meteorológicas: Segunda Ley de la termodinámica. *Información Tecnológica*, 30 (03), 105-116. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300105>
- Perazzo, A. y Rodríguez, J. M. (2019). Impacto del fuego sobre la vegetación no vascular del suelo: un caso de estudio en los bosques de *Polylepis australis* (Rosaceae) del centro de Argentina. *Fundación Miguel Lillo; Lilloa*, 56 (02), 67-80. <http://dx.doi.org/10.30550/j.lil/2019.56.2/6>
- Primavera, I. (2013). Novedades en orquídeas para Uruguay: segunda contribución. Plantas epífitas. *Agrociencia Uruguay*, 17 (01), 22-35. Recuperado de: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2301-15482013000100003&lng=es&nrm=iso
- Rabanal, J. (2019). Contribución a la teoría termodinámica de la evolución biológica. *Momento*. 01 (58), 34-45. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/mo.n58.66345>.
- Ramírez, M. y Rodríguez A. (2012). Mecanismos de defensa y respuestas de las plantas en la interacción micorrícica: una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14 (1), 271-284. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v14n1/v14n1a25.pdf>
- Rico, G. (2011). The evolution of host-parasite interactions: coevolution, sexual selection and other suggested theories. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 14 (02), 119-130. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262011000200013

- Rivera, G. y Corrales, G. (2007). Problemas fitosanitarios que amenazan la conservación de las orquídeas en Costa Rica. *Lankesteriana International Journal on Ochidology*, 07 (1-2), 347-352. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44339813071>
- Rodríguez, L. (2004). La Causalidad. *Revista CONAMED*, 9 (3), 26-30. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4051811>
- Salazar, S.A y Cancino, G.O (2012). Evaluación del efecto de dos suplementos orgánicos en la germinación in vitro de orquídeas nativas de la provincia de Pamplona, Colombia. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14 (01), 53-59. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/31703>
- Villalobos, J. L., Cárdenas, F. A. y Cordero, J. M. (2009). Lista de enfermedades de los cultivos agrícolas y forestales de Costa Rica. *Ministerio de agricultura y ganadería servicio fitosanitario del estado diagnóstico fitosanitario*. https://www.sfe.go.cr/LabDiagnostico/Lista_de%20enfermedades_de_los_cultivos_de_CR.pdf
- Woda, C., Huber, A. y Dohrenbusch, A. (2006). Vegetación epífita y captación de neblina en bosques siempreverdes en la Cordillera Pelada, sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 27(03), 231-240. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002006000300002>
- Zárate, N., Moreno, M. y Torres, A. (2019). Diversidad, especificidad de forófito y preferencias microambientales de líquenes cortícolas de un bosque subandino en la región Centro de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43 (169), 737-745. doi: 10.18257/raccefyn.886

Tendencias en Instrumentación y Control de Procesos

Martha Lucía Rodríguez López

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Semillero de Electricidad, Tecnología en Electricidad Industrial, mlrodriguez@misena.edu.co

Resumen

Este documento presenta las tendencias relacionadas con la Instrumentación y el Control de Procesos. Se presentan las políticas estatales que sirven de apoyo a la incorporación de estas tecnologías, por parte del Sena y de las empresas del sector industrial.

A través de revisión bibliográfica se explora el grado de desarrollo a nivel mundial de este campo, y cómo se pueden implementar a nivel local. Al final del documento se enumeran algunas actividades que se pueden desarrollar en el centro de formación para facilitar a instructores y aprendices conocer las tecnologías para aplicar en negocios de economía naranja o industria 4.0. y se comentan los avances en formación complementaria y titulada que realiza la institución para actualizar su oferta educativa en relación con estas tecnologías.

Palabras clave: *Ciudad inteligente, control de procesos, industria 4.0, Instrumentación industrial.*

Introducción

El Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA está encargado de cumplir la función que le corresponde al Estado de invertir en el desarrollo social y técnico de los trabajadores colombianos, ofreciendo y ejecutando la formación profesional integral, para la incorporación y el desarrollo de las personas en actividades productivas que contribuyan al desarrollo social, económico y tecnológico del país (SENA, 2019).

Para los siguientes cuatro años, el SENA está llamado a apoyar la promoción de la Economía Naranja y la Industria 4.0. La primera se relaciona con la creación, producción y comercialización de bienes o servicios de carácter cultural y creativo. Mientras la segunda, se refiere a la incorporación de tecnologías basadas en la nube para soportar procesos de manufactura industrial.

En este documento se presentan las tendencias tecnológicas relacionadas con el campo de la Instrumentación y Control de Procesos. Su grado de desarrollo a nivel mundial y cómo se pueden implementar a nivel local. También se presentan las políticas estatales que sirven de soporte a la apropiación de estas tecnologías. Con el fin de informar a los miembros de la comunidad educativa del Centro de la Innovación, la Agroindustria y la Aviación del SENA y a las empresas industriales de la región del oriente antioqueño acerca de las tecnologías disponibles en relación con este tema.

Al final del documento se exponen algunas actividades que se pueden desarrollar en el centro de formación para facilitar que instructores y aprendices conozcan las tecnologías que pueden aplicar en negocios de economía naranja o industria 4.0.

Metodología

Para responder la pregunta ¿cuál es la tendencia global y local de la instrumentación industrial y el control de procesos? Se realizó la revisión bibliográfica en dos niveles.

Primero se revisaron los Planes de Desarrollo del gobierno nacional y del Servicio Nacional del SENA, para identificar políticas públicas que facilitan a las empresas la apropiación de estas tecnologías.

Luego se realizó la revisión de bibliografía científica de 30 artículos disponible en ScienceDirect, Scopus y Virtualpro, accesibles desde el sitio web de la biblioteca del SENA, con el fin de identificar las tecnologías relacionadas con el campo de la instrumentación y el control de procesos, que se implementan actualmente a nivel mundial.

Después de delimitar el contexto nacional e internacional, se discuten las actividades que se pueden llevar a cabo dentro del SENA para acercar a los aprendices e instructores al concepto y uso de estas tecnologías.

Desarrollo del tema

Contexto nacional

El plan estratégico del SENA se basa en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) para el cuatrienio 2018-2022, y señala como sus pilares: la doble titulación, brazo operativo de la economía naranja, sistema nacional de cualificaciones y transformación empresarial a través de la industria 4.0. (SENA, 2019).

El PND define la economía naranja como “actividades relacionadas con la creación, la producción y la comercialización de bienes y servicios basados en contenidos intangibles de carácter cultural y creativo, que en muchos casos pueden protegerse por los derechos de propiedad intelectual. Las actividades que conforman la economía naranja se pueden clasificar en desarrollos, productos o servicios que hacen parte de las artes y el patrimonio cultural material e inmaterial, las industrias culturales y las creaciones funcionales” (Departamento nacional de planeación, 2019).

En el “Pacto por el emprendimiento, la formalización y la productividad” se trazan los lineamientos para alcanzar una economía dinámica, incluyente y sostenible. Para ello, se requieren procesos productivos competitivos que incorporen tecnologías de vanguardia que maximicen la producción,

reduciendo los costos. Así mismo, se requieren hombre y mujeres capaces de operar, programar y crear dicha tecnología: la llamada Industria 4.0. El Plan Nacional de Desarrollo (PND) hace énfasis en las estrategias para dinamizar la productividad de la Colombia rural, donde la agricultura de precisión ofrece un paquete de tecnologías que pueden impulsar la competitividad que este sector requiere (Departamento nacional de planeación, 2019).

El PND señala “para aumentar la productividad, Colombia debe sofisticar y diversificar su aparato productivo. Así mismo, debe fortalecer la capacidad técnica de las empresas no solo para buscar y seleccionar tecnología, sino también para transferirla y absorberla, así como generar y adoptar innovación” (Departamento nacional de planeación, 2019). Las tecnologías denominadas Industria 4.0, como Big Data, Internet de las Cosas, Inteligencia Artificial, Realidad Aumentada, Machine Learning y Block Chain, están ayudando a las empresas de los países desarrollados para incrementar su productividad, y comienzan a ser incorporadas en las grandes empresas colombianas. El reto es capacitar personal técnico que lleve estas tecnologías a las pymes de la región del oriente antioqueño, para que se beneficien con las capacidades que ofrece la computación en la nube.

Uno de los objetivos del PND2018-2022 es “Fomentar la transferencia y adopción de conocimiento y tecnología orientada a la eficiencia en productos y procesos en las empresas”. En relación con la promoción y adopción de tecnologías de frontera, el PND señala las siguientes tareas para el SENA, en cooperación con otras entidades estatales (Departamento nacional de planeación, 2019):

- Liderar el programa de manufactura avanzada que busca desarrollar tecnologías asociadas a la Industria 4.0 (internet industrial de las cosas IIoT, big data, inteligencia artificial, robótica, manufactura aditiva impresión 3D, nanotecnología, materiales avanzados y compuestos y realidad virtual y aumentada).
- Fortalecer las capacidades de los Centros de Desarrollo Tecnológico e Innovación, y Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación.

El PND propone conectar el Eje Cafetero y Antioquia con los mercados domésticos e internacionales, generar plataformas que promuevan la competitividad de los productos, y promover la modernización del transporte y la logística. Para lograr lo anterior, los sistemas informáticos desempeñan un rol importante como medio de transparencia y acceso a la información, aumentando la eficiencia de la logística del sector transporte. Se requiere infraestructura tecnológica moderna que reemplace las formas de control presencial, recolección y análisis de datos convencionales (Departamento nacional de planeación, 2019).

En cuanto a la agricultura de precisión el PND señala que MinAgricultura, en coordinación con MinTIC, desarrollará e implementará una estrategia de transformación digital rural que permita: conectividad rural digital; adopción de nuevas tecnologías en la cadena de valor agropecuaria, creación de aplicaciones móviles para comercializar productos agropecuarios; promoción de empresas orientadas a servicios complementarios como Internet de las Cosas, análisis de Big Data, drones e Inteligencia Artificial (IA). (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2019).

Contexto internacional

Las ciudades inteligentes (Smart cities) son ecosistemas complejos, donde el uso eficiente de la energía se hace indispensable. La red eléctrica debe ser más inteligente para que responda con eficiencia y fiabilidad ante las demandas energéticas de los consumidores (Kimani et al., 2019).

Una red eléctrica inteligente maximiza la generación, transmisión, distribución y uso final de la energía eléctrica; conecta la red con los proveedores del servicio, los gestores de operaciones y el mercado eléctrico, aumentando la eficiencia. Al tiempo que minimiza pérdidas, apagones y sobrecargas, y permite la interconexión de diferentes fuentes de energía tradicionales y alternativas (Kimani et al., 2019). Esta inteligencia se alcanza gracias al despliegue de sensores capaces de medir, vigilar y comunicar datos de los componentes de la red; permitiendo detectar sutiles patrones de funcionamiento que indiquen posibilidad de falla. Esta información se usa para tomar decisiones y aplicar acciones de auto reparación dentro de una plataforma IIoT.

Dada la dependencia energética de todos los agentes que conforman la fábrica o ciudad inteligente, es imperativo mantener la red eléctrica libre de ataques cibernéticos, implementando mecanismos que garanticen la identificación (quién es el usuario en la red de trabajo), la autorización (actividades que se permite al usuario dentro del sistema), accesibilidad (mecanismos que permiten al usuario acceder siempre a los recursos autorizados), confidencialidad (solo personal autorizado acceder a datos) e integridad (solo propietarios de la información pueden modificarla o eliminarla) (Mbarek, Ge, & Pitner, 2020).

Industria 4.0

Oztemel & Gursev definen Industria 4.0 como “metodología para generar una transformación desde la manufactura dominada por las máquinas a la manufactura digital”. Para lograrlo cada industria debe revisar sus requerimientos y potencialidades para generar el mapa de ruta hacia una industria 4.0 estándar. Es obvio que los sistemas de manufactura futuros tendrán una nueva visión de lo que son productos, inteligencia, comunicaciones y redes de información. Esto pone mucha presión en las personas que trabajan en el sector manufactura para aprender, entender, diseñar e implementar procesos de transformación (Oztemel & Gursev, 2018).

El Foro Económico Mundial elaboró un reporte basado en el punto de vista de 800 expertos en temas relacionados con Industria 4.0. El informe señala que el número de robots usados en manufactura se incrementará drásticamente, abriendo las puertas a humanos supervisados por “jefes robots”, Internet Wearable (Internet usable), Smart Factory (fábrica inteligente), máquinas que cooperan, sistemas que toman decisiones autónomamente, Machine Learning (aprendizaje de máquina), el uso de impresoras 3D que fabrican objetos de uso diario, entre otros (Oztemel & Gursev, 2018).

Internet de las Cosas (IoT) es una de las tecnologías Industria 4.0. IoT permite a las máquinas comunicarse entre ellas, generando ambientes de manufactura libres de humanos, es decir “Autónomos”. Los Sistemas Ciberfísicos (Cyber Physical Systems CPS) son otra tecnología 4.0, los

CPS se definen como tecnologías transformadoras para administrar sistemas interconectados entre los activos físicos y las capacidades computacionales. Cuando se juntan IoT, CPS y las comunicaciones M2M (machine to machine) se generan sistemas de manufactura autónomos, robustos, ágiles y con capacidades inteligentes (Oztemel & Gursev, 2018).

La Industria 4.0 llevará en el futuro próximo a la implementación de Dark Factory. Las fábricas a oscuras (dark Factory) hacen referencia a plantas de producción completamente automatizadas por robots, donde no es necesario ni un ser humano, y por ello pueden permanecer a oscuras. La propuesta suena atractiva para los empresarios, sin facturas por iluminación o climatización, producción sin interrupción 24/7, sin disputas laborales y menos reprocesos. Este concepto formará parte de lo profundos cambios sociales que se avecinan (Oztemel & Gursev, 2018).

Algo de Historia

La primera revolución industrial fue la introducción de la producción mecánica en la segunda mitad del siglo XVIII. Desde 1875 la energía eléctrica y la división del trabajo llevaron a la segunda revolución industrial. Después de 1970, los avances en electrónica y tecnologías de la información dan lugar a la tercera revolución industrial con la automatización de los procesos de producción. En 2011, una iniciativa alemana de agremiaciones académicas, políticas y económicas promueven la idea de digitalización junto con comportamiento autónomo de las máquinas, y lo denominan Industria 4.0, la cual busca procesos de producción más rápidos, más flexibles y más eficientes, con bienes de alta calidad (Oztemel & Gursev, 2018).

Aunque el término Industria 4.0 fue acuñado en Alemania. Muchos países han orientado esfuerzo para alcanzar la transformación digital. En Estados Unidos, AT&T, Cisco, General Electric, IBM e Intel fundaron en 2014 el Consorcio de Internet Industrial (IIC Industrial Internet Consortium) para orientar esfuerzos en la conexión de plantas y maquinaria a las tecnologías de la información. IIC influyó a muchas de las actuales líderes de Internet de la Cosas en EEUU (Oztemel & Gursev, 2018).

Taiwan en su plan de desarrollo, lidera el proyecto un Silicon Valley para Asia, y se encuentra actualizando su industria hacia Smart Machinery (maquinaria inteligente), promueve el desarrollo de soluciones de hardware, estimula la producción de Smart cities; y especialmente se enfoca en IoT para soportar desarrollo de carros autónomos, big data, logística inteligente, computación en la nube y manufactura avanzada (Oztemel & Gursev, 2018).

Las compañías japonesas lanzaron la iniciativa cadena de valor en la industria (Industrial Value Chain Initiative). Esta iniciativa busca crear estándares internacionales para conectar las fábricas usando tecnologías de la información, pasar de las Intranets a Internet. Los japoneses le apuntan a una nueva era de manufactura humana impulsada por Internet de las Cosas. Creen que es un paso adelante hacia la “Sociedad 5.0”, la cual definen en su Plan de Ciencia y Tecnología como una sociedad centrada en los humanos, que balancea las ventajas económicas con la resolución de problemas sociales, integrando los espacios físicos con los ciberespacios (Oztemel & Gursev, 2018).

Korea del Sur introduce en su plan de gobierno la Estrategia Innovación en la Manufactura 3.0, que busca integrar las tecnologías de la información con la manufactura de productos, para obtener la producción inteligente. Mientras que china generó una estrategia industrial de tres etapas, para llevar al país de la “esponja de la innovación” al “liderazgo de la innovación”. La innovación, en este contexto, trata de satisfacer las necesidades no satisfechas de los consumidores o de impulsar la eficiencia en la fabricación (Oztemel & Gursev, 2018).

La Industria 4.0 tiene como objetivos:

- Estandarización de los sistemas y creación de una arquitectura de referencia, donde diferentes fabricantes y compañías sean interconectadas e integradas.
- Gestión eficiente de los complejos sistemas en las futuras plantas de producción.

- Establecimiento de una infraestructura de redes de comunicación de banda ancha confiable para industria 4.0.
- Garantizar plantas de producción protegidas contra accesos no autorizados, y seguras para las personas y el medio ambiente.
- Organización del trabajo, cambio de entornos, automatización, gestión de personal y producción verde.
- Aprendizaje a lo largo de la vida. Las empresas tienen la obligación de entrenar a sus empleados a través de programas de desarrollo profesional para ayudarlos a desarrollar nuevas competencias.
- Creación de un marco regulatorio de la organización, con estándares de supervisión y control.
- Incrementar la eficiencia en el uso de nuevos recursos (materiales, tecnologías y procesos), al tiempo que reduce la contaminación ambiental.
- Sistemas autónomos con mínima interacción con humanos.
- Interacción entre productos y procesos.
- Análisis Big Data orientada a la manufactura.
- Adaptabilidad y flexibilidad ante los cambios en sistemas interoperativos.

Componentes de la Industria 4.0

Redes eléctricas inteligentes (Smart Grid)

Smart Grid aprovecha la capacidad de computación y comunicación para el control optimizado de la generación, transmisión y consumo de la energía eléctrica. La Big Data permite analizar los hábitos de consumo eléctrico de los usuarios, las mediciones del factor de potencia y las mediciones inteligentes de consumo. Este último relacionado con la posibilidad de medir las fechas y horas de mayor o menor consumo para ajustar los precios en el mercado eléctrico. Analizando los datos de la Smart Grid se puede identificar elevadas cargas reactivas, patrones de

consumo, maneras más eficientes de conectar generadores de fuentes alternativas, líneas de transmisión con alta probabilidad de falla, opciones de actualización, transformación y mantenimiento (Chen et al., 2014).

Sistemas ciberfísicos (CPS Cyber Physical Systems)

Surgen con la integración de procesos físicos y la computación para controlar la reacción del sistema ante perturbaciones internas o del entorno. Estos objetos ciberfísicos combinan dispositivos embebidos con sensores y redes digitales para crear complejos ciberespacios. Los CPS se han desarrollado en tres fases: la primera incluye tecnologías de identificación como las etiquetas RFID, la segunda incluye sensores y actuadores con funciones limitadas; en la tercera fase los equipos son capaces de almacenar y analizar los datos.

Los CPS permiten monitorear procesos, ser aplicados en diferentes entornos para generar sistemas a gran escala, integrar diferentes disciplinas en diferentes dominios, confiabilidad efectiva de los procesos, interacción entre usuarios, supervisión del desempeño de los empleados, configuración en tiempo real, toma de decisiones de forma automática, sistemas distribuidos interconectados (Oztemel & Gursev, 2018).

Pero aún, los CPS implican riesgos de seguridad, los cuales se agravan con su uso generalizado (Dang, Merieux, Pizel, & Deulet, 2018). Estos problemas se pueden resolver usando aplicaciones en la nube, dónde además de procesar grandes volúmenes de datos, se pueden implementar mecanismos de seguridad para los dispositivos que se conectan a la nube.

Agentes móviles

El concepto de agente móvil surgió al interior del campo de la Inteligencia Artificial, se trata de aplicaciones informáticas que ejecutan tareas en paralelo (al mismo tiempo) basadas en entidades autónomas denominadas Agentes. Y se dicen que son “móviles” porque tienen la capacidad de migrar a través de la red. Se ejecutan de forma autónoma y pueden cooperar con otros agentes. Estas características les permiten reconfigurarse para ejecutar otras tareas, e incluso, transformarse en nuevos agentes móviles (J. Wang et al., 2017).

Los agentes móviles son autónomos, inteligentes, adaptables, reconfigurables dinámicamente, cooperativos, e ideales para aplicaciones basadas en la nube y distribuidas geográficamente. A diferencia del modelo Cliente-Servidor, dónde los clientes se comunican únicamente con el servidor, quién a su vez, almacena, procesa y toma decisiones. En el modelo de Agentes Móviles, la información y las tareas se distribuyen a través de la red, pudiendo ser procesados por cualquier agente autorizado; reduciendo el tráfico en la red y el ancho de banda requerido. Lo que favorece a los clientes con conexiones intermitentes. Además permite crear nuevos agentes y actualizar sus tareas en tiempo de ejecución. Los agentes móviles muestran inteligencia aplicando reglas fijas a su capacidad de razonar, planear y aprender. En ambientes dinámicos, los agentes móviles adaptan su comportamiento para adquirir nuevos conocimientos y habilidades que mejoran su desempeño (J. Wang et al., 2017).

Comunicación entre máquinas

La comunicación Machine to Machine (M2M) hace referencia a la comunicación directa entre máquinas, como sensores, actuadores o microprocesadores. Para ello, se usa un canal, generalmente inalámbrico, y un dispositivo inteligente capaz de procesar los datos de los demás equipos conectados a la red, y enviar mensajes de texto o correos electrónicos como alertas hacia dispositivos móviles (Oztemel & Gursev, 2018).

Smart factories

La manufactura inteligente (smart manufacturing) busca optimizar la producción, usando intensivamente la automatización, a través de la producción completamente flexible, adaptando el principio “Plug and Play” usado en informática al nuevo término “plug and produce”. Estas empresas también se denominan “dark factories”, empresas que pueden funcionar a oscuras porque no hay humanos interviniendo en los procesos, todo es hecho por sistemas robóticos. Pero estos conceptos van más allá, en realidad hacen referencias a líneas de producción que se adaptan al nuevo producto, y máquinas que se reconfiguran a sí mismas en segundos para cumplir una función completamente diferente (Oztemel

& Gursev, 2018). Smart manufacturing es un paradigma basado en datos, que promueve la transmisión e intercambio de información en tiempo real a través de redes, con el objetivo de crear manufactura inteligente a través de todos los aspectos de la fábrica (O'Donovan et al., 2015).

Realidad Aumentada

La visión de los sistemas físicos del mundo real son combinados con imágenes generadas por computador para generar una realidad enriquecida que favorece el diseño de productos y los sistemas de producción en la manufactura inteligente. Ayudando a detectar errores en etapas tempranas del producto y a entrenar los sistemas (Oztemel & Gursev, 2018).

Computación en la nube

La ayuda de moderna infraestructura que integra computación de alto desempeño, gran capacidad de almacenamiento, redes de alta velocidad, permite la solución de problemas complejos a través de simulación y análisis de gran cantidad de datos, compartiendo recursos distribuidos por todo el planeta (Yang et al., 2014).

La computación en la nube se muestra como un nuevo paradigma de computación que ofrece nuevas oportunidades para el desarrollo de infraestructura en la ciencia y la industria. Pero también presenta algunos desafíos, como la búsqueda de nuevas técnicas para el procesamiento de grandes volúmenes de datos (Yang et al., 2014). Una de las principales ventajas de la computación en la nube es la posibilidad de la colaboración interdisciplinar y la optimización de recursos, algunas veces escasos y costosos, permitiendo investigaciones más sofisticadas. Hoy en día, es posible analizar Terabytes de datos generados por sensores, satélites, simulaciones o mediciones; de esto se trata la Big Data (Yang et al., 2014).

Los Web Services (servicios web) son la clave de la computación en la nube. Permiten construir la infraestructura tecnológica, garantizar la calidad del servicio (QoS) y la seguridad en el acceso a los datos. Todo ello, en un entorno flexible, adaptable a las necesidades de

cada cliente (Yang et al., 2014). Los Servicios Web permiten acceder a recursos almacenados, datos, script (código), sensores e instrumentos, distribuidos a través de diferentes dominios en Internet. Este acceso es eficiente y no compromete la seguridad ni la posibilidad de control local; incluso permite el desarrollo de interfaces orientadas a las máquinas, permitiendo la automatización del manejo de recursos informáticos (Yang et al., 2014).

La computación en la nube ha creado un nuevo paradigma de trabajo, pues las empresas no requieren instalar ni mantener infraestructura computacional en su planta física. Sino que usan los servicios ofrecidos por proveedores dedicados. Esto ofrece grandes ventajas como el trabajo colaborativo, la posibilidad de medir la calidad y monitorear el servicio, así como reproducir completamente el flujo de trabajo. Pero también nuevos desafíos, como elegir las métricas correctas para realizar dichas mediciones, o la combinación de los servicios web apropiados para realizar las tareas establecidas (Yang et al., 2014).

Otra ventaja del trabajo en la nube es la Web Semántica, que se refiere a etiquetar los recursos disponibles en la web para que sean procesados por los computadores sin intervención humana. Esto permite extraer valiosa información de datos que actualmente tienen poco o ningún valor práctico, y permite que estos datos sean analizados por terceros a través de flujos de trabajo colaborativo. Así mismo trae implícito un desafío, la heterogeneidad de etiquetas que pueden producir áreas multidisciplinarias (Yang et al., 2014).

Big Data

La cantidad de datos se ha incrementado en varios campos. Comparado con el análisis tradicional de datos, la Big Data trata volúmenes de datos sin estructura, del orden de Terabytes, que requieren análisis en tiempo real. Además la Big Data permite descubrir el valor oculto de los datos. Big Data requiere escalabilidad, heterogeneidad, tiempo real, complejidad y privacidad (Chen, Mao, & Liu, 2014).

Las redes sociales y los buscadores procesan cientos de Terabytes cada día. Así mismo, Internet de las Cosas, brinda la oportunidad de conectar un sinnúmero de objetos que envían datos a la nube, creciendo exponencialmente la cantidad de datos a ser almacenados y procesados, con la connotación especial de necesitar procesamiento en tiempo real (Chen et al., 2014).

Entre los desafíos que plantea la implementación de la Big Data se pueden enumerar(Chen et al., 2014):

- Requiere bases de datos no relacionales por la naturaleza heterogénea de los datos.
- Cuando se puede establecer una relación semántica entre los datos es más fácil que los sistemas de cómputo realicen una interpretación y análisis más significativo de los mismos.
- Con grandes volúmenes de datos es inevitable la redundancia. Es necesario reducir ésta para bajar los costos de su análisis.
- La administración del ciclo de vida de los datos debe ser lo suficientemente inteligente para evitar el almacenamiento de datos que han perdido su valor.
- Los mecanismos de analítica de la Big Data permiten correlacionar datos heterogéneos y escalar su análisis.
- La variedad de fuentes de datos trae implícito el riesgo de la no confidencialidad de los datos. Porque no todos los que generan datos en la Internet son expertos en el tema de seguridad informática.
- El consumo de energía por parte de las supercomputadoras que procesan los datos es un asunto que interesa desde el punto de vista económico y ambiental, y que requiere mecanismos de administración y control.
- El análisis de Big Data necesita la cooperación de expertos en una variedad de disciplinas.

Las tecnologías relacionadas con Big Data son (Chen et al., 2014):

- La computación en la nube ofrece a la Big Data una gran capacidad de almacenamiento, computación intensiva en paralelo y las aplicaciones que procesan los datos. La computación en la nube influencia la arquitectura de la infraestructura tecnológica, mientras la Big Data influencia la toma de decisiones en los negocios.
- El paradigma de la IoT (Internet of Things) busca embeber sensores en dispositivos y equipos del mundo real.
- Los Data Center además de ofrecer la plataforma de almacenamiento de datos, también son los responsables de la adquisición, manejo, organización y aprovechamiento de los mismos. La Big Data promete una revolución en la infraestructura de los Data Center, haciéndolos más veloces, energéticamente eficientes, seguros, estables y expandibles.
- Hadoop, se basa en un sistema de archivos distribuidos en un gran número de pequeños ordenadores, cada uno de los cuales se encarga de procesar una porción de información. La comunidad Open Source explota la idea planteada inicialmente por Google desarrollando una implementación a la que denominan Hadoop. En síntesis, Hadoop es un sistema de código abierto que se utiliza para almacenar, procesar y analizar grandes volúmenes de datos. Este paradigma de manejo de datos encaja en el modelo IoT, donde cada objeto genera pequeñas cantidades de datos, que luego se combinan para su análisis.

Internet de la Cosas

La Internet ha evolucionado a través de los años. Inicialmente se desarrolló la Internet de contenido, cuando solo se usaba la www para publicar sitios web. Con la Internet de servicios o Web 2.0, se logró el comercio electrónico y los servicios en línea. Luego con la Internet de la gente llegaron las redes sociales. Ahora se tiene la Internet de las cosas, donde las máquinas se comunican entre ellas, sin intervención humana (Khanna, 2019).

El paradigma de la IoT (Internet of Things) busca embeber sensores en dispositivos y equipos del mundo real. Estos sensores recogen datos de toda clase, como ambientales, geográficos, astronómicos, logísticos, y los envían a aplicaciones que los gestionan desde la nube. Cuando la cantidad de datos relacionados es inmensa se aplican tecnologías propias del Big Data para extraer la información que contienen, a pesar de su heterogeneidad, falta de estructura, ruido y alta redundancia. Se cree que para 2030 IoT será la principal parte de la Big Data (Chen et al., 2014).

La IoT usa diferentes tecnologías de comunicación, que son baratas, fáciles de implementar y disponibles en cualquier tienda de componentes electrónicos. Entre ellos se destacan (Khanna, 2019):

- Identificación por radiofrecuencia (RFID), donde los lectores extraen información de las etiquetas, a través de señales electromagnéticas.
- Estándar IEEE 802.15.4, que establece el estándar de nivel físico de las redes inalámbricas de área local.
- Z-Wave, que es un protocolo inalámbrico para redes de automatización de casas.
- Long Term Evolution LTE, estandar inalámbrico para redes móviles basado en GSM.
- LongRange (LoRa), para comunicar de manera inalámbrica a larga distancia dispositivos IoT.
- Near-Field Communication NFC, similar a un RFID, pero incorporado en un dispositivo móvil.
- Ultra-wide band (UWB), comunicación a muy baja distancia pero con un ancho de banda muy grande.
- Machine to Machine M2M, comunicación entre dos dispositivos microprocesados o dispositivos móviles.

IoT tiene múltiples usos. Por ejemplo, en agricultura y cría de animales busca asegurar que las plantas, suelos o animales reciban la cantidad exacta de lo que necesitan. También se usa en aplicaciones de logística, monitoreo

de la cadena de frío, drones para monitoreo de cultivos, gestión de la red eléctrica, monitoreo del tráfico, salud corporal, dispositivos de monitoreo de condiciones de salud, seguridad ciudadana, Smart cities, industria, transporte, departamentos públicos (Khanna, 2019) (Chen et al., 2014).

A pesar de las múltiples tecnologías disponibles, Internet de las Cosas presenta complejos problemas. La IoT es relativamente nueva y menos entendida que otros sistemas tecnológicos. Los objetos se distribuyen a lo largo de la geografía en ambientes abiertos y no controlados. Involucra hardware, software y protocolos de comunicación muy heterogéneos. No existen estándares en hardware y software para IoT. Los dispositivos IoT suelen contener dispositivos de bajo costo con baja capacidad de almacenamiento, de procesamiento y bajo consumo eléctrico, lo que dificulta la implementación de protocolos de seguridad (Minoli & Occhiogrosso, 2018). La adquisición y transmisión de estos datos genera gran cantidad de ruido (datos sin valor). Existe una fuerte correlación entre el lugar y el instante dónde son recogidos. El formato en que son adquiridos es muy heterogéneo (Chen et al., 2014).

En especial, la ciberseguridad es un asunto crítico en IoT. Aún son necesarios mecanismos para garantizar la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad. La confidencialidad garantiza que los paquetes de datos no son interceptados y examinados; la integridad, significa que los paquetes no han sido alterados o modificados; y la disponibilidad, busca que los dispositivos funcionen correctamente y realicen su función. En síntesis la ciberseguridad trata de evitar intrusiones debilitantes. (Minoli & Occhiogrosso, 2018).

Blockchain para IoT

La IoT y la IIoT presentan en la actualidad grandes vulnerabilidades de privacidad y seguridad, debido en parte, a la carencia de una tecnología específica para ello. El blockchain es una tecnología para realizar transacciones descentralizadas encriptadas en sistemas distribuidos. Blockchain puede imaginarse como un libro contable que registra las transacciones entre dos partes, sin necesidad de la intervención de una tercera para autenticación. Lo cual reduce el costo de transacción por debajo

del 1%. Inicialmente se usó para la criptomoneda Bitcoin, pero rápidamente se aplicó en otros servicios, por ejemplo, combinando IoT con Blockchain (Q. Wang, Zhu, Ni, Gu, & Zhu, 2019) (Minoli & Occhiogrosso, 2018).

Las partes del Blockchain son (Minoli & Occhiogrosso, 2018):

- Block (bloque). Se puede entender como una lista de “facturas” que no pueden ser modificados. Su tamaño, duración y eventos que lo activan depende del tipo de blockchain. Un bloque está formado por un encabezado con información de escritura y el cuerpo con la información de la transacción.
- Chain (cadena). Enlaza la lista de bloques.
- Network (red). Es un conjunto de nodos enlazados. Donde los bloques son los nodos.

Mantenimiento predictivo e Industria 4.0.

La incorporación de herramientas como Big Data e Internet de las Cosas en los procesos de manufactura ha permitido la acumulación de gran cantidad de datos que pueden ser usados en el mantenimiento predictivo o predicción de fallas. Esto se logra a través de la minería de datos, que hace referencia al uso de algoritmos inteligentes para extraer información relevante de datos sin valor aparente en un área específica. Por ejemplo, usar los datos del proceso de producción para determinar qué máquina presenta desgaste en una de sus partes móviles (Spendla, Kebisek, Tanuska, & Hrcka, 2017)(Truong, 2018).

Las tareas de mantenimiento son fundamentales para asegurar la productividad, la calidad, la entrega a tiempo y un ambiente seguro de trabajo. El mantenimiento predictivo monitorea los indicadores de las condiciones de funcionamiento y el contexto actual (el sistema como un todo) para predecir las condiciones futuras de la máquina. El modelo de mantenimiento predictivo comprende: la adquisición de datos, el procesamiento de datos y la toma de decisiones de mantenimiento (diagnóstico y pronóstico). Pero su implementación depende de justificaciones económicas y tecnológicas;

las cuales se ven entorpecidas por las “islas de conocimiento”, donde la visión del personal técnico se ve nublada por el área a la que pertenece (mantenimiento, producción, compras, ventas, una línea de producción específica) (Schmidt & Wang, 2018).

La idea principal del mantenimiento es el monitoreo permanente de procesos, maquinaria, materiales y condiciones del producto, para maximizar el tiempo entre reparaciones y minimizar el número y el costo de detenciones no programadas de las máquinas. El mantenimiento predictivo se basa en el análisis de las condiciones reales del proceso de manufactura para determinar el estado de la maquinaria (Cachada et al., 2018). Usando análisis de vibraciones, termografía, tribología e inspección visual se establece el cronograma de mantenimiento. Existen dos categorías del mantenimiento predictivo: la primera se basa en estadísticas recolectadas de fallas ocurridas anteriormente que permiten predecir cuándo volverá a fallar un equipo. La segunda categoría del mantenimiento predictivo se basa en las condiciones actuales de las partes de las máquinas, las cuales pueden indicar que fallarán en el futuro próximo (Spendla et al., 2017).

La computación en la nube permite a la industria de manufactura aplicar un modelo de negocio basado en agentes móviles, centrado en el cliente, orientado a servicios por demanda, reconfigurable y escalable, denominado manufactura en la nube (Cloud Manufacturing). El mantenimiento predictivo es un área que se beneficia bastante de este paradigma. Sin embargo, se requiere personal técnico experto en aplicaciones en la nube que puedan lidiar con la seguridad, disponibilidad, adaptabilidad y confiabilidad de los datos intercambiados con las máquinas y procesos, para predecir fallas de manera oportuna, optimizando los cronogramas de mantenimiento (J. Wang, Zhang, Duan, & Gao, 2017).

El reto de la manufactura en la nube es alcanzar la operación de todas las máquinas de la planta “libre de problemas”. Es decir, sin fallas en los elementos electromecánicos ni en los sistemas informáticos que los soportan. En el mantenimiento predictivo, se recolectan datos entregados por sensores que establecen las condiciones de operación del proceso.

Estos datos se transmiten a un servidor central donde se procesan para diagnosticar y predecir falla (J. Wang et al., 2017).

El mantenimiento predictivo basado en la nube se encuentra en las primeras fases de desarrollo. Comenzó con sensores embebidos en tarjetas electrónicas conectadas a servicios web. Desde sus inicios, muchos de estos sistemas embebidos han utilizado hardware y software Open Source (código abierto), lo que reduce los costos y facilita su implementación a lo largo y ancho del mundo. Cuando se alcanzó una cantidad muy grande de datos para procesar, se optó por dos enfoques: usar algoritmos de Big data o sistemas locales que realizan un primer procesamiento de la información antes de enviarla a la nube (J. Wang et al., 2017).

Uno de los principales desafíos del mantenimiento predictivo es diagnosticar y pronosticar fallas a partir de datos originados por diversas fuentes con formatos diferentes, requiriendo algoritmos de fusión de la información (Schmidt & Wang, 2018).

La Big Data debe su surgimiento a un número de factores económicos y tecnológicos. La aparición de la computación en la nube, el incremento de las comunicaciones móviles, el abaratamiento del costo de sistemas electrónicos embebidos, ha hecho que los dispositivos de Internet de las Cosas (IoT), en su mayoría sensores, generen ingentes cantidades de datos que deben ser procesados para extraer alguna información de valor (minería de datos) (Truong, 2018). Las plantas de manufactura en general, y las actividades de mantenimiento predictivo en particular, se pueden beneficiar de los algoritmos de Big Data, ya que éstas utilizan sofisticados sensores para medir variables ambientales, el desempeño de las máquinas, el consumo y calidad de la energía, generando millones de bytes de datos que deben ser procesados con algoritmos inteligentes antes de diagnosticar y pronosticar fallas de los sistemas eléctricos, mecánicos e informáticos. Algunos expertos consideran la manufactura inteligente como una especialización de la Big Data (O'Donovan, Leahy, Bruton, & O'Sullivan, 2015)

Discusión

En la actualidad los programas de formación de los tecnólogos del área industrial: automatización, electricidad y electromecánica; no incluyen temáticas relacionadas con industria 4.0. (Internet de las cosas IoT, big data, inteligencia artificial, robótica, manufactura aditiva, impresión 3D, nanotecnología, materiales avanzados y compuestos y realidad virtual y aumentada). Se considera que la realización de eventos de divulgación tecnológica, formación complementaria, grupos de estudio y los proyectos de los semilleros de investigación, ofrecen la oportunidad de conocer, usar y crear herramientas relacionadas con Industria 4.0. Algunos ejemplos de estas actividades son:

Eventos de divulgación tecnológica:

- Herramientas Industria 4.0. A través de un evento de divulgación tecnológica los aprendices reciben alfabetización tecnológica en conceptos relacionados con las herramientas que conforman la industria 4.0.
- Introducción a la investigación y desarrollo tecnológico. Acercamiento de instructores y aprendices a los conceptos propios de la investigación formativa y el método científico. Incentivando a los participantes a vincularse a los semilleros de investigación.
- Formación complementaria:
- Internet de las Cosas. A través del desarrollo de prototipos funcionales, usando dispositivos microcontrolados como Arduino. Los aprendices desarrollan competencias en programación, computación en la nube y diseño de productos.
- Computación en la nube. Combinando los conceptos de IoT con el uso de plataformas como Amazon Web Services AWS, los aprendices adquieren habilidades para programar servicios en la nube.
- Metodología de la investigación. Dirigida a los instructores y aprendices que participan en los semilleros de investigación, para que conozcan los pasos a seguir durante la ejecución de un proyecto de investigación o el desarrollo de un producto tecnológico.

Grupos de estudio:

- Grupo de estudio de las herramientas industria 4.0. Para identificar la incorporación de esta tecnologías en los procesos productivos de la región.
- Grupo de estudio en matemáticas para inteligencia artificial. La conformación de grupos de estudio en temas relacionados con inteligencia artificial, brinda la oportunidad a aprendices e instructores para adquirir el dominio de herramientas matemáticas y estadísticas necesarias para introducirse en temas relacionados con machine learning, redes neuronales y aprendizaje profundo.
- Grupo de estudio en computación en la nube, para desarrollar las competencias en uso y programación de aplicaciones de computación en la nube.

Proyectos de los semilleros:

Los proyectos de investigación de los semilleros permiten adquirir la competencia en herramientas industria 4.0 mientras se desarrollan prototipos funcionales, que incorporan computación en la nube, aplicaciones móviles, IoT, servicios web, redes eléctricas inteligentes, mantenimiento predictivo basado en la nube, redes de sensores, blockchain, realidad aumentada, agentes móviles, entre otras.

Programas de formación en el SENA:

La fecha de publicación de este artículo el SENA evidencia en la plataforma Sofiaplus dos cursos complementarios en ejecución relacionados con IoT, tres a cerca de Industria 4.0, uno relacionado con Machine Learning. En sofia plus también aparece un programa de formación titulada en elaboración para Internet de las Cosas y una especialización tecnológica en mantenimiento predictivo en estado activo. Lo anterior evidencia el interés de la institución por responder a la realidad tecnológica del sector productivo.

Conclusiones

La tecnología a nivel mundial muestra que en la próxima década se automatizarán muchos más puestos de trabajo, obligando a la mano de obra a calificarse para realizar tareas de supervisión de dichos procesos. Colombia no será ajena a esta tendencia. Por ello, desde el gobierno nacional se deben generar políticas de estado que permitan la apropiación de estas tecnologías por parte de las empresas. Al tiempo que fortalece las instituciones públicas de formación para el trabajo, donde los colombianos que dejarán de ocupar puestos donde se realizaban tareas manuales, se capaciten en nuevos sectores productivos. Además de la formación para el trabajo, el SENA tiene el deber de acompañar a los aprendices para que desarrollen habilidades de pensamiento científico y tecnológico, que les facilite el dominio de nuevas tecnologías.

Referencias

- Cachada, A., Barbosa, J., Leitão, P., Geraldès, C. A. S., Deusdado, L., Costa, J., ... Romero, L. (2018). Maintenance 4.0: Intelligent and Predictive Maintenance System Architecture. IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA, 2018-Septe, 139–146. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2018.8502489>
- Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big data: A survey. Mobile Networks and Applications, 19(2), 171–209. <https://doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0>
- Dang, T., Merieux, C., Pizel, J., & Deulet, N. (2018). On the Road to Industry 4.0: A Fieldbus Architecture to Acquire Specific Smart Instrumentation Data in Existing Industrial Plant for Predictive Maintenance. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2018-June, 854–859. <https://doi.org/10.1109/ISIE.2018.8433679>
- Departamento nacional de planeación, C. (2019). Bases del plan nacional de desarrollo 2018-2022. Colombia. Retrieved from <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/BasesPND2018-2022n.pdf>

- Khanna, A. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture, 157(December 2018), 218–231. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039>
- Kimani, K., Oduol, V., & Langat, K. (2019). Cyber security challenges for IoT-based smart grid networks. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 25, 36–49. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2019.01.001>
- Mbarek, B., Ge, M., & Pitner, T. (2020). An Efficient Mutual Authentication Scheme for Internet of Things. *Internet of Things*, 9, 100160. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100160>
- Minoli, D., & Occhiogrosso, B. (2018). Internet of Things Blockchain mechanisms for IoT security. *Internet of Things*, 1–2, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2018.05.002>
- O'Donovan, P., Leahy, K., Bruton, K., & O'Sullivan, D. T. J. (2015). An industrial big data pipeline for data-driven analytics maintenance applications in large-scale smart manufacturing facilities. *Journal of Big Data*, 2(1), 1–26. <https://doi.org/10.1186/s40537-015-0034-z>
- Oztemel, E., & Gursev, S. (2018). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, (January). <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>
- Schmidt, B., & Wang, L. (2018). Cloud-enhanced predictive maintenance. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 99(1–4), 5–13. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8983-8>
- Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Planeación estratégica. (2019). citado desde <http://www.sena.edu.co/es-co/sena/Paginas/planeacionEstrategica.aspx>
- Spendla, L., Kebisek, M., Tanuska, P., & Hrcka, L. (2017). Concept of predictive maintenance of production systems in accordance with industry 4.0. SAMI 2017 - IEEE 15th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, Proceedings, 405–410. <https://doi.org/10.1109/SAMI.2017.7880343>

- Truong, H. L. (2018). Integrated Analytics for IIoT Predictive Maintenance Using IoT Big Data Cloud Systems. Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Industrial Internet, ICII 2018, (Icii), 109–118. <https://doi.org/10.1109/ICII.2018.00020>
- Wang, J., Zhang, L., Duan, L., & Gao, R. X. (2017). A new paradigm of cloud-based predictive maintenance for intelligent manufacturing. Journal of Intelligent Manufacturing, 28(5), 1125–1137. <https://doi.org/10.1007/s10845-015-1066-0>
- Wang, Q., Zhu, X., Ni, Y., Gu, L., & Zhu, H. (2019). Blockchain for the IoT and industrial IoT: A review, (xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100081>
- Yang, X., Wallom, D., Waddington, S., Wang, J., Shaon, A., Matthews, B., ... Kershaw, P. (2014). Cloud computing in e-Science: Research challenges and opportunities. Journal of Supercomputing, 70(1), 408–464. <https://doi.org/10.1007/s11227-014-1251-5>

