



GIAA

ISSN: 2422 - 0493



Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura

No. 8 Año 8

Enero 2023

Huila, Colombia



SENNNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura

Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

No. 8; Año 8. diciembre de 2022. Huila, Colombia. ISSN: **2422-0493**
Con el apoyo del Grupo de Investigación Agroindustrial La Angostura.

Director de la revista

Alexander Ospina Zambrano
aospinaz@sena.edu.co

Comité editorial y científico

Andrea Melisa Vásquez
Claudia Mercedes Ordóñez
Yoly Dayana Moreno Ortega
Alejandra María Vélez Giraldo
Sofía Imelda Mora Lamilla

Corrección de estilo

Imprenta Nacional de Colombia

Diseño y diagramación

Imprenta Nacional de Colombia

Producción Editorial

Imprenta Nacional de Colombia

Servicio Nacional de Aprendizaje

Directivos SENA

Jorge Eduardo Londoño Ulloa

Director General SENA

Nancy Dioneth Briceño Moreno

Director de Formación Profesional y Coordinador
Grupo de Gestión Estratégica de la Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA)

Adriana Milena Gasca Cardoso

Director Regional (E) - SENA Regional Huila

Alexander Ospina Zambrano

Subdirector - Centro de Formación Agroindustrial La
Angostura SENA Regional Huila

Isaías Farfán Collazos

Coordinador Formación Profesional Centro de
Formación Agroindustrial La Angostura SENA Regional
Huila

Sofía Imelda Mora Lamilla

Líder SENNOVA, Centro de Formación Agroindustrial
La Angostura

Edwin Ramírez Vásquez

Coordinador Académico Centro de Formación
Agroindustrial La Angostura

Sonia Patricia Gómez Tamayo

Coordinadora Académica Centro de Formación
Agroindustrial La Angostura

Distribución: gratuita

Revista anual

Fecha de publicación: diciembre de 2022

Fotografías interior y carátula: Banco de imágenes Centro de Formación Agroindustrial La Angostura.

Foto principal de carátula: Nancy Cachaya

Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Tecnoparque nodo La Angostura

Dirección: Kilómetro 38 vía al sur de Neiva; Campoalegre (Huila).

Teléfonos.: (578) 8380191-8385060

Páginas web: <http://sena.edu.co/regionales-y-centros-de-formacion/zona-andina/Huila/Paginas/Huila.aspx> <http://centroagroindustrial.blogspot.com>

Correo electrónico: angostura@sena.edu.co

Se autoriza la reproducción total o parcial de la obra para fines educativos siempre y cuando se cite la fuente.

Contenido

4

Efectos de extractos de plantas arbustivas
de trópico seco en la producción animal:
rumiantes

*Effects of dry tropic shrub plant extracts on animal
production: ruminants*

Jesús Alejandro Botero Giraldo, Alejandra María Velez Giraldo

12

Caracterización físico - química de accesiones de
maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa*) en el
Centro de Formación Agroindustrial

*Physical - chemical characterization of accessions of
passion fruit (Passiflora edulis var. Flavicarpa) at the
Agroindustrial Training Center.*

Valentín Murcia Torrejano, Leidy Machado Cuellar, David Saavedra Mora,
Yudy Paola Artunduaga Cuellar, Marco Fidel Flórez Rojas

22

Las Huertas con Plantas Medicinales como
estrategia para el Fortalecimiento de los
Resultados de Aprendizaje en la Granja
Experimental Corhuila: Sistematización de la
Experiencia

*Orchards with Medicinal Plants as a Strategy for
Strengthening Learning Results in the Experimental
Farm Corhuila : Systematization of the Experience*

Lili Estefani Fernández Toro, Santiago Bonilla Cuspian, Ofelia
Palencia Fajardo, David Saavedra Mora.

34

Efecto de la aplicación de Trichoderma spp en
condiciones in vitro en el desarrollo vegetal de
semillas de maíz (Zea mays).

*Effect of the application of Trichoderma spp under in
vitro conditions on the plant development of corn seeds
(Zea mays).*

Yoly Dayana Moreno Ortega, Katherine Suarez Collazos, Valentín Murcia
Torrejano, Yenny Carolina González Sterling, Yeison Rodríguez Guzmán,
Sergio Andrés Orduz Tovar, Jonatán Valencia Payan, María Goretti
Ramírez

42

Recuperación de suelos degradados por
sobrepastoreo, con diferentes sustratos en el
departamento del Putumayo, Colombia

*Recovery of soils degraded by overgrazing, with different
substrates in the department of Putumayo, Colombia*

Bayron Esteban Santander Quiñones, Lisnarda Paola Chaves Fernández,
Oneyda Nathalia Rodríguez Pantoja, Gina Lorieth Rosas Torres, Tatiana
Ordoñez Ortega, Adrian Rolando Riascos Vallejos.

51

Dispositivo portátil recolector de café para
mejorar las condiciones ergonómicas del
trabajador en Santander

*Portable coffee harvesting device to improve ergonomic
conditions for workers in Santander*

Susan Tatiana Rodríguez Garcés, Edward Arístides Fuentes Cortes,
Javier Rincón Sánchez

1 Centro Agroecológico y Empresarial de Fusagasugá, regional Cundinamarca.
2 Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, regional Huila Correo de correspondencia.

Efectos de extractos de plantas arbustivas de trópico seco en la producción animal: rumiantes. Una revisión

Effects of dry tropic shrub plant extracts in animal production: ruminants

Jesús Alejandro Botero Giraldo¹, Alejandra Maria Velez Giraldo²

Resumen

Las plantas como organismos autótrofos, además de realizar el metabolismo primario que se presenta en todos los seres vivos, poseen un metabolismo secundario que les permite producir y acumular una gran variedad de compuestos de naturaleza química. Los estudios sobre estos metabolitos secundarios en plantas han estado en aumento durante los últimos cincuenta años y se han permitido clasificar estos metabolitos basándose en sus características químicas, origen vegetal u origen biosintético; en esta clasificación, han encontrado los terpenos, compuestos fenólicos, glicósidos y alcaloides. Las plantas arbóreas presentan un elevado contenido de metabolitos secundarios, aquellos que bajo ciertas circunstancias pueden causar diversos efectos en los rumiantes. Estudios con extractos de plantas como *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Senna spectabilis* y *Pithecellobium dulce* han mostrado tener actividad antibacteriana, antifúngica, antiparasitaria y su utilidad en la manipulación de algunos procesos metabólicos y alteraciones de la microbiota ruminal permitiendo mejorar la fermentación, el metabolismo del nitrógeno y reducción en la producción de metano, trabajos que evidencian la amplia gama de moléculas bioactivas de origen natural que pueden ser utilizadas para combatir problemáticas existentes en los sistemas de producción de rumiantes.

Palabras claves: Metabolitos secundarios, Bioactivo, Antimicrobiano, Aditivo (FAO).

Summary

Plants, as autotrophic organisms, besides performing the primary metabolism experienced in all living beings, have a secondary metabolism that allows them to produce and accumulate a great variety of chemical compounds. Studies on these secondary metabolites in plants have been increasing over the last fifty years, and these metabolites have been classified based on their chemical characteristics, plant origin or biosynthetic origin; in this classification, they have found terpenes, phenolic compounds, glycosides and alkaloids. Tree plants have a high content of secondary metabolites - those that under certain circumstances can cause various effects in ruminants. Studies with plant extracts such as *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Senna spectabilis* and *Pithecellobium dulce* have shown antibacterial, antifungal, antiparasitic activity and their benefit in the manipulation of some metabolic processes and alterations of the ruminal microbiota, allowing to improve fermentation. These studies demonstrate the wide range of natural bioactive molecules that can be used to fight against existing problems in ruminant production systems.

Keywords: Secondary metabolites, Bioactive, Antimicrobial, Additive (FAO).

Introducción

Las plantas como organismos autótrofos, además de realizar el metabolismo primario que se presenta en todos los seres vivos, poseen un metabolismo secundario que les permite producir y acumular una gran variedad de compuestos de naturaleza química, llamados metabolitos secundarios, aunque estos compuestos no tienen un papel fundamental en el mantenimiento de las plantas como lo hacen los metabolitos primarios, generan propiedades en la pigmentación, olor, sabor de estas y actúan como medio de defensa contra ataque de insectos, microorganismos y adaptaciones

ambientales adversas; no obstante tienen propiedades bioactivas con efectos farmacéuticos y toxicológicos en humanos y animales (Shanaida & Golembiovskaya, 2018).

Si la producción de estos metabolitos por planta a menudo es baja (menos de 1% de la materia seca), y no de forma generalizada, sí se limita a un determinado género de plantas, a una familia e incluso a algunas especies (Akula & Ravishankar, 2011). Durante muchos años estos compuestos se han utilizado para la fabricación de medicamentos y conservación de alimentos. Particularmente para los rumiantes se han encontrado estudios sobre el efecto antimicrobiano,

antifúngico, antihelmíntico, **demostrándose** también su utilidad en la manipulación de algunos procesos metabólicos y alteraciones de la microbiota ruminal **permitiendo** mejorar la fermentación, el metabolismo del nitrógeno y reducción en la producción de metano (Fikry, Khalil & Salama, 2019).

Las especies arbustivas han sido muy poco aprovechables, sin embargo son plantas que se encuentran de manera abundante en el trópico colombiano, en este grupo podemos mencionar la *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Senna spectabilis* y *Pithecellobium dulce*, los cuales contienen una gran variedad de metabolitos secundarios que pueden tener diversos efectos (Varón & Granados, 2012); por tal motivo, se hace necesario realizar una revisión actualizada, con el objeto de identificar el potencial de estas plantas, sus metabolitos y los efectos descritos en la producción animal.

Metabolitos secundarios en plantas arbóreas

En la producción animal, la mayoría de las propiedades de los metabolitos secundarios se encuentran relacionados con efectos antimicrobianos, antifúngicos y antiparasitarios (Bodas et ál., 2012); a continuación, haremos una descripción de esas características.

Efectos antimicrobianos

Se ha encontrado que los flavonoides actúan a través de la inhibición de la membrana

citoplasmática; los terpenoides interrumpen la formación de la membrana celular; los cumarínicos reducen la respiración celular y los taninos actúan a nivel de membrana (Paiva et ál., 2010). Los metabolitos mencionados anteriormente son sintetizados de manera natural por una serie de especies arbóreas de gran importancia en la alimentación de rumiantes de trópico bajo; por tal razón, en los últimos años se vienen desarrollando investigaciones que detallan de mejor manera el efecto de estas especies vegetales sobre los diferentes tópicos de la producción animal (Bodas et ál., 2012).

La *Leucaena leucocephala* es una de estas especies, común en el trópico seco de la cual ya se han descrito algunos efectos, como lo describen Aderibigbe et ál. (2011). Ellos realizaron la extracción de aceite de semilla de *L. leucocephala* en la cual tenían como objetivo probar su actividad antimicrobiana sobre cuatro bacterias (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* y *Pseudomona aeruginosa*); este ensayo en general mostró mayor actividad contra *E. coli*, mientras que el menor efecto lo presentó frente al *S. Aureus*. Resultados similares reportan Nazli et ál. (2008) utilizando extracto de hojas de *Gliricidia sepium*, en el que esta especie presentó un mejor efecto antimicrobiano frente a la especie *Escherichia coli* en comparación con la *S. aureus*, *Pseudomonas spp.*, *Salmonella typhi*, *Klebsillia spp.* Del mismo modo, Beena & Joji Reddy (2010) reportaron un efecto superior en cuanto a número de especies utilizando aceite de hoja y flor de *G. Sepium*; específicamente este efecto lo obtuvieron frente a 10 cepas bacterianas (*Bacillus cereus*,

Enterobacter Faecalis, *Salmonella paratyphi*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*, *Proteus vulgaris*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Serratia marcescens*), mientras que el aceite de flor tuvo un mejor efecto en comparación al aceite de la hoja.

En otro trabajo, Kumar et ál. (2013) evaluaron el efecto antimicrobiano de la hoja de payande (*Pithecellobium dulce*) frente a las mismas bacterias incluidas *Enterococcus faecalis*, *Micrococcus luteus*, *Aeromonas hydrophila*, *Alcaligenes faecalis*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*, y *Salmonella typhimurium*; en este estudio se prepararon extractos foliares de *P. dulce* en agua y disolventes orgánicos de benceno, cloroformo, acetona y metanol; en los resultados encontraron que los extractos de benceno y cloroformo tuvieron mayor actividad antimicrobiana contra todas las cepas bacterianas allí evaluadas (Gram positivas, Gram negativas). En este trabajo también se realizó un análisis fitoquímico de los diferentes extractos que reveló presencia de alcaloides, antraquinonas, flavonoides, glucósidos cardíacos, taninos y terpenoides los cuales podrían ser los responsables de esta actividad antimicrobiana.

Siguiendo las investigaciones Ramírez et ál. (2015), utilizando las hojas de la especie *Guazuma ulmifolia*, obtuvieron extractos crudos con hexano, diclorometano y metanol con el objeto de determinar la actividad antimicrobiana frente a dos especies de bacterias *Xanthomonas campestris* y *Pseudomonas aeruginosa* en donde reportaron que el extracto con hexano tuvo una disminución de las dos cepas bacterianas,

seguido del extracto con diclorometano y el extracto disuelto en metanol fue el que demostró un menor efecto contra *X. campestris* y en menor medida que con las *P. aeruginosa*. Con lo anterior se puede demostrar el potencial antimicrobiano que tienen las especies arbustivas aquí mencionadas en el presente documento; sin embargo, la actividad microbiana varía frente a determinados microorganismos, pues es dependiente del tipo de planta, parte de la planta y la forma de extracción del extracto o aceite esencial de cada uno de ellas, además de la concentración de metabolitos secundarios y el efecto que puedan llegar a tener.

Efecto antifúngico

Bautista et ál. (2003) realizaron trabajos con extractos acuosos y etanólicos de hojas de *Pithecellobium dulce* para determinar la actividad fungicida e identificar el compuesto activo del extracto contra *Botrytis cinerea*, *Penicillium Digitatum* y *Rhizopus stolonifer*. Los investigadores concluyeron que las propiedades fungicidas se le atribuyen al kaempferol y estas propiedades son dependientes de la parte de la planta y mes de la cosecha, puesto que el efecto fungistático y fungicida más alto para los estudios in vitro e in situ fueron registrados con extractos de hojas recolectadas en meses con condiciones ambientales más estresantes para las plantas. *Guazuma ulmifolia* tiene efectos similares de los extractos de sus hojas, mostrando inhibición del desarrollo micelial en condiciones in vitro contra cepas de *Sclerotium cepivorum* y *Fusarium oxysporum* (Ramírez et ál., 2015). El

aceite de semilla de *Leucaena leucocephala* fue testado contra cuatro hongos *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolon*, *Penicillium notatum* y *Candida albicans* y no encontraron ningún tipo de actividad contra estos hongos (Aderibigbe et ál., 2011).

Efecto antiparasitario

Se ha demostrado que la presencia de taninos y terpenoides de varias leguminosas reducen la movilidad y, por consiguiente, la capacidad de supervivencia en larvas de nematodos *Trichostrongylus colubriformis* (Molan et ál., 2000). En un estudio realizado por Pérez et ál. (2014), utilizaron extractos etanólicos de hojas de *Gliricidia sepium* en diferentes concentraciones sobre heces tomadas directamente del recto de ovejas infectadas con nematodos gastrointestinales; lograron demostrar un efecto ovicida, producto de la presencia de saponinas y taninos contenidos en las hojas de *G. sepium*. Puerto et ál. (2014) hallaron actividad del extracto acuoso de *G. sepium* y, así, inhibieron la capacidad de eclosión de huevos de estrongílicos gastrointestinales de ovinos; del mismo modo, en un ensayo realizado por Kabore et ál. (2012) utilizando extracto de *G. sepium* se observó una inhibición de la eclosión de huevos y desarrollo larvario de *Haemonchus contortus* en cabras; efectos similares se han descrito con extractos de hojas de leucaena donde se ha evidenciado reducción de conteo de huevos de *Strongiloides sp.*, *S. papillosus*, *Eimeria spp.* y *Haemonchus contortus* (Hernandez et ál., 2014).

La especie arbustiva *P. dulce* ha mostrado tener efecto en la eclosión y migración de nematodos de las especies *Haemonchus contortus*, *Trichostrongylus colubriformis* y

Oesophagostomum columbianum (Olmedo et ál., 2014) . En una investigación realizada por Júnior et ál.(2016), evidenciaron la actividad antiparasitaria del extracto etanólico de hojas de *Guazuma ulmifolia* frente a la especie *Trypanosoma spp.* Cada una de las especies arbóreas mencionadas en la presente compilación de información ha presentado actividad antiparasitaria frente a un determinado grupo de parásitos gastrointestinales; sin embargo, casi que en su mayoría estos ensayos se han realizado de manera *in vitro*.

Efecto sobre microorganismos ruminales.

Los rumiantes se caracterizan por su capacidad de alimentarse de forrajes; esto se atribuye a la posibilidad de poder degradar hidratos de carbono estructurales del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina (Suárez & Guevara, 2017). En el rumen habita un gran número de microorganismos encargados de cumplir esta función de degradación; aproximadamente 1011 especies de bacterias por ml de líquido ruminal, 104 protozoarios por ml de líquido ruminal y 103 hongos por ml de líquido ruminal (Morgavi, Janssen & Attwood, 2013).

Para el caso de los protozoos, varios estudios han probado que tanto los taninos como saponinas tienen un efecto sobre la actividad protozoaria y, por tanto, sobre la digestibilidad y la metanogénesis (Patra, 2013). Así lo demostró un estudio realizado de manera *in vitro* por Tan et ál., en 2011, quienes hicieron la extracción de taninos condensados de *Leucaena leucocephala*

y, por ende, disminuyeron el 99% de microorganismos metanogénicos y un 83% en protozoarios con niveles de 20 a 60 mg/g de materia seca del sustrato de taninos; no obstante, la reducción de la población protozoaria no siempre fue proporcional a la disminución de la población metanogénica.

Resultados similares obtuvieron Delgado et ál. (2010) quienes realizaron la extracción con etanol de ocho plantas entre las que se destacan la *leucaena leucocephala* y *Gliricia sepium*; con ellas, midieron la defaunación ruminal y producción de metano. El análisis fitoquímico indicó la presencia de contenidos especialmente de taninos y saponinas, particularmente; la *L. leucocephala* mostró niveles más altos de taninos condesados que de saponinas. En el estudio, se encontró que las especies *L. leucocephala* y *G. sepium* afectaron negativamente la presencia de protozoarios; sin embargo, estos efectos son variables, pues dependen de la concentración de metabolitos que tengan las plantas evaluadas, origen y niveles de suplementación (Milevskaya, Prasad & Temerdashev 2019). Galindo et ál. (2016) integraron varias especies de arbustivas en donde se encontraban la *leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Pithecellobium dulce* y determinaron el efecto de estas sobre la producción de metano y población de protozoos en el rumen. Se hallaron efectos en la disminución de protozoos y, por ende, en la producción metano, puesto que en los animales defaunados tienden a reducir las emisiones de CH4 debido al incremento en la relación acetato/propionato y en el flujo de células microbianas desde el rumen (Leng, 2014). Entonces, concluyeron que las plantas

evaluadas pueden ser utilizadas en la dieta de rumiantes para reducir la población ruminal de protozoos y, por tanto, de metano, y atribuyeron este efecto en gran medida a la cantidad de metabolitos secundarios que contiene cada una de estas especies.

Con lo que respecta a la actividad antifúngica en el rumen, son pocos los estudios que se han realizado acerca del efecto de los metabolitos secundarios sobre estos microorganismos (Patra & Saxena, 2009). En un trabajo realizado por Barahona et ál. (2006), evaluaron el efecto de los taninos condensados sobre la actividad de las enzimas fibrolíticas del hongo ruminal anaerobio *Neocallimastix hurleyensis* y una esterasa de ácido ferúlico recombinante (FAE) del hongo aeróbico *Aspergillus niger*; la conclusión fue que los taninos condensados de las leguminosas *Desmodium ovalifolium* y *Flemingia macrophylla* tuvieron un efecto más antifúngico en comparación con la especie *Leucaena leucocephala* en el momento de inhibir la actividad de las enzimas fibrolíticas del hongo *Neocallimastix hurleyensis*. Además de esto, los autores concluyeron que estos efectos sobre la actividad enzimática de los hongos depende de la naturaleza del tanino y su asociación con la enzima.

Conclusiones

Las plantas contienen una amplia variedad de moléculas bioactivas, llamadas metabolitos secundarios, que han mostrados tener propiedades antimicrobianas, antifúngicas, antiparasitarias y en microorganismos ruminales. Con base en esto se ha generado

extracto de ciertas plantas para comprobar el tipo de efecto que tienen, especialmente en los rumiantes puesto que los efectos de estos metabolitos dependen de la dosis, estructura química de la planta y peso molecular.

En esta revisión se realizó una recopilación de estudios que se han ejecutado con la utilización de extractos de *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Senna spectabilis* y *Pithecellobium dulce*; dichas especies son muy utilizadas en la producción de rumiantes, de las cuales se ha demostrado tienen actividades antimicrobianas, antifúngicas, antiparasitarias y en microorganismos ruminales.

Referencias bibliográficas

Aderibigbe, S. A., Adetunji, O. A., & Odeniyi, M. A. (2011). Antimicrobial and pharmaceutical properties of the seed oil of *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit (Leguminosae). *African Journal of Biomedical Research*, 14(1), 63-68.

Akula, R., & Ravishankar, G. A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant signaling & behavior*, 6(11), 1720-1731.

Bautista-Baños, S., García-Dominguez, E., Barrera-Necha, L. L., Reyes-Chilpa, R., & Wilson, C. L. (2003). Seasonal evaluation of the postharvest fungicidal activity of powders and extracts of huamuchil (*Pithecellobium dulce*): action against *Botrytris cinerea*, *Penicillium digitatum* and *Rhizopus stolonifer* of strawberry fruit. *Postharvest biology and technology*, 29(1), 81-92.

Been, J., Joji Reddy, (2010). Evaluation of antibacterial activity of the leaf and flower essential oils of *Gliricidia sepium* from south India. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 2(2), 20-22.

Bodas, R., Prieto, N., García-González, R., Andrés, S., Giráldez, F. J., & López, S. (2012). Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1-4), 78-93.

Barahona, R., Sánchez, S., Lascano, C. E., Owen, E., Morris, P., & Theodorou, M. K. (2006). Effect of condensed tannins from

tropical legumes on the activity of fibrolytic enzymes from the rumen fungus *Neocallimastix hurleyensis*. *Enzyme and microbial technology*, 39(2), 281-288.

Delgado, D. C., Galindo, J., González, R., Savón, L., Scull, I., González, N., & Marrero, Y. (2010). Potential of tropical plants to exert defaunating effects on the rumen and to reduce methane production. *Sustainable Improvement of Animal Production and Health*. Rome: FAO, 49-54.

Fikry, S., Khalil, N., & Salama, O. (2019). Chemical profiling, biostatic and biocidal dynamics of *Origanum vulgare* L. essential oil. *AMB Express*, 9(1), 1-10.

Galindo, J., González, N., Marrero, Y., Sosa, A., Ruiz, T., Febles, G., ... & Noda, A. C. (2016). Effect of tropical plant foliage on the control of methane production and in vitro ruminal protozoa population. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(4).

Hernandez, P. M., Salem, A. Z., Elghandour, M. M., Cipriano-Salazar, M., Cruz-Lagunas, B., & Camacho, L. M. (2014). Anthelmintic effects of *Salix babylonica* L. and *Leucaena leucocephala* Lam. extracts in growing lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 46(1), 173-178.

Junior, J. T. C., de Moraes, S. M., Gomez, C. V., Molas, C. C., Rolon, M., Boligon, A. A., ... & Douglas, M. C. H. (2016). Phenolic composition and antiparasitic activity of plants from the Brazilian Northeast "Cerrado". *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(3), 434-440.

Kabore, A., Traore, A., Nignan, M., Gnanda, B. I., Bamogo, V., Tamboura, H. H., & Bélem, A. M. G. (2012). In vitro anthelmintic activity of *Leuceana leucocephala* (Lam.) De Wit.(Mimosaceae) and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud (Fabaceae) leave extracts on *Haemonchus contortus* ova and larvae. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 4(1), 303-309.

Kumar, M., Nehra, K., & Duhan, J. S. (2013). Phytochemical analysis and antimicrobial efficacy of leaf extracts of *Pithecellobium dulce*. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 6(1), 70-76.

Leng, R. A. (2014). Interactions between microbial consortia in biofilms: a paradigm shift in rumen microbial ecology and enteric methane mitigation. *Animal Production Science*, 54(5), 519-543.

Milevskaya, V. V., Prasad, S., & Temerdashev, Z. A. (2019). Extraction and chromatographic determination of phenolic compounds from medicinal herbs in the Lamiaceae and

Hypericaceae families: A review. *Microchemical Journal*, 145, 1036-1049.

Molan, A. L., Waghorn, G. C., Min, B. R., & McNabb, W. C. (2000). The effect of condensed tannins from seven herbage on *Trichostrongylus colubriformis* larval migration in vitro. *Folia parasitologica*, 47(1), 39-44.

Morgavi, D. P., Kelly, W. J., Janssen, P. H., & Attwood, G. T. (2013). Rumen microbial [meta] genomics and its application to ruminant production. *Animal* 7: 184–201. DOI: 10.1017/S1751731112000419.

Nazli, R., Akhter, M., Ambreen, S., Solangi, A. H., & Sultana, N. (2008). Insecticidal, nematocidal and antibacterial activities of *Gliricidia sepium*. *Pak. J. Bot*, 40(6), 2625-2629.

Olmedo-Juárez, A., Rojo-Rubio, R., Arece-García, J., Salem, A. Z., Kholif, A. E., & Morales-Almaraz, E. (2014). In vitro activity of *Pithecellobium dulce* and *Lysiloma acapulcensis* on exogenous development stages of sheep gastrointestinal strongyles. *Italian Journal of Animal Science*, 13(4), 3104.

Paiva, P. M., Gomes, F. S., Napoleão, T. H., Sá, R. A., Correia, M. T. S., & Coelho, L. C. B. B. (2010). Antimicrobial activity of secondary metabolites and lectins from plants. *Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology*, 1(2), 396-406.

Patra, A. K., & Yu, Z. (2013). Effective reduction of enteric methane production by a combination of nitrate and saponin without adverse effect on feed degradability, fermentation, or bacterial and archaeal communities of the rumen. *Bioresource technology*, 148, 352-360.

Patra, A. K., & Saxena, J. (2009). The effect and mode of action of saponins on the microbial populations and fermentation in the rumen and ruminant production. *Nutrition research reviews*, 22(2), 204-219.

Patra, A. K., & Saxena, J. (2009). Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. *Antonie van Leeuwenhoek*, 96(4), 363-375.

Pérez-Pérez, C., Hernández-Villegas, M. M., de la Cruz-Burelo, P., Bolio-López, G. I., & Hernández-Bolio, G. I. (2014). Efecto antihelmíntico in vitro del extracto metanólico de hojas de *Gliricidia sepium* contra nemátodos gastrointestinales de ovinos. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 17(1), 105-111.

Puerto Abreu, M., Arece García, J., López Leyva, Y., Roche, Y., Molina, M., Sanavría, A., & da Fonseca, A. H. (2014). Efecto in vitro de extractos acuosos de *Moringa oleífera* y *Gliricida sepium* en el desarrollo de las fases exógenas de estrongílicos gastrointestinales de ovinos. *Revista de Salud Animal*, 36(1), 28-34.

Ramírez Salcedo, H. E., Virgen-Calleros, G., Vargas-Radillo, J. D. J., Salcedo-Pérez, E., & Barrientos-Ramírez, L. (2015). Actividad antimicrobiana in vitro de extractos de hoja de *Guazuma ulmifolia* Lam. contra fitopatógenos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(27), 114-124.

Shanaida, M., & Golembiovska, O. (2018). Identification and component analysis of triterpenoids in *Monarda fistulosa* L. and *Ocimum americanum* L.(Lamiaceae) aerial parts. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*, [3 (13)], 26-31.

Suárez-Machín, C., & Guevara-Rodríguez, C. A. (2017). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 51(2), 21-30.

Tan, H. Y., Sieo, C. C., Abdullah, N., Liang, J. B., Huang, X. D., & Ho, Y. W. (2011). Effects of condensed tannins from *Leucaena* on methane production, rumen fermentation and populations of methanogens and protozoa in vitro. *Animal feed science and technology*, 169(3-4), 185-193.

Varón, L. E. S., & Granados, J. E. (2012). Interrelación entre el contenido de metabolitos secundarios de las especies *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia* y algunas propiedades físicoquímicas del suelo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3(1), 53-62.

1 Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, regional Huila. Correo correspondencia leidymachadocuellar@gmail.com

Caracterización físico - química de accesiones de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa*) en el Centro de Formación Agroindustrial.

Physicochemical characterization of passion fruit accessions passion fruit (Passiflora edulis var. Flavicarpa) at the Centro de Formación Agroindustrial.

Valentín Murcia Torrejano¹, Leidy Machado Cuellar¹, David Saavedra Mora¹, Yudy Paola Artunduaga Cuellar¹, Marco Fidel Flórez Rojas¹

Resumen

El Maracuyá es un fruto con alto potencial agroindustrial en el mercado de productos, en este sentido el objetivo de este estudio fue caracterizar físico y químicamente accesiones de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa*) en el Centro de Formación Agroindustrial, se seleccionaron cuatro accesiones redonda, ovalada, pequeña y grande, se evaluaron un total de doce variables físicas (Diámetro del fruto, Longitud del fruto, Peso del fruto, Firmeza del fruto, Diámetro del pericarpio del fruto, Peso de la pulpa más semilla, Porcentaje de la pulpa más semilla, Peso del jugo, Porcentaje del jugo, Peso de la cáscara, Peso de la semilla, Índice de semilla, cuatro químicas (Sólidos solubles, Ácido cítrico, pH, Actividad acuosa) y el rendimiento del jugo. El análisis de los resultados se realizó mediante un análisis de varianza con la prueba de Tukey ($p<0,05$) y un análisis multivariado, análisis de componentes principales (PCA). Se halló alta variabilidad de los caracteres fenotípicos y agronómicos de los

frutos en las accesiones grande, ovalada, pequeña y redonda, con las siguientes cifras: peso del jugo 41,13%, peso de la semilla 39,12%, índice de semilla 37,46%, diámetro del pericarpio del fruto 24,41% y peso de la pulpa más semillas 31,42%. La cantidad de °Brix presentó los mayores valores en la accesión categorizada como pequeña con 18,05, la cual mostró diferencias significativas en relación con las otras accesiones. En este sentido, estos valores permiten determinar el uso potencial de cada accesión, ya sea para la comercialización de la fruta fresca o aprovechamiento agroindustrial.

Palabras Claves: Accesiones, grados Brix, *Passiflora*, Caracterización físico-química.

Summary

Passion fruit is a fruit with high agroindustrial potential in the product market. Therefore, the objective of this study was to physically and chemically characterize passion fruit accessions (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa*) at the Centro de Formación Agroindustrial, where four accessions were selected: round, oval, small and large, a total of twelve physical variables were evaluated (fruit diameter, fruit length, fruit weight, fruit firmness, fruit pericarp diameter, pulp plus seed weight, percentage of pulp plus seed, juice weight, juice percentage, peel weight, seed weight, seed index, four chemical variables (Soluble solids, Citric acid, pH, Water activity) and juice yield. The analysis of the results was carried out by analysis of variance with Tukey's test ($p<0.05$) and multivariate analysis, principal component analysis (PCA). High variability of phenotypic and agronomic characters of fruits was found in the large, oval, small and round accessions, with the following figures: juice weight 41.13%, seed weight 39.12%, seed index 37.46%, fruit pericarp diameter 24.41% and pulp plus seed weight 31.42%. The amount of Brix produced the highest values in the accession categorized as small with 18.05, which showed significant differences in relation to the other accessions. In this sense, these values allow us to determine the potential use of each accession, either for the commercialization of fresh fruit or agroindustrial use.

Key Words: Accessions, Brix degrees, *Passiflora*, Physicochemical characterization.

Introducción

El cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa*) tiene un amplio crecimiento mundial, pero es originario de Brasil; además ese país es el principal productor, se cultiva principalmente en zonas tropicales que comprenden países de Sudamérica como Colombia, Bolivia, Perú, Ecuador y Venezuela; a estos se le suman Australia, Nueva Zelanda, Hawái, Suráfrica e Israel (Agostinho, 2017; Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2021).

En Colombia la producción de maracuyá está alrededor de 165.893 (ton/año), con un estimado de 9.571 (ha) sembradas y un rendimiento 308.47 (ton/ha). El departamento del Huila ocupa en el ámbito nacional el tercer lugar con una producción de 17.188 (ton/año), un área sembrada de 1.040 (ha) y un rendimiento de 16.52 (ton/ha. Específicamente el departamento del Meta tiene el primer lugar con una producción de 44.967 ton/año y área de 2.010 ha; el segundo lugar es de Antioquia con una producción 43.482 ton/año y área 2.343 ha (Agronet, 2022).

Actualmente en los cultivos hay una alta diversidad genética que ofrece diversas características morfoganómicas y físico-químicas; esta variabilidad conlleva un aumento de los costos de sostenimiento de las plantaciones y producción, debido a que requiere que los productores seleccionen los frutos que cumplen con las especificaciones del mercado (Campo et ál., 2009). Asimismo, la producción es un factor importante para el consumo y procesamiento agroindustrial del maracuyá; entonces, la pulpa, la cáscara y las semillas son la principal materia prima en los procesos industriales y, en esa medida, aportan un alto valor agregado (Gelape, 2017).

Por su parte, la calidad de la fruta de maracuyá depende principalmente de las características de tamaño, forma, coloración, rendimiento de pulpa, aroma, sabor, contenido de sólidos solubles totales, acidez, pH; además el color de la cáscara, grosor de la cáscara y peso son propiedades importantes que determinan el valor comercial y la aceptación del producto en el mercado (Siqueira, 2013).

El cambio de color es una etapa que culmina en la maduración de los frutos, al generar modificaciones en la textura, el sabor y la composición química del producto (Orjuela-Baquero et ál., 2011). Es fundamental contar con un fruto de buen aspecto, coloración homogénea, tamaño, forma y conservación de poscosecha, con lo cual se garantice el almacenamiento y transporte al consumidor final (Siqueira, 2013).

En este contexto, la forma de cultivar debe estar encaminada al mejoramiento de la calidad del producto, el establecimiento del manejo agronómico y fitosanitario, que permitan resaltar características físico-químicas importantes que cumplan con las exigencias del mercado y consumidor. En este sentido el objetivo de este estudio fue caracterizar física y químicamente accesiones de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa*), en el Centro de Formación Agroindustrial, lo cual es un insumo para determinar el uso agroindustrial de la fruta de maracuyá.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el Centro de Formación Agroindustrial SENA Regional

- Huila, ubicado en el municipio de Campoalegre, localizado en el kilómetro 38 vía al sur Neiva, Latitud 2°41'06,30" N, Longitud -75°19'35,91" W y altitud de 612 m s. n. m. Las condiciones climáticas de la zona son: temperatura promedio de 25,9° C, humedad relativa promedio de 65 a 75%, precipitación promedio anual de 1,300 a 1,800 mm con dos periodos de lluvia de marzo a junio y noviembre a enero (Saavedra et ál., 2019).

Selección del material

Se seleccionó un cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa*) de dos años de edad, con 400 plantas, sembradas a una distancia de 1 metro entre planta y 1,5 metro entre surco. Luego se identificaron cuatro accesiones según la forma del fruto que fueron producto de la polinización cruzada o constituida por genotipos de hermanos medios (Ocampo et ál., 2013); se tomaron cuatro plantas de cada accesión, redonda (Rd), ovalada (Ov), Pequeña (Pñ) y Grande (Gd); se recolectaron un total de 50 frutos de cada accesión para la determinación de las características físicas y químicas.

Análisis físico-químico

En cada fruto se analizaron variables físico-químicas como el diámetro del fruto (cm), longitud del fruto (cm), peso del fruto (g), firmeza del fruto (lb), diámetro del pericarpio del fruto (mm), peso de la pulpa más semilla (g), número de semillas, porcentaje de la pulpa (%), peso del jugo (g), porcentaje del jugo (%), peso de la cáscara (g), peso de la semilla (g), peso de la pulpa, índice de semilla, rendimiento del jugo, contenido de sólidos solubles utilizando un (medidor de

grados Brix), pH (potenciómetro) y acidez cítrica (medidor de acidez cítrica) (Alexandre et ál., 2018).

Análisis de datos

Los datos de cada una de las accesiones y variables físico-químicas de los frutos de maracuyá se evaluaron, mediante un análisis de varianza con la prueba de Tukey (p<0,05), empleando el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo et ál., 2020). En esa forma, se es estableció la diferencia entre las accesiones; asimismo, se hizo un análisis multivariado, mediante el *software R*, usando el paquete estadístico, análisis de componentes principales (PCA) (R, Core Team, 2022), y, finalmente, se determinó el rendimiento del jugo concentrado mediante la fórmula $R = (\%jugo \times ^\circ Brix) / 50^\circ Brix$ (Ocampo et ál., 2013).

Resultados y discusión

Análisis físico en accesiones de maracuyá

En total se analizaron 12 variables físicas de los distintos frutos de las cuatro accesiones de maracuyá; los resultados de análisis de varianza presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las accesiones caracterizadas (p<0.05) con un coeficiente de variación (CV) promedio de 24,78 de las 12 variables (Tabla 1. Ello demuestra una alta variabilidad de los caracteres fenotípicos y agronómicos de los frutos en las accesiones grande, ovalada, pequeña y redonda. Las variables que aportaron a esta variación están asociadas con el peso del jugo (41,13%), el peso de la semilla (39,12%), el índice de semilla (37,46%), el diámetro del pericarpio del fruto (24,41%)

y el peso de la pulpa más semillas (31,42%). Estos valores permiten determinar el uso potencial de cada fruto y/o accesión, ya sea para el aprovechamiento agroindustrial o para la comercialización de fruta fresca en mercados locales. Por otro lado, las variables como diámetro del fruto (DFR) y longitud del fruto (LFR) contribuyeron con menos del 9% de la variabilidad de los datos observados. Ocampo et ál. (2021) reportaron que la alta heterogeneidad en

las variables de rendimiento de la fruta se debe al resultado de la polinización cruzada entre las diferentes accesiones en el sistema productivo; además, influencia por la oferta agroclimática y por la interacción genotipo x ambiente. Así mismo, la variación de los frutos de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa degener*), en cuanto al tamaño y forma, está en función del ambiente del sitio definitivo del cultivo (Scorza et ál., 2017).



Tabla 1. Análisis de varianza de variables físicas en accesiones de maracuyá

Accesión	Variables físicas											
	DFR	LFR	PFR	FFR	DPFR	PPS	%PPS	PJU	%PJU	PCS	PSE	IS
Pñ	6,90 a	11,72 a	113,18 a	24,79 b	7,48 a	45,56 a	31,89 a	27,69 a	24,25 a	63,45 a	9,36 a	1,89 a
Ov	7,62 b	13,7 b	155,77 b	23,85 b	6,07 a	63,28 ab	32,67 a	37,85 ab	23,82 a	90,53 b	11,97 ab	2,23 a
Rd	7,84 b	13,35 b	165,06 b	23,46 b	6,19 ab	71,30 b	32,83 a	42,90 b	24,13 a	90,16 b	14,83 bc	2,4 ab
Gd	8,76 c	15,02 c	203,00 c	19,51 a	,96 a	99,17 c	40,98 b	66,79 c	32,2 b	99,74 b	17,26 c	3,20 b
CV (%)	7,88	8,36	21,68	14,79	24,41	31,42	20,92	41,13	20,92	29,31	39,12	37,46

a. DFR: Diámetro del fruto (cm); LFR: Longitud del fruto (cm); PFR: Peso del fruto (g); FFR: Firmeza del fruto (lb); DPFR: Diámetro del pericarpio del fruto (mm); PPS: Peso de la pulpa más semilla (g); %PPS: Porcentaje de la pulpa más semilla; PJU: Peso del jugo; %PJU: Porcentaje del jugo; PCS: Peso de la cáscara (g); PSE: Peso de la semilla (g); IS: Índice de semilla [(100semillas/g) sólidos solubles totales =]°Brix. Accesión: Grande (Gd); ovalada (Ov); Pequeña (Pñ) y redonda (Rd).
b. Letras distintas presentan diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de rango múltiples Tukey (p<0.05).

La accesión Grande presentó un diámetro longitudinal y ecuatorial del fruto superior, en comparación con las accesiones Pequeña, Ovalada y Redonda con valores de 15,02 cm y 8,76 cm (Tabla 1). En cuanto a la variable del peso de la fruta por su composición y tamaño de la fruta, la accesión de maracuyá Grande difiere estadísticamente de las demás, con resultado de peso promedio de 203,00 g, seguido de la redonda (165,06 g), ovalada (155,77g) y pequeña (113,18g). En este sentido Negreiros et ál. (2008) mencionan que el tamaño y el peso de los frutos son características apetecidas por el consumidor,

al momento de adquirir el producto en los mercados locales. Por otra parte, la longitud y el diámetro del fruto se relacionan con el número de total de semillas (Nascimento et ál., 1999) y con el rendimiento del jugo (Fortaleza et ál., 2005); por lo que aquellas se consideran características importantes en los procesos de comercialización de fruta fresca y procesos de transformación agroindustrial.

Sobre la variable de firmeza de la fruta (FFR), las accesiones categorizadas como pequeña, ovalada y redonda no difieren estadísticamente, con valores de 24,79,

23,85 y 23,46 lb respectivamente, pero sí se presentó diferencia significativa en la grande (19,51 lb) (p<0.05). Por otro lado, el diámetro de pericarpio del fruto (DPFR) presentó diferencias significativas (p<0.05), en la accesión pequeña con valor superior promedio de 7,48 mm con respecto a las ovalada, redonda y grande. En un estudio hecho por D’Abadia et ál. (2021) en *Passiflora cincinnata* bajo dos diseños de establecimiento (tutorado) observaron valores de espesor de la cáscara entre 2,96 mm a 3,49 mm respectivamente, valores cercanos al presente estudio para *Passiflora edulis*. En términos generales la accesión pequeña presenta características deseables para los procesos de exportación, comercialización en mercados especializados y uso agroindustrial, teniendo en cuenta que para el proceso de almacenamiento la cáscara debe tener grosor y/o diámetro del pericarpio para una buena conservación del fruto; este aspecto es fundamental en la reducción por deshidratación de la fruta por pérdida de agua. No obstante, Espitia-Camacho et ál. (2008) argumentan que el peso de la cáscara está asociado al peso del fruto, por lo que se deberían seleccionar frutos de cáscara compacta y delgada, parámetros encontrados en las accesiones categorizadas como ovalada y grande.

Los parámetros de rendimiento del fruto de las accesiones de maracuyá, es decir, peso de pulpa más semillas (PPS), porcentaje de pulpa (%PPS), peso del jugo (PJU) y porcentaje de jugo (%PJU) presentan diferencias significativas (p<0.05), donde la accesión grande presentó los mejores

resultados en comparación con la ovalada, redonda y pequeña; donde las características morfológicas del fruto en cuanto al tamaño y forma tienen una relación directa en los valores superiores del porcentaje de pulpa (40,98%) y porcentaje de jugo (32,52%), siendo destacada de las demás accesiones caracterizadas. Estas características son atractivas para la agroindustria, debido a que se pueden elaborar distintos productos como jugos, mermeladas y néctares (Espitia-Camacho et ál., 2008).

Análisis químico en accesiones de maracuyá

La cantidad de sólidos solubles totales (SST) presentó los mayores valores en la accesión categorizada como pequeña con 18,05 °Brix, la cual, mostró diferencias significativas en relación con las accesiones ovalada, redonda y grande con valores 17,50; 17,07 y 16.62 °Brix, respectivamente (Tabla 2). Estos resultados fueron superiores a los reportados por Ocampo et ál (2013) en la exploración de la variabilidad genética de maracuyá con valores mínimo de 14.50 °Brix y máximo de 16.98 °Brix; y en accesiones comerciales de maracuyá de la costa Pacífica ecuatoriana con resultados promedio de 14°Brix (Viera et ál., 2020). Respecto a las variables de acidez cítrica y pH no presentaron diferencias estadísticas en las accesiones estudiadas, donde los valores para ACC y pH en las accesiones caracterizadas presentan una similitud en los datos observados. De acuerdo con los criterios establecidos por la agroindustria nacional señalado por Roa (2011), las accesiones presentan resultados

desfavorables para pH y acidez cítrica; sin embargo, son favorables para el contenido de sólidos solubles totales. En este sentido, los rangos óptimos para las variables químicas para uso agroindustrial son: STT mayor a 14; acidez total entre 2,5 a 3,5 y pH entre 2,8 a 4,0 (Roa, 2011).

Tabla 2. Análisis de variables químicas en accesiones de maracuyá

Accesión	Variables químicas		
	°Brix	ACC	pH
Pñ	18,05 b	2,14 a	2,63 a
Ov	17,50 ab	2,34 a	2,59 a
Rd	17,07 ab	2,33 a	2,55 a
Gd	16,62 a	2,16 a	2,62 a
CV (%)	14,71	25,07	4,53

a. °Brix: contenido de sólidos solubles; ACC: acidez cítrica; pH: potencial del hidrógeno
b. Letras distintas presentan diferencias estadísticamente significativas según la prueba de rango múltiples Tukey (p<0.05).

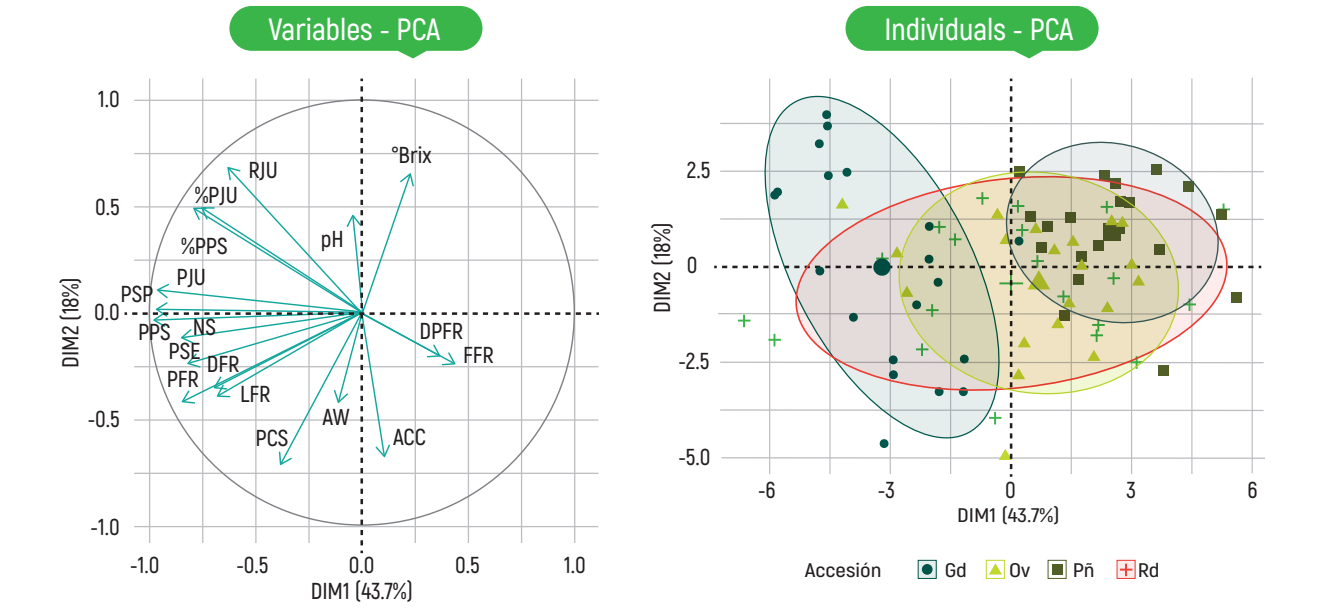
Correlación entre variables físico-químicas

El análisis de componentes principales mostró que los dos primeros ejes explican

el 61,7 de la variabilidad de los datos (Figura 1). Se evidencia una relación entre las variables PPS: Peso de la pulpa más semilla, NS: Número de semillas, PSE: Peso de la semilla, DFR: Diámetro del fruto, PFR: Peso del fruto, LFR: Longitud del fruto, las cuales se asocian directamente con la accesión grande. Asimismo las características AW, ACC, DPFR y FFR se relacionan con la accesión ovalada y los °Brix con la pequeña. Resultados similares los reportan Espitia-Camacho et ál. (2008), quienes mencionan una correlación entre las variables físicas peso de la pulpa, número de semillas, peso de las semillas en un estudio realizado en *Passiflora edulis var. flavicarpa*, sobre las correlaciones de algunas propiedades físicas y químicas del fruto. Asimismo, es importante resaltar que las prácticas de manejo integral del cultivo, en especial, asociadas a la fertilización equilibrada y la fenología de la planta en los sistemas productivos de maracuyá, presentan una incidencia significativa en las variables químicas y físicas de la fruta (Rodríguez-Yzquierdo et ál., 2020).



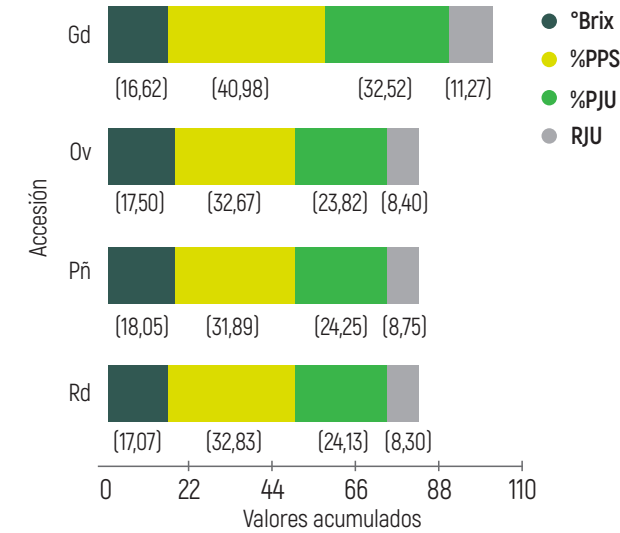
Figura 1. Proyección en plano factorial Dim1/Dim2, del análisis de componentes principales de las características físico-químicas de las accesiones de maracuyá.



a. círculo de correlación entre las variables físico-químicas: DFR: Diámetro del fruto (cm); LFR: Longitud del fruto (cm); PFR: Peso del fruto (g); FFR: Firmeza del fruto (lb); DPFR: Diámetro del pericarpio del fruto (mm); PPS: Peso de la pulpa más semilla (g); NS: Número de semillas; %PPS: Porcentaje de la pulpa más semilla; PJU: Peso del jugo; %PJU: Porcentaje del jugo; PCS: Peso de la cáscara (g); PSE: Peso de la semilla (g); PSP: Peso de la pulpa; IS: Índice de semilla [(100semillas/g) sólidos solubles totales ÷]°Brix; RJU: Rendimiento del jugo; °Brix: Contenido de sólidos solubles; ACC: Acidez cítrica; AW: Actividad acuosa. b. Accesiones de maracuyá: Grande (Gd); ovalada (Ov); Pequeña (Pñ) y redonda (Rd).

En el análisis físico-químico del fruto de las cuatro accesiones, las variables de calidad sólidos -solubles (°Brix) estuvieron en un rango de (16,62 a 18,05 °Brix), el porcentaje de pulpa más semilla y porcentaje del jugo con valores de 31,89% a 40,98% y 24,13 a 33,52 respectivamente y el rendimiento de jugo entre 8,30 a 11,27 (Figura 2). Estos parámetros permitieron evidenciar que las accesiones catalogadas como grande y ovalada tienen un alto potencial para el uso agroindustrial. Asimismo, autores como Ocampo et ál. (2013), en un estudio realizado para la exploración de la variabilidad genética del maracuyá, evaluaron variables físico-químicas y encontraron resultados similares a los de este estudio en los porcentajes de grados Brix, porcentaje de pulpa y rendimiento de jugo.

Figura 2. Comparación de las principales características de calidad del fruto en las cuatro accesiones de maracuyá.



*Brix: Contenido de sólidos solubles; %PPS: Porcentaje de la pulpa más semilla; %PJU: Porcentaje del jugo; RJU: Rendimiento del jugo. Accesiones de maracuyá: Grande (Gd); ovalada (Ov); Pequeña (Pñ) y redonda (Rd)

En general, el porcentaje de grados brix encontrado en las cuatro accesiones evaluadas está en un rango cercano; entonces, es óptimo para la formulación de procesos agroindustriales. Este contenido de sólidos solubles son en general una acumulación de azúcares entre los que se destacan la sacarosa, fructosa y glucosa; al presentarse un porcentaje adecuado de estos grados brix contribuye a una disminución de los costos de producción, debido a que el aporte de otros ingredientes como azúcares puede ser en menor cantidad (Torres et ál., 2013).

Conclusiones

- En este contexto, la evaluación de las cuatro accesiones representa un gran interés para el mejoramiento genético de maracuyá y para el uso agroindustrial; allí se encontraron parámetros de altos rendimiento de pulpa y contenido de sólidos solubles que pueden contribuir a disminuir los costos de producción.
- Al realizar una comparación entre las principales características de calidad de fruto, se puede evidenciar que las accesiones catalogadas como grande y ovalada tienen un alto potencial para el uso agroindustrial.
- La cantidad de sólidos solubles totales (SST) presentó los mayores valores en la accesión categorizada como pequeña con 18,05 °Brix, la cual mostró diferencias significativas en relación con las accesiones ovalada, redonda y grande, siendo esta característica atractiva para la agroindustria.

Agradecimientos

Al Centro de Formación Agroindustrial SENA - Regional Huila, en donde se llevó a cabo la ejecución del proyecto a través de un proyecto de investigación aplicada financiado por el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA).

Referencias bibliográficas

Agostinho, S. C. (2017). Local production arrangements for industrial production and processing of passion fruits - a case study in Rio de Janeiro, Brazil. En: Memorias Congreso Latinoamericano y Mundial de Passifloras. Neiva (Huila). ISSN: 2590-910X. 54 p.

D'Abadia, A. C. A., Costa, A. M., Faleiro, F. G., Malaquias, J. V., & Araújo, F. P. D. (2021). Yield and physical characterization of *Passiflora cincinnata* in the Brazilian Savanna. Pesquisa Agropecuária Tropical, 51. DOI: 10.1590/1983-40632021v5165795

Alexandre, R. S., Junior, K. R. M., Chagas, K., Siqueira, A. L., Schmiltdt, E. R., & Lopes, J. C. (2018). Physical and chemical characterization of sweet passion fruits genotypes in Sao Mateus, Espírito Santo State, Brazil. Comunicata Scientiae, 9(3), 363-371

Campo, J., Coppens d'Eeckenbrugge, G., y Jaramillo, N. (2009). Caracterización agro-morfológica del Maracuyá amarillo (*P. edulis* f. *flavicarpa* Degener) y la Gulupa (*P. edulis* f. *edulis* Sims). El cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: Maracuyá, Granadilla, Gulupa, y Curuba, Seminario Nacional de Pasifloráceas, Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. 345 p.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2020), InfoStat versión 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Espitia-Camacho, M., Araméndiz-Tatis, H., & Cardona-Ayala, C. (2008). Correlaciones para algunas propiedades físicas y químicas del fruto y jugo de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). Agronomía Colombiana, 26 (2), pp. 292-299.

Fortaleza, J. M., Peixoto, J. R., Junqueira, N. T. V., Oliveira, A. T. D., & Rangel, L. E. P. (2005). Características físicas e químicas em

nove genótipos de maracujá-azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. Revista Brasileira de Fruticultura, 27, 124-127.

Gelape, F.F. (2017). Genetic breeding and biotechnology of the *Passiflora* species: En: Memorias congreso latinoamericano y mundial de passifloras. Neiva (Huila). ISSN: 2590-910X. 54 p.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, (2021). Análisis de mercado maracuyá 2015-2020. Unidad de Inteligencia Comercial. 100 pág. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2071639/An%C3%A1lisis%20de%20Mercado%20-%20Maracuy%C3%A1%202015%20-%202020.pdf>

Nascimento, T. B. D., Ramos, J. D., & Menezes, J. B. (1999). Características físicas do maracujá-amarelo produzido em diferentes épocas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34, 2353-2358.

Negreiros, J. R. D. S., Araújo Neto, S. E. D., Álvares, V. D. S., Lima, V. A. D., & Oliveira, T. K. D. (2008). Caracterização de frutos de progênes de meios-irmãos de maracujazeiro-amarelo em Rio Branco-Acre. Revista Brasileira de Fruticultura, 30, 431-437.

Ocampo, J.; y Coppens d'Eeckenbrugge, G. 2009. Recursos genéticos de las Passifloraceae cultivadas en Colombia. El cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: Maracuyá, granadilla, gulupa y curuba, Seminario Nacional de Pasifloráceas. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. 345 p.

Ocampo, J., Urrea, R., Wyckhuys, K., & Salazar, M. (2013). Exploración de la variabilidad genética del maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como base para un programa de fitomejoramiento en Colombia. Acta Agronómica, 62(4), pp. 352-360.

Ocampo, J., Marín, V., & Urrea, R. (2021). Agro-morphological characterization of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) reveals elite genotypes for a breeding program in Colombia. Agronomía Colombiana, 39(2), 156-176.

Orjuela-Baquero, N. M., Moreno-Chacón, L., Hernández, M. S., & Melgarejo, L. M. (2011). Caracterización fisicoquímica de frutos de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) bajo condiciones de almacenamiento. Capítulo, 3, 33-44.

Red de información y comunicación del sector agropecuario Colombiano [Agronet]. (2022, 10 de octubre). Módulo de estadística. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>

R CORE TEAM. (2022). A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, Available at: <http://r-project.org>

Saavedra-Mora, D., Murcia-Torrejano, V., Machado-Cuéllar, L., Sánchez-Cerquera, J., Estrada-Quintero, L. F., & Ordóñez-Espinosa, C. M. (2019). Propiedades físicas y químicas de suelos y su relación con sistemas de producción en el municipio Campoalegre, departamento del Huila, Colombia. Bioagro, 31(2)

Siquería, K. F. (2013). Análise física e físico-química do maracujá-azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) na forma in natura do município de Buritis-ro. Faculda de de educação e meio ambiente. 42. Pag.

Scorza, L. C., Hernandez-Lopes, J., Melo-de-Pinna, G. F., & Dornelas, M. C. (2017). Expression patterns of *Passiflora edulis* APETALA1/FRUITFULL homologues shed light onto tendril and corona identities. EvoDevo, 8(1), 1-15.

Rodríguez-Yzquierdo, G. A., Pradenas-Aguila, H. E., Basso-de-Figuera, C. A., Barrios-García, M., León-Pacheco, R. I., & Pérez-Macias, M. (2020). Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de maracuyá. Agronomía Mesoamericana, 31(1), 117-128.

Roa, D. (2011). Exigencias del mercado de la parchita maracuyá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener) en los Estados Aragua y Carabobo. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Tesis pregrado.

Torres, R., Montes, E. J., Pérez, O. A., & Andrade, R. D. (2013). Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. Información tecnológica, 24(3), pp. 51-56.

Viera, W., Brito, B., Zambrano, E., Ron, L., Merino, J., Campaña, D., & Álvarez, H. (2020). Genotype x environment interaction in the yield and fruit quality of passion fruit germplasm grown in the Ecuadorian Littoral. International Journal of Fruit Science, 20(sup3), S1829-S1844.

¹ Corporación Universitaria del Huila – Corhuila, sede Neiva (Huila). Correo de correspondencia: saavedra.deivi@misena.edu.co

Las Huertas con Plantas Medicinales como estrategia para el Fortalecimiento de los Resultados de Aprendizaje en la Granja Experimental Corhuila: Sistematización de la Experiencia

Vegetable Gardens with Medicinal Plants as a Strategy for Strengthening Learning Outcomes at the Corhuila Experimental Farm: Experience systematization

Lili Estefani Fernández Toro¹, Santiago Bonilla Cuspian¹, Ofelia Palencia Fajardo¹, David Saavedra Mora¹.

Resumen

Los resultados de aprendizaje permiten comprobar y medir la formación de los estudiantes. En las instituciones de educación superior generar rúbricas y métodos de autoevaluación garantiza la calidad de los programas de formación. El objetivo de esta investigación fue sistematizar la experiencia de trabajo con semillero de investigación y especialmente la huerta como una infraestructura donde los estudiantes pueden aplicar el conocimiento aprendido en clase. La metodología que se llevó fue una sistematización de la experiencia desde el docente, los semilleros de investigación y el trabajo en el establecimiento de una huerta de plantas medicinales. Como resultado se obtuvo que la huerta se convierte en una infraestructura donde los estudiantes pueden aplicar el conocimiento teórico, pero a su vez un indicador de resultados de investigación.

Palabra claves: indicadores de evaluación; Educación superior

Summary

The learning outcomes allow to check and measure the training of students. In higher education institutions, the generation of rubrics and self-evaluation methods guarantees the quality of training programs. The objective of this research was to systematize the experience of working with research seedlings and especially the vegetable garden as an infrastructure where students can apply the knowledge learned in class. The methodology used was a systematization of the experience from the teacher, the research seedlings and the work in the establishment of a medicinal plant garden. As a result, the orchard becomes an infrastructure where students can apply theoretical knowledge, but at the same time an indicator of research results.

Keywords: evaluation indicators; higher education

Introducción

Los resultados de aprendizaje –RA– se definen como todas aquellas habilidades y conocimientos que se pueden comprobar mediante la formación de los estudiantes; con ella se esperaría que estos sean capaces de hacer, comprender y demostrar (Ruiz y Moya, 2020; Decreto 1330 de 2019). La aplicación de los RA deberá ser, en un contexto real, articulado con los objetivos de formación y vinculados a las competencias específicas de cada programa (Ramón y Vilchez, 2019, Noma et ál., Gómez, 2021). Las instituciones de educación superior declaran mediante enunciados los RA y estos son integrados en los programas de formación, como un factor para tener en cuenta dentro de la cultura de autoevaluación. Los RA están reglamentados por el Decreto 1330 de 2019 del Ministerio de Educación Nacional, “Por el cual se sustituye

el Capítulo 2 y se suprime el Capítulo 7 del Título 3 de la Parte 5 del Libro 2 del Decreto 1075 de 2015 –Único Reglamentario del Sector Educación–”.

Los procesos de evaluación institucional, y el Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026, indica los procesos de evaluación, con el fin de robustecer el aseguramiento de calidad de la educación superior en el país (Mineducación, 2017; Banco Mundial, 2016; OECD, 2016). Uno de los retos de las universidades a nivel de nacional es la definición y establecimiento de los RA, en los lineamientos de acreditación y seguimiento formativo, que aporten a la conceptualización y apropiación en los procesos curriculares, integrando los modelos pedagógicos e indicadores de evaluación (Estrada, 2022); además, de la diferenciación de competencias definidas para cada programa académico (Jerez, 2012).

La Corporación Universitaria del Huila – CORHUILA– establece la declaración de resultados de aprendizaje en el Proyecto Educativo Institucional en el Acuerdo 617 del 2020, y hace los enunciados en el ámbito institucional (Resultados de Aprendizaje Institucionales –RAI–), en el programa académico (Resultados de Aprendizaje del Programa –RAP–) y dentro de las asignaturas o módulos (Resultados de Aprendizaje de las Asignaturas –RAA–). Para aportar a los indicadores de la CORHUILA y en el “RAI 4. *“Busca soluciones pertinentes desde su disciplina, a partir de las condiciones locales, regionales, nacionales y globales, en procura de la generación de nuevos conocimientos e innovación tecnológica”* unas de las actividades pedagógicas e investigativas que propone este trabajo es la participación de estudiantes en semilleros de investigación y proyectos de innovación.

Los semilleros permiten vincular las diferentes habilidades técnicas y prácticas de los estudiantes, a partir de la investigación como herramienta para mejorar los desempeños, competencias y resolución de problemas sectorizadas, centradas en el trabajo en equipo, la cooperación y el respeto (Chavero-Tapia, 2020; Rafael, 2020; Dumont, 2020; Vargas, Pablo, & Tito, 2020). La aplicación de huertos es una excelente iniciativa para el desarrollo de prácticas educativas en el campo, por ser un método de apoyo en la investigación (Cano, 2015) enfocado a la interacción, comunicación y relación de los aprendizajes y prácticas con base en referentes externos e internos, que permiten tematizar problemas que se dan en las prácticas sociales (Ruiz, 2001). El

objetivo de la investigación fue sistematizar la experiencia institucional en los resultados de aprendizaje, mediante la aplicación de huertas medicinales.

Metodología

La investigación se realizó desde un enfoque cualitativo, de acuerdo con el paradigma crítico social y tipo de investigación acción participación –IAP–, que conlleva la profundización del conocimiento y transferencia, mediante la experiencia de los estudiantes en la granja experimental de CORHUILA. Allí evidencian el saber cómo la capacidad del hacer y demostrar, a través la evaluación de los resultados de aprendizaje en contexto aplicado. Los instrumentos de recolección de datos utilizados en el proceso de investigación fueron los diarios de campo, documento no estructurado que permitió llevar la secuencia de los procesos realizados. Para sistematizar la experiencia vivida, se realizó una entrevista a 12 estudiantes participantes del Semillero de Investigación Desarrollo de Innovación Agropecuaria.

Ejes de la Sistematización. La investigación se centró en los siguientes ejes de sistematización:

- El docente y el uso de la mediación en los procesos de investigación.
- La participación y desarrollo de actividades en los semilleros de investigación.
- La sistematización de la experiencia de los estudiantes en el establecimiento de la Huertas de plantas medicinales.

Resultados y discusión

El análisis de los resultados se presenta según los ejes de sistematización.

El docente y el uso de la mediación en los procesos de investigación

Los procesos de investigación en la CORHUILA se conciben en los espacios educativos en un acercamiento entre el docente y el estudiante, en la idealización y formulación de preguntas de investigación, cursos de metodologías o

el propio interés del estudiante en resolver un problema. Anualmente la institución, en su responsabilidad estratégica (Figura 1), para incentivar el desarrollo en Ciencia, la Tecnología y la Innovación (CTel), promueve convocatorias internas y externas para la presentación de proyectos, para abordar las necesidades inmediatas de los sectores productivos y/o emprendimientos. Con ello, los docentes, junto con los estudiantes, formalizan de forma práctica sus ideas, con objeto de cumplir con las exigencias del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTel).

Figura 1. Líneas de acción- Estrategias de la CORHUILA



El docente, por su parte, como mediador en los procesos de enseñanza y aprendizaje, ayuda a inducir al cambio, motivando y facilitando las experiencias adquiridas en

los estudiantes (Ratnawati, 2020; López, 2020; Silva, et ál., 2020). Esa función implica una labor que integra actividades interdisciplinarias y transdisciplinarias (Pérez,

et ál., 2020), en busca de que los estudiantes logren comprender e interpretar la dinámica de la investigación mediante estrategias metodológicas, didácticas y prácticas, que el docente proporciona en los contenidos curriculares de cada Programa de formación, con el fin de generar apropiación y uso del conocimiento.

El desarrollo de habilidades en estudiantes requiere la construcción de conocimientos de manera significativa, crítica y creativa, en el entendido del estudiante como protagonista de su proceso de aprendizaje. Allí los docentes de la CORHUILA deben mejorar aspectos metodológicos, didácticos, aplicados y dinámicos, para convertir el aula en un espacio de confianza y dinamismo (Osorio, 2007). El resultado de aprendizaje producto desde el docente hacia los estudiantes se reflejará en habilidades, comportamientos y competencias de comunicación, mediante estrategias cognitivas, metacognitivas, y socioafectivas en el desarrollo de método científico.

Participación y desarrollo de actividades en los semilleros de investigación

La experiencia con los semilleros de investigación ha permitido que se trascienda del aprendizaje teórico a la práctica, con miras a llevar al contexto el conocimiento

para la solución de las problemáticas que vive la comunidad y para la generación de nuevas propuestas. Inicialmente los estudiantes en la Corporación no mostraban mucho interés, debido al desconocimiento de los beneficios que la investigación puede tener en su desempeño profesional y en su vida personal.

Mediante la motivación de los docentes y el apoyo económico de la institución, se han venido creando grupos y semilleros (Tabla 1), que han participado en diferentes eventos y convenios, mediante convocatorias. Tal dinámica ha ofrecido la Oportunidad de fortalecer las habilidades de escritura de los estudiantes, por medio del desarrollo de artículos o notas científicas, además de la participación en eventos de divulgación tecnológica; así, se busca fortalecer el quehacer investigativo y resaltar los logros estudiantiles. Es importante destacar que el interés de participar en los semilleros parte del estudiante, como se evidencia en CORHUILA, que a la fecha cuenta con 29 semilleros de investigación (algunos en etapas iniciales y otros con un alto bagaje en el proceso, siempre liderado por un docente).

El avance en investigación a través de los semilleros ha sido representativo y ha sido apoyo para los investigadores de los diferentes grupos que han merecido reconocimiento por Minciencias a causa de sus aportes al nuevo conocimiento.



Tabla 1. Grupos de investigación y semilleros asociados

Grupo de Investigación	Semilleros de investigación asociados
Grupo de investigación KYRON de la facultad de veterinaria	CITVET: está orientado a la aplicación y solución de problemas desde las líneas de investigación: salud pública, epidemiología, bienestar animal, biotecnología sanitaria. AYMURAY: investiga las líneas de producción sostenible, silvopastoril y pastos y forrajes. SIFPA: orienta a los estudiantes en las líneas producción y conservación de forraje para la alimentación de animales domésticos y manejo racional del recurso suelo en las unidades productivas dedicadas a actividades agropecuarias. S.I. INVITRO: con sus líneas reproducción animal y clínica en grandes animales.
Grupo de investigación CORATENEA de la facultad de Ciencias Económicas y Administrativas	ELI que aplica en las líneas de investigación financiera, bursátil y social empresarial. SEICO acoge las líneas negocios internacionales, comercio exterior, relaciones internacionales e interculturalidad. RAÍCES investiga bajo la línea comercio de productos agropecuarios. COLOMBIA PROFUNDA cuyas investigaciones se basan en la línea turismo de naturaleza en regiones impactadas por el conflicto armado en Colombia. CORE 'Commercial Research' que proyecta la investigación hacia las líneas neuromarketing, inteligencia de negocios, y la neuroeconomía. ACTIVA realiza investigación de mercados, comportamiento del consumidor y mercadeo. SINAPSIS dirigida a investigaciones relacionadas con artes gráficas, fotografía, video y creatividad. DESARROLLANDO EL AGRO HUILENSE encaminado a solucionar la problemática socioempresarial en el área rural. SIDET enfoca la investigación en el desarrollo turístico regional. DIA que soporta su investigación en la sostenibilidad socioeconómica y ambiental, emprendimiento, empresarismo y mercadeo agropecuario. IMERCAP que aporta al área financiera y bursátil. ADMINISTR-ARTE que orienta las investigaciones en temas relacionados con las áreas social, empresarial y servicios financieros.
Grupo de investigación EFECTO AMBIENTAL, PROCING E IMPRONTI, de la Facultad de Ingenierías	ESCA se especializa en el estudio de los efectos de las actividades antropogénicas en el entorno. BIOPROCESOS participa en la solución de problemáticas que atañen a la remediación, impactos ambientales y energías renovables. MULUC encamina la investigación a la fauna y flora, biorremediación y vindicación como las construcciones Verdes. MACU que impacta las áreas relacionadas con análisis químico y biológico. SEQUIA que aporta a la ciencia mediante el análisis químico, biológico, educación ambiental y aprovechamiento de subproductos del agro o de la industria. PROYSST aborda los temas de seguridad y salud y gestión y desarrollo Industrial. PROCING-S soporta la investigación en la gestión y desarrollo industrial, desarrollo tecnológico e innovación pedagógica. SÍ AL INGENIO que aborda la investigación de la gestión y desarrollo industrial y el desarrollo tecnológico e innovación pedagógica. DEIICOR hace aportes al desarrollo empresarial y a proyectos de innovación industrial. GIDS encamina su intervención al desarrollo tecnológico e innovación industrial. E-LOGIC apoya el proceso investigativo desde la línea tecnologías de la información. SOCIEDAD NTIC orienta las investigaciones en el uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC). REIT apoya el tema del uso y aprovechamiento de energías renovables. SYSCOM y NOVATRONICS desarrollan actividades de investigación alrededor de Robótica, biomédica, instrumentación, automatización, control de proceso, control y automatización industrial, robótica e inteligencia artificial, desarrollo de aplicaciones en biomedicina Internet de las cosas.

Fuente: Elaboración propia



La investigación está centrada en la búsqueda de nuevas mejoras para el futuro. Sin embargo, incentivar la investigación es un reto para las diferentes instituciones educativas, por el escaso conocimiento del tema por parte de los estudiantes (Puentes et ál., 2021). Por tal motivo, es indispensable el desarrollo de fuentes de gestión, en razón al crecimiento de demanda del sector educativo, la cultura de información, y los modelos de comunicación definidos para cada programa académico (Yoza, 2019). Se busca promover, desde la lógica de la sistematización de experiencia, estrategias pedagógicas dentro de las cuales se encuentran con los semilleros de investigación (Rodríguez, 2022); que permiten mostrarles a los estudiantes las prácticas de consumo, y las distintas actividades como lo es la medicina natural (MEN, 2009).

Sistematización de la experiencia de los estudiantes en el establecimiento de la Huertas de plantas medicinales

Los estudiantes que participan del Semillero de Investigación DIA hablan desde un punto positivo el proceso realizado en práctica de las huertas medicinales. Señalan que, desde la entrega del área para el establecimiento de la huerta, fue un desafío; por ejemplo, al iniciar con la adecuación del lugar de trabajo, recolectar material como basura, piedras, palos, etc, con el fin de comenzar actividades. Pero principalmente llama la atención el compañerismo y el trabajo en equipo que aportan a las competencias humanas; según Arquero y Gallardo, (2014), las huertas son espacios de aprendizajes donde se adquieren nuevas experiencias con base en el conocimiento.



Figura 1. Actividades de adecuación de suelo para el establecimiento de la huerta de plantas medicinales.



Fuente: Semillero DIA

Los estudiantes mencionan que las actividades desarrolladas en torno a la investigación de la huerta de plantas medicinales aportan a la formación profesional y a forjar la autodisciplina; con ese propósito, se empleó el siguiente modelo:

Objetivos: El logro de objetivos implica un modelo real, previo a las diferentes situaciones mediante la práctica, y basados en la toma de decisiones de alto riesgo y

de baja incertidumbre; en esa medida, se acude a herramientas y estrategias que permiten dar solución a las incógnitas a través del aprendizaje.

Medios: La huerta de plantas medicinales se convierte en una infraestructura educativa, donde el docente puede dinamizar y resolver incógnitas con base en el proyecto productivo, generando respuestas que sean útiles para los estudiantes. Pero cabe destacar

que, en la mayoría de las respuestas, los estudiantes enfatizan en hacer transferencia de conocimiento con diferentes instituciones educativas. El proceso de enseñanza de aprendizaje para la educación superior debe

enfocarse a la transferencia de conocimiento (Aguayo, 2018), a través del aprendizaje y de medios educativos, para crear y promover el trabajo activo que propician, un debate y diálogo para una sólida asimilación de conocimientos (Salas, 2017).

Figura 2. Banco de plantas medicinales en la Granja Experimental CORHUILA



Fuente: Semillero de Investigación, Desarrollo e Innovación Agropecuaria DIA

Tabla 2. Plantas medicinales sembradas en el huerto medicinal

Nombre común	Nombre científico
Descanses	<i>Tradescantia spathacea</i>
Yerba santa	<i>Piper auritum</i>
Boldo	<i>Peumus boldus</i>
Ají	<i>Capsicum annuum</i>
Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i> L.
Altamisa	<i>Ambrosia peruviana</i>
Ortiga	<i>Urtica urens</i>
Paico	<i>Dysphania ambrosioides</i>
Pronto alivio	<i>Lippia alba</i>
Toronjil	<i>Melissa officinalis</i>
Yerba buena	<i>Mentha spicata</i>

Fuente: Elaboración propia

Motivación: Para la investigación, el docente y el estudiante parten de la motivación y capacidad para alcanzar objetivos y resultados de aprendizaje; ello implica la solución de problemas, toma de decisiones, regulación y gestión emocional, espacios interactivos que estimulan las competencias y habilidades de análisis, e interpretación y méritos personales.

Práctica: Investigar ayuda a tener posturas muy críticas ante la vida, mediante experiencias y conocimientos, gracias a las prácticas desarrolladas en campo con la construcción, por ejemplo, el trabajo

en la huerta, que constituyó un reto para los estudiantes. Estos participaron en la planeación y ejecución de diseño de riego, control cultural de arvense, siembra y seguimiento fenológicos de las plantas, que están estrechamente relacionados con los contenidos curriculares. Las experiencias que adquieren los estudiantes en la etapa prácticas y las bases aprendidas en relación con los habito trackers permiten organizar, propiciar compromisos así como trabajo cooperativo y colaborativo en la coordinación, en la ejecución y en la evolución de los proyectos.

Según González (2017) y Obregón (2020) rectifican, al igual que los estudiantes, que la investigación es la capacidad de desarrollar aptitudes, tanto procedimentales como cognitivas, y habilidades socioemocionales, así como llevar a cabo un trabajo en equipo. Mediante el liderazgo, se consiguen aprendizajes significativos, para mejorar la formación y la calidad de vida; tales aprendizajes están basados en el conocimiento y en la experiencia, para crecer en los ámbitos personal y profesional (Calderón & Vera, 2018).

Conocimientos adquiridos por los estudiantes

Según los estudiantes, al impulsar los proyectos con enfoques social, investigativo e innovador, mediante la formación profesional, se contribuye a la mejora de estrategias educativas como las siguientes:

- “Aprender a crear y desarrollar proyectos de investigación y proyectos productivos”.
- “Ampliar mis conocimientos en la horticultura”.
- “Poner en práctica todo lo aprendido durante mi carrera en la parte administrativa como al manejo de recursos”.
- “Aprender a mejorar los sistemas de cultivos y aplicar lo aprendido”.
- “Conocer más sobre la comercialización de los productos del sector agropecuario”.

Como un punto clave para el aprendizaje y el desarrollo de los estudiantes, dentro de las asignaturas se abarcan temas de seguridad alimentaria que van de la mano con el uso de la horticultura para mejorar el desarrollo y producción de los cultivos a futuro. “Los docentes promueven este tema con la realización de proyectos investigativos, para que podamos ampliar dichos conocimientos” dicen un estudiante. De una forma más directa, la articulación entre el docente de agropecuaria y el docente encargado de este proyecto del huerto han sido las personas que más promueven este tema mediante proyectos, investigaciones, cursos, conferencias de los centros de investigación del país como AGROSAVIA. La intención es obtener nuevos conocimientos y ampliar los que ya tenemos, mediante el hacer, cuando implica hacer físicamente un proyecto. Los docentes acompañan el proceso como mentores de aprendizaje, de modo que el trabajo sea más llevadero y satisfactorio.

Los procesos investigativos buscan la participación de docentes y estudiantes,

con el fin de crear espacios para la reflexión, la transformación de los procesos, proyectos y productos, con el objetivo de realizar ajustes y avanzar en la contribución de un nuevo orden social (Escobar et ál. 2016), generando a mediano y a largo plazo un efecto curricular en los programas de formación (Martínez, 2013).

Conclusiones

La principal enseñanza que deja el semillero en cuanto a los estudiantes es el trabajo en equipo, y la consolidación de conocimiento, ya que se logran los objetivos –sean estos en campo o fundamentados en el conocimiento, pues cada uno de los integrantes cuenta con una experiencia distinta a la del otro. Así se propicia la formación profesional con calidad humana, sociabilidad y compromiso mayores. Cuando se suplen las etapas del aprendizaje de reconocimiento, profundización y transferencia del conocimiento específicamente en el hacer, se demuestra que el resultado que se espera en el aprendizaje del estudiante es el más adecuado. Los procesos de investigación en los semilleros conformados por estudiantes se constituyen en un medio para evaluar los resultados de aprendizaje dentro los procesos de investigación.

Referencias Bibliográficas

Aguayo A. (2018). La reforma de nuestra educación. En: C. d. autores. Crítica y reforma universitarias. La Habana: Universidad de La Habana.

Arqueros, M., y Gallardo, N. (2014). La huerta agroecológica como proceso de enseñanzaaprendizaje. Ciencia en el aula, 24(140), 4353. <https://cienciahoy.org.ar/wpcontent/uploads/Cienciaenelaulahuertasparaaprender.pdf>

Banco Mundial (2016). Comentarios y propuestas a la reforma al Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Terciaria de Colombia.

Barragán Machado, N., Evangelista Ávila, I. I., & Chaparro Medina, P. M. (2019). Una interpretación desde la perspectiva de la hermenéutica analógica: la educación basada en la convivencia. IE Revista de Investigación Educativa de La REDIECH, 10(18), 193.

Calero Vera, K. L., & Vera Villamar, E. K. (2018). *Orientación vocacional en la formación profesional* (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación).

Cano, E. (2015). Huertos familiares, un camino hacia la soberanía alimentaria. Redalyc. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/906/90643038004.pdf>

Castro-Rodríguez, Y. (2022). Revisión sistemática sobre los semilleros de investigación universitarios como intervención formativa. Propósitos y Representaciones, 10(2), e873-e873.

Chavero-Tapia, R. M. d. los A. (2020). Los Cuatro Pilares de la Cooperación. 13(3), 1. Retrieved from https://photos.state.gov/libraries/mexico/3103_29/28april/The_Four_Pillars_of_Cooperation__ESP.pdf

Decreto 1330 de 2019 [Ministerio de Educación Nacional]. Por el cual se sustituye el Capítulo 2 y se suprime el Capítulo 7 del Título 3 de la Parte 5 del Libro 2 del Decreto 1075 de 2015 –Único Reglamentario del Sector Educación–. 25 de julio de 2019. D.O. número 51.025.

Escobar, J. V.; Castaño, D. A.; Ruiz, M. P. y Restrepo, J. C. (2016). Evaluación auténtica del impacto social de procesos, proyectos y productos de investigación universitaria: Un acercamiento desde los grupos de investigación. Revista Lasallista de Investigación, 13(1), pp. 166-180. <https://doi.org/10.22507/rli.v13n1a14>

González, B. (2017). Estudio sobre la pertinencia curricular del Programa de Administración de Empresas frente a la necesidad de mejora del nivel de competitividad de las pymes de Bucaramanga y su Área Metropolitana. Obtenido de Unidades Tecnológicas de Santander: <http://hdl.handle.net/10481/47957> https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v10i18.519

Jerez, O. (2012). Los resultados de aprendizaje en la educación superior por competencias [Tesis doctoral, Universidad de Granada - España, Facultad de Educación] Repositorio

Institucional – Universidad de Granada. <https://acortar.link/Jp6Alm>

López, A. B. V. (2020). Le role of the University professor in the training of researcher students from the early stage. Revista Cubana de Educación Media Superior, 34(2), 1-19. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v10i18.519

Martínez, J. (2013). Responsabilidad social en la investigación aplicada. Investigaciones Andina, 15(26), 625-626. Disponible en <https://revia.areandina.edu.co/index.php/IA/article/view/28>

MEN (2017). Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026. Bogotá

MEN, M. d. (2009). Colombia Aprende. Obtenido de Educar en la diversidad y para la diversidad: www.colombiaaprende.co.gov

Obregón, Á. (04 de febrero de 2020). Edacom Tecnología educativa. Obtenido de <https://blog.edacom.mx/que-son-habilidades-blandas>

Observatorio de la Universidad Colombiana. (2020). Resultados de aprendizaje: ¿Conviene o responden a un interés de terceros? <https://acortar.link/5dWCus>

OECD (2016). Education in Colombia. Paris: OECD Publishing.

Osorio S. 2007. La Teoría Crítica de la Sociedad de la Escuela de Frankfurt Algunos Presupuestos Teórico-Críticos. En Revista *Educación y Desarrollo Social* Vol. 1 (1), pp. 104-119.

Parra, K. N. (2014). El docente y el uso de la mediación en los procesos de enseñanza y aprendizaje. *Revista de investigación*, 38(83), 155-180.

Pérez, E.; Portilla Castell, Y.; Lema Cachinell, B. M.; Delgado Saeteros, E. Z. & Bell Rodríguez, R. (2020). Research competency training for students of the superior technological institute of administrative and commercial training (N. S., A. T., & K. W., Eds.). AHFE Virtual Conference on Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences, 2020, pp. 129-134. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50896-8_20

Puentes, J. P.; Gordillo Romero, N. F.; Cardona Gómez, L.; & Lara Wagner, J. A. (2021). Modelo de gestión del conocimiento para semilleros de investigación: requisitos académicos y administrativos. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(6), 159-167. file:///D:/Documents/Downloads/coordinadorrevistasc,+citas010.pdf

Rafael, J.; Dumont, D.; Vargas, S. R.; Pablo, L. & Tito, D. (2020). Los cuatro saberes de la educación como formación continua en las empresas. Fides Et Ratio, 19(19), 17-47.

Ramón, J. y Vilchez, J. (2019). Tecnología Étnico-Digital: Recursos Didácticos Convergentes en el Desarrollo de Competencias Matemáticas en los Estudiantes de Zona Rural. Información tecnológica, 30(3), 257-268.

Ratnawati, N., & Idris. (2020). Improving student capabilities through researchbased learning innovation on E-learning system. International Journal of Emerging Technologies in Learning, 15(4), 195-205. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i04.11820>

Ruiz, J. y Moya, S. (2020). Evaluación de las competencias y de los resultados de aprendizaje en destrezas y habilidades en los estudiantes de Grado de Podología de la Universidad de Barcelona. Educación médica. 21(2), 127-136

Ruiz, J. y Moya, S. (2020). Evaluación de las competencias y de los resultados de aprendizaje en destrezas y habilidades en los estudiantes de Grado de Podología de la Universidad de Barcelona. Educación médica. 21(2), 127-136

Salas Pérez. (2017). “Los medios de enseñanza en la educación en salud”, Biblioteca de Medicina. Vol XXIII. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

Scientific integrity among nursing students participating in the scientific initiation program: An exploratory study. Revista Da Escola de Enfermagem, 54. <https://doi.org/10.1590/S1980-220X2018047703548>

Estrada Cely, G. E. . (2022). RESULTADOS DE APRENDIZAJE PARA EL PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias –FAGROPEC–*, 14(1), 89-104. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v14n1a6>

Yoza, C. (enero-abril de 2019). La gestión de la información y el conocimiento, a partir de estrategias formativas innovadoras. ReHuSo, 4(1), 109-118. Obtenido de <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Rehuso/article/view/1887>

Efecto de la aplicación de *Trichoderma spp* en condiciones *in vitro* en el desarrollo vegetal de semillas de maíz (*Zea mays*).

Effect of the application of Trichoderma spp under in vitro conditions on the plant development of maize seeds (Zea mays).

Yoly Dayana Moreno Ortega¹, Katherine Suárez Collazos¹, Valentín Murcia Torrejano¹, Yenny Carolina González Sterling¹, Yeison Rodríguez Guzmán¹, Sergio Andrés Orduz Tovar¹, Jonatán Valencia Payan², María Goretti Ramírez¹

Resumen

El género *Thichoderma spp* es considerado como un agente biocontrolador de patógenos activos en el suelo y bioestimulador de plantas vegetales; sin embargo, unos de los principales problemas es el desconocimiento sobre la comunidad microbiana presente en suelos y sobre su potencialidad para la elaboración de biofertilizantes. Se hizo un experimento en condiciones *In vitro*, con el objetivo de evaluar el efecto del *Trichoderma spp* en el porcentaje de germinación y, como promotor de crecimiento vegetal del maíz (*Zea mays L*), se seleccionaron semillas de Maíz variedad ICA V305; se establecieron suspensiones de 103 y de 105 conidios/mL y un tratamiento testigo. Se evaluó el porcentaje de germinación durante tres días, dado el potencial germinativo; posteriormente; las semillas germinadas se trasplantaron a macetas, usando 200 gramos de suelo, y se observó periódicamente durante 15 días se registraron datos de crecimiento vegetal como: longitud de raíz (LR), longitud del tallo (LT), grosor de la base del tallo (GBT), peso húmedo y seco (PFT). De acuerdo a esto, el tratamiento de la suspensión de 105 conidios/mL se evidencia mayor efecto en el grosor de tallo con media (2,78

mm), número de hojas verdaderas (3,83) y peso fresco total (2,61 gr). Sin embargo, la variable de porcentaje de germinación no presentó diferencias estadísticamente significativas, pero se evidencia que la concentración 105 conidios/mL tiene potencialidad de germinación acelerada; así, mejoran las características morfológicas de la semilla de maíz y se indica que el género *Trichoderma spp* tiene características potenciales para la elaboración de biofertilizantes.

Palabras Claves: Biofertilizante, *Trichoderma spp*, maíz, biopromotor vegetal.

Summary

Thichoderma spp is considered as a biocontrol agent of pathogens active in the soil and biostimulator of vegetable plants; however, one of the main problems is the lack of knowledge about the microbial community present in soils and about its potential for the elaboration of biofertilizers. An experiment was carried out under *In vitro* conditions, with the aim of evaluating the effect of *Trichoderma spp* on the percentage of germination and, as a plant growth promoter of corn (*Zea mays L*), seeds of corn variety ICA V305 were selected; suspensions of 103 and 105 conidia/mL and a control treatment were established. The germination percentage was evaluated for three days, given the germination potential; then, the germinated seeds were transplanted into pots, using 200 grams of soil, and were observed periodically for 15 days. Plant growth data were recorded, including: root length (LR), stem length (LT), stem base thickness (GBT), wet and dry weight (PFT). Based on the foregoing, the treatment of the 105 conidia/mL suspension showed the greatest effect on stem thickness with mean (2.78 mm), number of true leaves (3.83) and total fresh weight (2.61 gr). However, the variable of germination percentage did not present statistically significant differences, but it is evidenced that the concentration 105 conidia/mL may accelerate germination; thus, the morphological characteristics of the corn seed improve and it is observed that the genus *Trichoderma spp*. has potential characteristics for the elaboration of biofertilizers.

Key Words: Biofertilizer, *Trichoderma spp*, corn, plant biopromoter.

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje SENA – Regional Huila. Centro de Formación Agroindustrial La Angostura. Grupo de Investigación Agroindustrial La Angostura
² Servicio Nacional de Aprendizaje SENA – Regional Huila. Centro de la Industrial, la Empresa y los Servicios. Semillero de Investigación SENABIOTEC, Instructor SENNOVA
Autor para correspondencia: ydmoreno43@misena.edu.co

Introducción

El maíz (*Zea mays*) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas) (Sánchez & Pérez, 2015). Ocupa el primer lugar en términos de producción y el tercero, después del trigo y el arroz, en relación con área cubierta (FAO, 2004). En Colombia, el maíz es el tercer cultivo con mayor superficie de siembra después del café y el arroz, lo cual es un referente de la relevancia que representa el cultivo para los agricultores colombianos (Figueroa & Aguilar, 2019).

En Colombia el cultivo de maíz (*Zea Mays*) se encuentra ampliamente difundido en todas las regiones de nuestro país, dada a su especial adaptabilidad a diversas condiciones agroclimáticas. Específicamente en el departamento del Huila el cultivo de maíz otorga una ventaja competitiva en los sistemas agrícolas, dadas a las características propias de la zona de vida de bosque seco tropical Bs-t (Holdridge 1987). Sin embargo, la producción de maíz ha tenido una gran disminución en los últimos años, originada por el desestímulo en el manejo agronómico del cultivo y el abandono por problemas fitosanitarios (Ramírez et ál., 2016).

El género *Trichoderma spp* está compuesto por un grupo de especies de hongos saprofitos que se encuentra en ecosistemas como los bosques, suelos agrícolas y de la madera (Zin & Badaluddin, 2020) y es ampliamente conocido por el efecto antagónico frente a agentes patógenos del suelo. Debido a su ubicuidad, facilidad de aislamiento y cultivo son utilizados para el control de patógenos

y a su vez, como promotor de crecimiento y fortalecimiento vegetal (El_Komy, Eranthodi & Molan, 2015).

El efecto biocontrolador de patógenos ha comprobado que la inoculación del género *Trichoderma spp* aporta beneficios a las plantas a través de la descomposición de materia orgánica. Por ello, se utiliza frecuentemente como un organismo biofertilizante en diferentes productos comerciales (Moreno et ál., 2007), promoviendo el crecimiento y desarrollo de los cultivos y produciendo metabolitos que estimulan los procesos de desarrollo vegetal (Zin & Badaluddin, 2020). Tiene la capacidad de multiplicarse en el suelo y colonizar las raíces de las plantas; de tal forma, ofrece protección en esta zona contra patógenos y también al desarrollo robusto de las plantas (Contreras et ál., 2015). La presente investigación tuvo como objetivo comprobar la potencialidad de la cepa nativa de *Trichoderma ssp*, como inoculante biopromotor del crecimiento de maíz, mediante la evaluación de su efecto sobre la germinación.

Materiales y métodos

Área de estudios y tratamientos.

El ensayo fue conducido en condiciones controladas en el Laboratorio de Microbiología y Zoología del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura. La cepa de *Trichoderma spp* fue aislada de suelo de bosque seco tropical, ubicado en el municipio de Palermo. Se hizo producción del hongo en cajas de Petri, usando medio de cultivo PDA (papa dextrosa), incubándose

a 27° C durante 5 días. A partir de este cultivo esporulado, se prepararon suspensiones del orden de 103, 105 Conidios mL-1 en solución salina estéril.

Germinación in vitro de semillas de maíz

En cajas de petri se colocaron círculos de papel filtro sobre algodón y fueron esterilizadas en autoclave a 121°C con 15 PSI por 15 min. Posteriormente en cada caja fue adicionada agua destilada estéril hasta saturar el soporte, y en seguida se colocaron 5 semillas por cada caja de petri de maíz variedad V305 certificadas por el IGAC, previamente lavadas con agua destilada para remover el funguicida. Se usa un diseño de bloques completos al azar, con tres factores, conformado por las dos concentraciones 103 y 105 conidios/mL y un tratamiento sin inocular. Cada unidad experimental fue inoculada con 1 mL de la suspensión de las concentraciones de *Trichoderma spp*; cada tratamiento contó con tres repeticiones. Cada unidad experimental fue inoculada con 1 mL de la suspensión de las concentraciones de *Trichoderma spp*; al tratamiento testigo (sin inocular) solo se le agregó 1 mL de agua destilada estéril. Todas las cajas se mantuvieron a oscuridad a 28°C. Se hicieron observaciones diarias durante 3 días, durante los cuales se registró el número de semillas germinadas, considerando semillas germinadas aquellas cuya radícula alcanzó 2 mm de longitud.

A partir de los datos registrados se determinó el porcentaje de germinación (PG) expresado como el porcentaje total de semillas germinadas a los 3 días. A esta

variable también se le llama capacidad de germinación.

Desarrollo de plántulas

Una vez evaluada la germinación, se tomaron las semillas de cada tratamiento y cada una fue sembrada a 1 cm de profundidad en recipientes con 200 g de suelo tomado de la unidad agroecológica del centro de formación previamente analizado. Después de trasplantadas las semillas al suelo, fueron inoculadas con 4 mL de las suspensiones de 103 y 105 conidios/mL. *Trichoderma spp*, respectivamente, y un testigo sin inocular. Las plántulas se mantienen en condiciones in vitro con humedad relativa del 62% y temperatura 25° ± 27°C. El volumen del aire, la luminosidad y el ataque de plagas se encuentran controlados con riego diario en horas de la mañana, agregando 20 mL a cada maceta; se usa un diseño de bloques completos al azar, conformado por las dos concentraciones 103 y 105 conidios/mL. Cada tratamiento contó con tres repeticiones. Después de 20 días se registraron medidas dasométricas como: la longitud de la raíz (LR), grosor de la base del tallo (GBT), número de hojas verdaderas (NHV), longitud del tallo (LT) y se determina el peso fresco (PFT) de cada una de las plantas.

Resultados y discusión

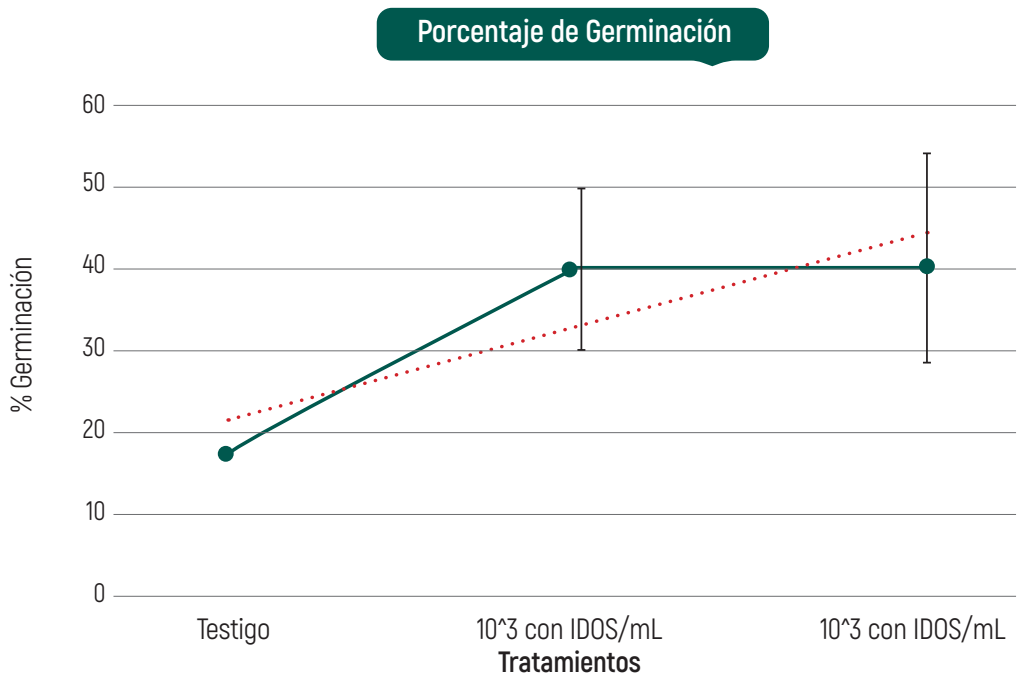
Porcentaje de Germinación en condiciones in vitro

Los resultados obtenidos en el porcentaje de germinación en condiciones *in vitro*, para la germinación en maíz no presenta diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0,05$); sin

embargo, se evidencian diferencias entre las medias 105 Conidios/mL frente a 103 Conidios/mL donde se presenta un mayor porcentaje de germinación (Fig.1). Este incremento en germinación puede ser muy representativo para los agricultores, debido a que eleva el número de plantas emergidas,

lo que representa mayor uniformidad en el cultivo; esto suscita mayor eficiencia en las labores agronómicas y, por tanto, un aumento en la productividad. Asimismo, Montes et ál. (2019) reportó en su trabajo un mayor índice de germinación en semillas de maíz inoculadas con *Trichoderma sp.*

 **Figura 1 SEQ Figura * ARABIC 1. Medias en porcentaje de germinación en condiciones in vitro (P ≤ 0,05)**



Con respecto a la longitud de raíz en condiciones in vitro, a los 3 y 4 días, las medias de los tratamientos (Tabla 1) no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, ya que presentaron valores similares entre los tratamientos. Por tal motivo, la inoculación de *Trichoderma spp* no evidenció una respuesta positiva

en comparación con el tratamiento testigo; estos resultados coinciden con los descritos por Arias Rodas (2016), el cual establece que la aplicación de *Trichoderma spp* a una concentración baja versus agua no induce positivamente las repuestas fisiológicas en cultivo de mora variedad castilla.



Tabla 1. Medias de Longitud de raíz en condiciones in vitro

Tratamientos	Longitud de raíz. Día 3	Longitud de raíz. Día 4
	$\bar{X} \pm EE$	$\bar{X} \pm EE$
Testigo	3,219 ± 0,521 ^a	17,00 ± 1,998 ^a
10 ^{^3} conidios/ml	3,555 ± 0,654 ^a	16,10 ± 1,997 ^a
10 ^{^5} conidios/ml	4,637 ± 0,711 ^a	19,13 ± 1,997 ^a

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas. Prueba de rango múltiples Tukey (P≤0,05).

Desarrollo de plántulas

El tratamiento con la concentración 105 conidios/mL presentó diferencias estadísticamente significativas frente al tratamiento 103 conidios/mL y el tratamiento testigo; evidenció que las variables grosor de la base de tallo (GTB), número de hojas verdaderas (NHV) y peso fresco total (PFT) presentaron un efecto positivo sobre las variables dasométricas mencionadas anteriormente (Tabla 2). A su vez, en un trabajo en condiciones de campo Worlu et ál. (2022) evaluó parámetros de crecimiento y el rendimiento de *Zea mays L*, con lo que demostró que las especies de *Trichoderma* tienen efectos positivos sobre todos los

parámetros de crecimiento en los distintos niveles de concentración de 103 esporas/ml, 105 esporas/ml y 107 esporas/ml. Algunos autores han demostrado que la aplicación de *Trichoderma spp* mejora considerablemente la estimulación de variables de crecimiento vegetal en cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) (Cubillos, et ál., 2009; Hernández et ál., 2013). Por otro lado, la aplicación de *Trichoderma spp* no actuó directamente en la longitud de raíz (LR) y longitud del tallo (LT) en nuestro estudio; aun así, Rai et ál. (2020) menciona las limitaciones con el uso de *Trichoderma spp* en la agricultura; tiene una eficiencia que depende sensiblemente de los factores ambientales y de su nicho ecológico.



Tabla 2. Medias para longitud de tallo (LT), grosor del tallo en la base (GTB), número de hojas verdaderas (NHV), longitud de la raíz (LR), y peso fresco total (PFT); de las plántulas de Maíz establecidas en condiciones In vitro durante 20 días

Tratamiento	LT (cm)	GTB (mm)**	NHV**	LR (cm)	PFT (gr)**
		2,63 ±		15,08 ±	2,00 ±
10 ^{^3}	10,23 ± 0,55 ^a	0,09 ^a	3,3 ± 0,20 ^a	1,03 ^a	0,20 ^a
		2,78 ±		18,45 ±	2,61 ±
10 ^{^5}	12,05 ± 0,38 ^a	0,10 ^b	3,83 ± 0,13 ^b	1,03 ^a	0,17 ^b
		2,07 ±		16,15	1,41 ±
Testigo	11,42 ± 0,93 ^a	0,11 ^a	3,2 ± 0,14 ^a	1,66 ^a	0,16 ^a

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas. ++ Variables dasométricas que presentaron diferencias. Prueba de rango múltiples Tukey (P≤0,05).Conclusiones

Conclusiones

La aplicación de *Trichoderma spp.* en el cultivo de maíz mejoró notablemente el crecimiento y el desarrollo en condiciones controladas, donde se presentaron diferencias estadísticamente significativas en grosor de la base del tallo, número de hojas verdaderas y peso fresco total en la concentración 105 conidios/ml; este hecho demostró que la aplicación de cepa nativa *Trichoderma spp* posee condiciones para la elaboración de productos de biofertilizantes.

Recomendaciones

- Para la realización de estudios posteriores, sería pertinente la utilización de varias concentraciones de *Trichoderma spp* en condiciones in vitro.
- Se recomienda utilizar mayor número de especies vegetales y otro tipo de plantas, para demostrar el comportamiento o respuesta del *Trichoderma spp* sobre esta.
- Realizar ensayos entre especies del hongo *Trichoderma spp* con hongos patógenos de importancia agrícola.
- Sería pertinente ampliar el número de especies de *Trichoderma spp* y hongos de crecimiento vegetal, en condiciones in vitro e invernadero, con el fin de evidenciar el estímulo promotor y la capacidad antagonista.
- Para obtener la caracterización completa del efecto de la aplicación de *Trichoderma spp*, se recomienda realizar pruebas de

contenido de materia orgánica, elementos mayores y menores presentes en el suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos, para corroborar su aporte a la fertilidad en porcentaje de incremento o disminución de los nutrientes. Y de igual manera la caracterización de microorganismos microorganismos patógenos en el suelo.

Se recomienda evaluar durante más tiempo el comportamiento del hongo frente a las respuestas fisiológicas de la planta en sustratos obtenidos de residuos orgánicos para comprobar su efectividad.

Referencias bibliográficas

Arias Rodas, F. E. (2016). Evaluación de dos cepas de trichoderma *T. harzianum*, *T. koningii* como estimulantes del desarrollo radicular de estacas de mora de castilla *Rubus glaucus*, Benth.

Cubillos-Hinojosa, J., Valero, N., & Mejía, L. (2009). *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* degener). *Agronomía Colombiana*, 27(1), 81-86.

Contreras Cornejo H, A., Macías Rodríguez L., Garnica V,A et ál. (2015). *Trichoderma* modulates stomatal aperture and leaf transpiration through an abscisic acid-dependent mechanism. *J Plant Growth Regul*, 34 (4)25-432.

El_Komy, M. H., Saleh, A. A., Eranthodi, A., & Molan, Y. Y. (2015). Characterization of novel *Trichoderma asperellum* isolates to select effective biocontrol agents against tomato *Fusarium wilt*. *The Plant Pathology Journal*, 31(1), 50.

Fao (2004). www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s02.htm. Consultado en línea 31/08/2016.

Figueroa, E., & Aguilar, A. (2019). Maíz para Colombia Visión 2030. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Holdridge, I. R. (1987). Ecología basada en zonas de vida [n.º 83]. Agroamérica.

Hernández Sarmiento, C. F., & Plasencia Maldonado, j. L. (2013). Biocontrol del mal del semillero, enfermedad causada por los hongos *pythium* sp. Y *Phytophthora* sp. En tomate de árbol (*Solanum betaceum*) empleando hongos antagonistas del género *Trichoderma* sp. A nivel de semilleros.

Moreno-Sarmiento, N., I. Moreno-Rodríguez y D. Uribe-Vélez. (2007). Biofertilizantes para la agricultura en Colombia. pp. 38-45. En: izaguirre-mayoral, m.l., c. Labandera y j. Sanjuán (eds.). Biofertilizantes en iberoamérica: una visión técnica, científica y empresarial. Imprenta Denad Internacional, Montevideo.

Montes, D., Castaño, E., Sánchez, S., Díaz, Y., & la Salud, V. (2019). *Trichoderma* sp. como promotor de crecimiento del maíz (*Zea mays*) en Valledupar, Cesar. *Trichoderma* sp. as a corn growth promoter (*Zea mays*) in Valledupar, Cesar.

Ramírez, Z. R., Santillán, J. A. L., Hernández, E. O., Drouaillet, B. E., Martínez, J. A. P., del Carmen Mendoza, M., ... & Domínguez,

J. A. M. (2016). Importancia de la resistencia del maíz nativo al ataque de larvas de lepidópteros. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 20(59-200).

Rai, N., Limbu, A. K., & Joshi, A. (2020). Impact of *Trichoderma* sp. in agriculture: A mini-review. *Journal of Biology and Today's World*, 9(7), 1-5.

Sánchez Ortega, I., & Pérez-Urria Carril, E. (2015). Maíz I (*Zea mays*). *Ene*, 15, 39.

Worlu, C. W., Nwauzoma, A. B., Chuku, E. C., & Ajuru, M. G. (2022). Comparative Effects of *Trichoderma* species on Growth Parameters and Yield of *Zea mays* (L.). *IJBMS-International Journal of Biological & Medicine Science*, 5(02), 01-09.

Zin, N. A., & Badaluddin, N. A. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168-178.

1. Tecnología en Gestión de Recursos Naturales, SENA. Regional Putumayo, Colombia.
2. Formación Profesional Integral, SENA. Regional Putumayo, Colombia. Correo de correspondencia: ariascos@sena.edu.co

Recuperación de suelos degradados por sobrepastoreo, con diferentes sustratos en el departamento de Putumayo, Colombia

Recovery of soils degraded by overgrazing, with different substrates in the department of Putumayo, Colombia

Bayron Esteban Santander Quiñones¹, Lisnarda Paola Chaves Fernández¹, Oneyda Nathalia Rodríguez Pantoja¹, Gina Lorieth Rosas Torres¹, Tatiana Ordóñez Ortega¹, Adrián Rolando Riascos Vallejos²

Resumen

El mal manejo de praderas inicia con la pérdida del vigor de las plantas, trae propagación de malezas y propicia la compactación del suelo; así, deteriora gravemente las propiedades físicas y químicas del mismo. Ese proceso es intensificado por la ganadería extensiva. Con el objetivo de evaluar la recuperación de suelos degradados por sobrepastoreo con diferentes sustratos –compost bovino, compost porcino y abono verde– en el departamento de Putumayo, se utilizó un diseño estadístico irrestricto al azar y se aplicó el test de Tukey para las diferencias entre medias. Los resultados arrojan que aritméticamente los tratamientos T4 (precompostaje bovino) y T2 (abono verde) son mejores. Sin embargo, el CV = 53,75 y (p<= 0,05) indican que no hubo diferencias entre tratamientos; esto puede deberse a factores como especie forrajera, fertilidad del suelo, prácticas de manejo del cultivo y el clima durante el proceso. Por consiguiente, los precompostajes no tuvieron reacción por las razones anteriormente expuestas y se concluye que tanto la aplicación de compostajes como la implementación de forrajes pueden ser efectivas para mejorar las cualidades de los suelos. En todo caso, hay que tener en cuenta variables como las condiciones climáticas (altas temperaturas); estas tienen efecto negativo en los procesos de germinación de la especie forrajera.

Palabras claves: *Panicum maximum*, temperatura, Germinación, nutrientes del suelo

Summary

Poor grassland management starts with the loss of plant vigor, leads to the spread of weeds and causes soil compaction, seriously deteriorating the physical and chemical properties of the soil. This process is intensified by extensive cattle farming. In order to evaluate the recovery of soils degraded by overgrazing with different substrates -bovine compost, swine compost and green manure- in the department of Putumayo, an unrestricted randomized statistical design was used and the Tukey test was applied for differences between means. The results show that, arithmetically, T4 (bovine pre-composting) and T2 (green manure) treatments are arithmetically better. However, CV = 53.75 and (p<= 0.05) indicate that there were no differences between treatments; this may be due to factors such as forage species, soil fertility, crop management practices and weather during processing. Consequently, precomposts had no reaction for the above reasons and it is concluded that both the application of composts and the implementation of forages can be effective in improving soil qualities. In any case, variables such as climatic conditions (high temperatures) must be taken into account; these have a negative effect on the germination processes of the fodder species

Keywords: *Panicum maximum*, temperature, Germination, soil nutrients.

Introducción

La ganadería extensiva se considera una de las actividades económicas más comunes en Colombia. Sin embargo, dicha práctica trae consigo problemas ambientales como la conexión directa e indirecta con la tala y quema de bosques; además de otros impactos ambientales negativos tales como la deforestación de los bosques tropicales, la erosión, la compactación de los suelos frágiles, polución de aguas, eutrofización

de zonas costeras, cambios en la cobertura vegetal y disminución de la biodiversidad (plantas y animales). (Gómez et ál., 2019).

El proceso de degradación de praderas por mal manejo inicia con debilitamiento de las plantas, las cuales presentan hojas angostas, un bajo índice de verdor y la disminución en su capacidad de rebrote. En consecuencia, se percibe la pérdida de la cobertura aérea de la especie forrajera, lo que deja espacio para el desarrollo de malezas o el suelo descubierto; esto propicia la compactación

por el pisoteo de los animales y por la erosión (Quiroz et ál., 2021).

Teniendo en cuenta lo anterior, uno de los problemas de la ganadería extensiva sobre el suelo es la compactación; tiene la capacidad de perjudicar los procesos químicos que se encargan de la liberación de nutrientes, además de los físicos, como son la circulación e infiltración de agua. Esto trae consigo una disminución de la porosidad y el incremento de la densidad aparente, lo cual genera verdaderos daños en la absorción de líquidos al provocar escorrentía y encharcamiento. Así mismo, incrementa la resistencia mecánica, disminuye la profundidad efectiva y la absorción de nutrientes, lo que se ve reflejado en la pérdida de la cobertura vegetal y una alta dificultad de supervivencia para las plantas (Escobar et ál., 2020; Gueçaimbur et ál., 2019).

Según Riascos et ál., (2021), los suelos de la región amazónica se caracterizan por ser del tipo arcillo-limoso y arcilloso; además son suelos ácidos (pH 4.6), bajos en fósforo (P) (< 1.7 mg/kg), con altos contenidos de aluminio (Al) (> 3.2 cmol/kg) y hierro (Cu). Las capacidades portantes y mecánicas de este tipo de suelos son bajas, ya que estos se saturan de agua y se vuelven imposibles de estabilizar; en especial, los suelos arcillosos, que no permiten el drenado del agua, sino que esta se acumula y genera inestabilidad (Mejía et ál., 2019).

Una de las mejores formas es implementar sistemas agroforestales que garantizan el reciclaje de nutrientes; este proceso se lleva a cabo en la superficie del suelo, donde se descomponen restos de plantas y

animales. Todos los compuestos orgánicos son desarmados por los organismos descomponedores en sustancias inorgánicas simples, como nitratos y fosfatos; cuando estas sustancias están disueltas en el agua del suelo pueden ser absorbidas de nuevo por las plantas, que las utilizan para formar los compuestos orgánicos de su cuerpo (tallo, hojas, raíces, etc.);; entonces esas sustancias pasan directa o indirectamente a los consumidores, que las convierten en los componentes de sus propios cuerpos. Cuando las plantas, animales y demás organismos mueren, sus líquidos caen al suelo, se descomponen y completan el proceso denominado reciclaje de nutrientes (Caicedo, 2020).

Una ejemplificación de ello se ve en la implementación de sistemas agroforestales que favorecen y garantizan el reciclaje de nutrientes de los árboles y cultivos asociados (podas, caída natural), mejorando la calidad física, química y biológica de los suelos; la biomasa depositada en el suelo de un sistema agroforestal de café y cacao, asociado con árboles de *Erythrina poeppigiana* (poró), *Inga edulis* (guaba) y *Cordia alliodora* (laurel), incorpora de 150 a 300 kg de N ha-1 año-1, de 10 a 20 kg de P ha-1 año-1, de 75 a 150 kg de K ha-1 año-1 y de 100 a 300 kg de Ca ha-1 año-1 (Sánchez, 2019). Esto ayuda a la fijación de nitrógeno atmosférico (N2) mediante relaciones simbióticas entre raíces de árboles y arbustos leguminosos y microorganismos del suelo, en especial bacterias, para agregar los sistemas silvopastoriles asociados a leguminosas arbustivas con *Flemingia macrophylla* (Willd.) Merr y *Leucaena leucocephala* (Lam.)

favorecen la conservación de la macrofauna edáfica, la época de mayor pluviosidad y el aporte de hojarasca de las leñosas arbustivas tienen un efecto favorable sobre la población de lombrices las cuales hacen parte de los llamados ingenieros del suelo (Hoffmann & Armesto, 2018).

Con base en lo anterior, se presenta una solución más eficaz, enfocada en el uso de residuos orgánicos como abono para los suelos amazónicos, puesto que la enmienda con residuos orgánicos puede reducir la erosión del suelo y la escorrentía superficial. Ello disminuye la tasa de pérdida de elementos disueltos como el carbono orgánico (CO), fósforo (P), cobre (Cu) y zinc (Zn), lo que deriva en un incremento de las concentraciones de estos elementos en el suelo (Shi & Schulin, 2019).

En la realización de este proyecto se destaca el uso de compost de estiércol vacuno, porcino y abono verde; la aplicación de estiércol proporciona un alto beneficio, al ser este capaz de depositar nutrientes como nitrógeno (N) que se presenta en forma de amoníaco y el fósforo. Además, la implementación de estiércol aumenta la capacidad de retención de agua y la infiltración de esta al subsuelo, mejora el intercambio catiónico y reduce la erosión; por su parte la fracción líquida contenida en el estiércol disminuye la pérdida de nitrógeno (N), carbono orgánico (Co), azufre (S) en su forma gaseosa (Gómez et ál., 2019).

Además, está el abono verde, que se compone de masa vegetal no descompuesta de plantas cultivables; mediante la incorporación de las leguminosas como

fuentes de nutrientes para el suelo, se ha logrado reemplazar parte de la fertilización química, mejorando las propiedades físicas y químicas del suelo (Castro et ál., 2018), se implementa la siembra con pasto Mombasa (*Panicum Maximum*); nativo de Tanzania África, este presenta alta calidad nutricional y un excelente rendimiento, tolerancia a la sequía, al pastoreo y su pronta recuperación facilitan una mejor rotación de potreros, además, posee buena palatabilidad y digestibilidad (Heredia et ál., 2022).

En este contexto, se estableció como objetivo general evaluar la recuperación de suelos degradados por sobrepastoreo, con diferentes sustratos en el departamento de Putumayo, Colombia.

Materiales y métodos

Localización y área de estudio. El trabajo se llevó a cabo en la finca Villa Lucero, a 0°35'25.6"N 76°32'05.3"W del departamento de Putumayo, al suroccidente de la República de Colombia. Esta región se halla a una altitud de 256 m s. n. m. Con temperatura promedio 25.3 °C, con 85 % de humedad relativa y precipitación anual de 3.355 mm (IDEAM 2017), las condiciones del suelo de la finca son: PH (4,34), MO (3,64%), P (0,21ppm), NT (0,202%), K (077meq/100g) (Laboratorio agroambiental, 2018).

Preparación de suelos. El proceso dio inicio con el establecimiento del terreno por tratar, el cual cuenta con 2011.5 m². Una vez establecido el sitio, se realizó la caracterización del área por intervenir, donde se hizo un inventario de malezas, se

encontraron: pasto cortadera (*Siperus sp.*), pasto estrella (*Ottochloa nodosa*), Mortiño (*Miconia palpillosa*). Acabada la caracterización de malezas, se estableció un método para el control de estas mismas. Se hizo uso de dos herbicidas: Como primer tratamiento se utilizó herbicida sistémico (Glifosol), que tiene la característica de no afectar las semillas presentes debajo del suelo; además, este no es absorbido por las raíces, no presenta acción residual prolongada y, por lo tanto, no actúa como un herbicida esterilizante del suelo (Ramires, 2019). El segundo tratamiento se realizó con herbicida orgánico (Eliminador) como complemento del proceso; dichos procedimientos se hicieron con 21 días de diferencia entre la primera y la segunda fumigada.

Se realizo un análisis de suelos y se encontró un pH ácido. Transcurrida una semana se realizó el encalado del terreno, la cal se aplicó al voleo. Esta actividad se realiza para neutralizar la acidez del suelo, puesto que la cal tiene la capacidad de subir el pH y traer mejorías en la absorción y redistribución de N en las plantas y la liberación del P retenido en el suelo (Patiño et ál., 2019).

El terreno encalado reposó durante 3 días; acabado este plazo, se inició con los preparativos para la siembra. Primeramente, se ejecutó la división del terreno (4 predios de 502,8 m2), se estableció el uso de pasto Mombasa (*Panicum maximum*), el cual se

sembró en surcos (50 cm de separación entre estos). Cabe destacar que la siembra se hizo en 4 días distintos; por lo tanto, estuvieron presentes variables como temperatura y humedad.

Paralelo a eso, se realizó la preparación de los precompostajes, técnica que consiste en hacer un compostaje de los restos de alimentos durante un corto período de tiempo; en este caso la duración y composición de cada uno fue: precompost porcino 70 días, y compuesto por cascarilla de arroz y estiércol de cerdo, relación C:N (Carbono: Nitrógeno) 15:1, precompost bovino 42 días y tuvo estiércol vacuno, restos de poda, madera, cáscaras (frutas, verduras) y parte de compost porcino, relación C:N= 18:1, abono verde 27 días, tuvo restos de poda recolectados en el terreno. Los precompostajes fueron monitoreados (temperatura y humedad) y volteados cada 8 días para permitir tanto la aireación como el correcto trabajo de los microorganismos presentes.

Para el establecimiento de tratamientos por parcela, se usó un diseño irrestrictamente al azar, donde se le asignó 1 de los 4 tratamientos a cada parcela (Tabla 1), compost bovino (T1), porcino (T4), abono verde (T2) y testigo (T3), con 5 repeticiones cada uno; por predio se establecieron 5 parcelas por tratar con áreas de 36 m².

Tabla 1. Composición química de cada uno de los tratamientos evaluados

Componente	Compost bovino	Compost porcino	Abono verde
MO, %	52.10	73.10	26.40
C/N	30/1	20/1	---
pH	7.3	7.0	7.5
Temperatura [°C]	42±2	51±2	31±3

Las parcelas se monitorearon en periodos de 3 días, en donde se les cuantificó la cantidad de plántulas germinadas antes y después de la aplicación de compost. El primer monitoreo se hizo 8 días después de la siembra; lapso de tiempo en el que la semilla germinó. 3 días después se regaron los precompostajes (bovino, porcino y abono verde); se destaca el hecho de que se reemplazó el abono verde por una mezcla de las 3 enmiendas orgánicas, con el fin de satisfacer los requerimientos en cuanto a cantidad. Para el riego se asignaron 200 kg por abono, cantidad que se dividió en 5 partes, lo que equivale al número de repeticiones por tratamiento, para así concluir con dosificaciones de 40 kg por parcela, las cuales se aplicaron únicamente en los surcos.

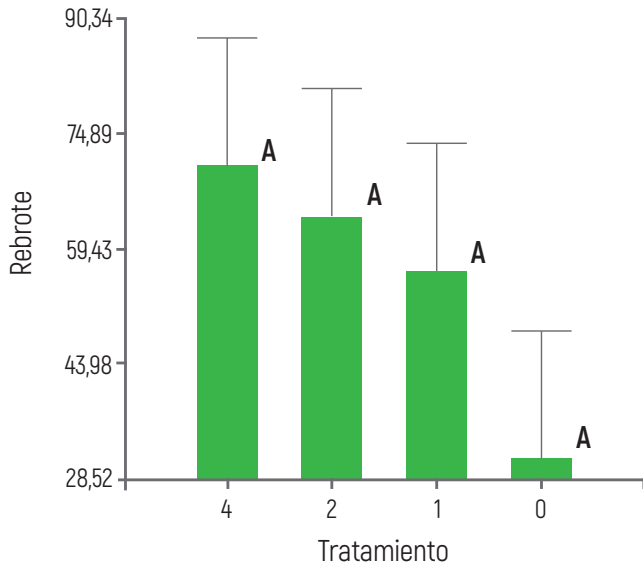
Una variable que se tuvo en cuenta para determinar el éxito de la investigación fue el número de rebrotes, para lo cual se utilizó un diseño estadístico irrestrictamente al azar, se aplicaron los parámetros estadísticos de normalidad distributiva, valores promedio ($\bar{x}$), coeficiente de variación (CV) para cada variable. Las comparaciones entre grupos se realizaron mediante análisis de varianza y una prueba de Tukey para la diferencia entre medias, con un nivel de significancia del 95%.

Resultados y discusión

La variable número de rebrotes no muestra diferencias en cuanto a la cantidad de plántulas presentes por parcelas (Tabla 1). Aritméticamente el T4 es el tratamiento que muestra resultados más favorables en cuanto al número de plantas, y el T1 es el que muestra los más bajos. El análisis de varianza

no detectó diferencias entre los tratamientos siendo (p > 0,05), lo que quiere decir que el 95% de las veces que este experimento se repita los resultados serán similares, y el coeficiente de variación es de 53,75.

Gráfico 1. Porcentaje de rebrote de Panicum maximum con diferentes sustratos.



Al analizar el número de rebrotes por parcelas, se vieron cambios en cuanto a la cantidad de estos mismos; aritméticamente los tratamientos T4 y T2 arrojaron mejores resultados (p > 0,05), lo cual indica la existencia de un error experimental, a diferencia de (Eleuterio et ál., 2020) que tuvieron resultados positivos y mencionó que la densidad de plantas en el rendimiento de semilla es muy variable, y eso puede deberse a varios factores, tales como especie forrajera, fertilidad del suelo, prácticas de manejo del cultivo y condiciones climáticas durante el proceso de producción.

El terreno evaluado tuvo una reducción en cuanto a la cantidad de materia orgánica superficial, por lo que se puede decir que esa disminución pudo ser uno de los factores que influyó en los resultados. El predio 1 fue de los que más afectados; se vio por la retirada de la materia, al punto de convertirse en una zona árida y seca, según Quispe (2018). La materia orgánica desempeña un papel importante en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, pues es responsable del crecimiento de plantas y proliferación de microorganismos al influir en la infiltración y almacenamiento del agua; además, influye en la formación y estabilización de los agregados, garantiza mejor aireación, y es una fuente de nutrientes.

Adicionalmente, tenemos el factor climático que no fue el más óptimo durante el proceso; temperaturas 31 °C trajeron consigo afecciones en los procesos de siembra y germinación, comportamiento visto por Cruz et ál., (2020) que vieron efectos negativos en sus resultados por esta misma variable: Comprobaron que las condiciones climáticas influían en la calidad fisiológica de las semillas, las temperaturas máximas superiores a 33 °C durante la floración y caída natural y superior a 30 °C durante la cosecha. Posiblemente se redujo la calidad de las semillas; la tasa de germinación se vio severamente afectada por las condiciones climáticas desfavorables, puesto que el crecimiento y la productividad de los pastos están influidos por el clima existente sobre todo por la distribución anual de las lluvias y otros factores del medio ambiente y de manejo repercuten en que los pastos y forrajes no reflejen totalmente su potencialidad productiva (Ramires et ál., 2017).

De esta manera, se ve lo importante que es ubicar la época exacta para sembrar; la semilla requiere de superficie húmeda para germinar por lo que los períodos largos de sequía sucesivos a la siembra pueden causar la pérdida parcial o total de la misma. En suelos arcillosos se han logrado excelentes resultados, cuando se siembra poco antes de iniciarse el período de lluvias o bien al final de las mismas (Vélez, 2021).

Conclusión

La implementación de abonos orgánicos, para la recuperación de suelos degradados por sobrepastoreo, no tuvo efecto en cuanto al porcentaje de germinación y rebrote de la especie forrajera *Panicum maximum* en las condiciones de la llanura amazónica del departamento del Putumayo.

Los autores agradecen de manera muy especial a la Doctora Diana Patricia Vargas Muñoz, por sus aportes en la edición del trabajo; a la tecnóloga Lina Yurani Quintero y al señor Jairo David Riascos por su apoyo en campo.

Referencias bibliograficas

Aguirre, Rayentué, Espinoza, & Raihuén. [2020]. Manejo de praderas en zonas de secano y en condiciones de restricción hídrica. Institución de Investigación Agropecuarias, 1–4. <https://doi.org/20.500.11944/147887>

Agustin, Sanzano., M. S. [2019]. Los factores de formación del suelo. www.edafologia.com.ar www.edafologia.org

Barrios, M., & Pérez, D. [2018]. Efecto de la aplicación continua de estiércol bovino sobre el crecimiento y producción de maíz y características químicas del suelo. *Bioagro*, 30(2), 117–124. <https://doi.org/10.4067/s0365-28072004000400005>

Caicedo, Vargas. , C. E. [2020]. Agroforestería: una alternativa de agricultura sostenible en la Amazonía ecuatoriana. *Revista Científica Ecuatoriana*, 7(1), 17–20. ISSN: 2528-7850

Calvo, Dianela. , A., Peter, G., & Gaitán, Juan. , J. [2021]. Climate modulates grazing effects on primary productivity of arid ecosystems in Argentina. *Ecosistemas*, 30(3). <https://doi.org/10.7818/ECOS.2228>

Castro Rincón, E; Mojica Rodríguez, J. E.; Corulla Fornaguera, J. E. & Lascano Aguilar, C. E. [2018]. Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderas del trópico. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 711. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.31612>.

Cruz, J. de O.; Martins, C. C.; Jeromini, T. S. & da Silva, G. Z. [2020]. Production fields and physiological quality of *Panicum Maximum* jacq. Cv. mombasa seeds. *Bioscience Journal*, 36(6), 2050–2059. <https://doi.org/10.14393/BJ-v36n6a2020-48173>

Eleuterio, Vásquez, Soila, Joaquín Cancino, Santiago & Gómez Vázquez, A. [2020]. Producción de semilla de pasto guinea (*Megathyrus maximus* cv. Mombaza); densidad de siembra y su efecto en el rendimiento y calidad. *Agroproductividad* , 13(4), 41–46. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2370>

Escobar, Panadero, Medina, Álvares, Tenjo, & Sandoval. [2020]. Efecto de prácticas agroecológicas sobre características del suelo en un sistema de lechería especializada del trópico alto colombiano. *ResearchGate*, 32(4), 1–24. ISSN2322-6803

Feltran-Barbieri, R., & Féres, J. G. [2021]. Degraded pastures in Brazil: Improving livestock production and forest restoration. *Royal Society Open Science*, 1–15. <https://doi.org/10.1098/rsos.201854>

Giovanny Jaimes-Díaz, H., Suárez-Chacón, I., & Camilo Torres-Romero, J. [2021]. El compostaje: una alternativa para la recuperación de suelos contaminados por agroquímicos para el pequeño productor Composting: an alternative for soil recovery by agrochemical contaminants for the small producer. *Ciencias Agropecuarias*, 7(1), 51–67. ISSN2422-3484

Gómez, Cobos, & Hasang. [2019]. Sostenibilidad de los sistemas de producción de ganadería extensiva. Sustainability of extensive livestock production systems. *Journal of Science and Research*, 4(2019), 180–195. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3594078>

Gueçaimbur, Vázquez, Tancredi, Reposo, Rojo, Maximiliano, & Introcaso. [2019]. Evolución del fósforo disponible a distintos niveles de compactación por tráfico agrícola en un argiudol

típico. Evolution of available phosphorus at different levels of compaction by agricultural traffic in a typical argiudol. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., Ex Agro-Ciencia*, 35(1), 81–89. <https://doi.org/10.4067/s0719-38902019005000203>

Guerrero Useda, M. [2021]. Equilibrio ambiental, extracción petrolera y riesgo de desastres en el oleoducto transandino colombiano. *IPSA Scientia, Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(3), 86–101. <https://doi.org/10.25214/27114406.1113>

Heredia, Mendoza, Joffre D; Vivas Arturo, W. F.; Fernandez Romay, Y.; Andrade Diaz, C. A.; Alcivar Acosta, E. H.; Macias Pro, M. A. & Jesús, Peña, M. [2022]. Características morfológicas en el pasto *Megathyrus maximus* cv.Mombaza, en el cantón Chone provincia Manabi. *Polo Del Conocimiento*, 7(5), 1410–1425. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i5.4036>

Hoffmann, A. & Armesto, J. [2018]. El suelo nutre y renueva. *Instituto de Ecología y Biodiversidad*, 14(10), 120–125.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2017. Subdirección de Meteorología. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/publicaciones-ideam> <https://doi.org/10.26640/2805881x.2022>

Mejía, J. M. G.; Quinayas, A. C; Tovar, B. L. T; Lozano, D. A. & Acero, J. C. R. [2019]. Caracterización física de suelos encontrados sobre la “Pista de infantería” de la ESMIC. *Brújula Semilleros de Investigación*, 7(13), 24–29. <https://doi.org/10.21830/23460628.81>

Meza, Elizalde, M. C. & Pascual, Dolors, A. [2018]. Land use and vegetation structure in forest remnants of fragmented landscapes in Amazonia, Colombia. *Colombia Forestal*, 21(2), 205–223. <https://doi.org/10.14483/2256201X.12330>

Muñoz-Rojas, M., Delgado-Baquerizo, M., & Lucas-Borja, M. E. [2021]. Soil biodiversity and organic carbon are essential to reverse desertification. In *Ecosistemas* (Vol. 30, Issue 3). Asociación Española de Ecología Terrestre. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2238>

Laboratorio agroambiental.2018. Laboratorio de análisis de suelos, tejido vegetal y fertilizantes. www.agroambiental-lab.com

Patiño, Gelber, R.; Puentes Páramo, Y. J. & Menjivar, Flores, J. C. [2019]. Efecto del encalado en el uso eficiente de macronutrientes para cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonia colombiana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num1_art:1247

Quiroz, J. F. E.; Esquivel, V. A. E. & Méndez, D. M. (2021). Rehabilitación de praderas degradadas en el trópico de México. In Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias [Vol. 12, Issue 3, pp. 243–260]. INIFAP-CENID Parasitología Veterinaria. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5876>

Quispe Ticon, Celso. (2018). Comparative analysis of macronutrients NPK and organic matter in soils of Sapecho Experimental Station-Alto Beni. Revista de La Carrera de Ingeniería Agronómica –UMSA, 4(2), 1089–1096. ISSN 0102-0304

Ramires, De. , la R., Zambrano, Burgos. , A. D., Campuzano, J., Verdecia, Acosta. , D. M., Chacón, Marcheco. , E., Arceo, Benitez. , Y., Labrada, C., & Uvidia, cabadiana. , H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. Revista Electrónica de Veterinaria, 18(6), 1–12.<https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol1iss1.2017pp42-54>

Ramires, P. J. (2019). Ficha técnica herbicida glifosol sl registro nacional ICA n.º 2461 a nombre de arysta lifescience Colombia. Glifosol, 1, 1–5.

Riascos, Vallejos. , A. R., Reyes, Gonzales. , J. J., & Aguirre, Mendoza. , L. A. (2020). Nutritional characterization of trees from the Amazonian piedmont, Putumayo department, Colombia. Caracterización nutritiva de arbóreas del pie de monte amazónico, departamento del Putumayo, Colombia. In Cuban Journal of Agricultural Science (Vol. 54, Issue 2). <https://orcid.org/0000-0001-6627-9372> <https://doi.org/10.24850/j-tyca-14-6-5>

Riascos, Vallejos. , A. R., Reyes, Gonzales. , J. J., Dihigo, L., Medina, Mesa. , Y., & Narvaez, J. P. (2021). Effect of forage supplementation on metabolic indicators of Hartón del Valle heifers in the Colombian Amazon. Cuban Journal of

Agricultural Science, 5(1), 43–56. <https://orcid.org/0000-0001-6627-9372> <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2021.77.89>

Rodríguez, B., César, J., Rodríguez, M., Antonia, M., Roncedo, S., & Carmen. (2019). Consecuencias de la degradación de pasturas sobre la fijación de nitrógeno. Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, 11(1), 54–63. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v11n1a5>

Sánchez, W. (2019). Sistemas silvopastoriles ssp como alternativa sostenible para la ganadería bovina colombiana. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/16330/1/2020_Sistemas_silvopastoriles_ssp_como_alternativa_sostenible_para_la_ganaderia_bovina_colombiana..pdf

Shi, P. & Schulin, R. (2019). Effects of soil organic residue amendment on losses of dissolved organic carbon, P, Cu and Zn via surface runoff from arable soils. Soil and Tillage Research, 195, 104352. <https://doi.org/10.1016/j.STILL.2019.104352>

Vázquez, J., & Loli, O. (2018). Compost and vermicompost as amendments in the recovery of a soil degraded by the management of Gypsophila paniculata. Scientia Agropecuaria, 9(1), 43–52. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.05>

Vélez, Mora, R. A. (2021). Eficacia de alternativas fisionutricionales sobre la capacidad de rebrote y rendimiento del pasto Guinea (Megathyrsus maximus [Jacq.] B.K.Simon & S.W.L.Jacobs.) EN SECANO.

Zambrano Yepes, J.; Herrera Valencia, W. & Motta Delgado, P. A. (2020). Concentration of soil macronutrients in grazing areas of the department of Caquetá, Colombian Amazon. Ciencia Tecnología Agropecuaria, 21(3). https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL21_NUM3_ART.1673.

Dispositivo portátil recolector de café para mejorar las condiciones ergonómicas del trabajador en Santander

Portable coffee picker to improve ergonomic conditions of the worker in Santander

Susan Tatiana Rodríguez Garcés¹, Edward Arístides Fuentes Cortés¹, Javier Rincón Sánchez¹

Resumen

Siendo el café uno de los productos de mayor expansión y producción en el departamento de Santander, y debido a las condiciones del puesto de trabajo que experimentan las personas al realizar el proceso de recolección, se diseñó un dispositivo que cumpliera con las normas básicas de la ergonomía en un puesto de trabajo.

El objetivo de la investigación era encontrar una alternativa viable de recolección y almacenamiento, que mejorara el proceso y las condiciones ergonómicas en el puesto de trabajo del recolector, además que ayudara a aumentar la productividad y competitividad de los caficultores de las provincias de Guanentá y Comunera del departamento de Santander.

Para el prototipo se realizó la recolección de datos a través de la observación de campo, la entrevista a expertos, recolectores y caficultores y la consulta bibliográfica; con la información anterior se elaboraron bosquejos conceptuales y se obtuvo el diseño final que llevó a la construcción de un dispositivo que cumpliera los requerimientos para la recolección y almacenamiento de granos de café, como instrumento de mejora del proceso de recolección manual de café dentro del eslabón de la cadena de producción, que mejoró significativamente la salud del trabajador así como los tiempos de recogida del mismo.

¹ Centro Agroturístico, Regional Santander, Correo correspondencia nrincons@sena.edu.co

Para la comprobación del dispositivo se realizaron pruebas en campo, donde se analizaron los factores a prevenir, como el riesgo disergonómico, la incidencia y severidad de los disturbios músculo esqueléticos relacionados con el trabajo; los resultados fueron utilizados en retroalimentación para las mejoras y ajustes al prototipo para su óptimo funcionamiento.

Palabras claves: Caficultor, Ergonomía, Productividad, Prototipo, Recolección.

Summary

Since coffee is one of the products of greatest expansion and production in the department of Santander, and due to the working conditions that people experience during the harvesting process, a device was designed to comply with the basic ergonomic standards in a work site.

The objective of the research was to find a viable alternative for harvesting and storage that would improve the process and ergonomic conditions at the picker's work station, and to contribute to the increase in productivity and competitiveness of coffee growers in the provinces of Guanentá and Comunera in the department of Santander.

For the prototype, data was collected through field observation, interviews with experts, collectors and coffee growers and bibliographic consultation; with the above information, conceptual sketches were prepared and the final design was obtained, leading to the construction of a device that meets the requirements for the collection and storage of coffee beans, as an instrument to improve the manual coffee collection process within the production chain link, which significantly improved the health of the worker as well as the collection times thereof.

For the testing of the device, field tests were carried out, where the factors to be prevented were analyzed, such as dysergonomic risk, incidence and severity of work-related musculoskeletal disorders; the results were used as feedback for improvements and adjustments to the prototype for its optimal operation.

Key Word: Coffee growers, Ergonomics, Harvest, Productivity, Prototype

Introducción

La cadena productiva del café está compuesta por eslabones que son base en la producción artesanal y PYME como la obtención de insumos, producción de café, acopio y ventas. Según el Programa de las Naciones Unidas (PNUD) en su informe de la Cadena Productiva del Café para el Desarrollo en el 2014, dentro de las prácticas rurales relacionadas con la producción agrícola del café, la recolección se identifica como la principal actividad dentro de su producción, demandando mano de obra no calificada, ocupado principalmente por personas en condición de vulnerabilidad, de escasos recursos o por trabajadores transitorios según la época de cosecha, (PNUD, 2014, p. 24). A su vez, en 2021 la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC) indicó que el 54,4% de los productores cafeteros estaba en pobreza o en vulnerabilidad a la pobreza. De los cuales el 15,6% de los productores cafeteros se encontraba en la pobreza extrema, 25% en la pobreza moderada y 13,8% era vulnerable a ser pobre (FNC, 2021, p. 27).

A nivel mundial, según la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, el café es uno de los productos de mayor producción y comercialización en muchos países, por ser un sustento económico para la mayoría de las poblaciones; en los años 2017/18 aumentó su producción en un 9,3%, al alcanzar 170,2 millones de sacos (FNC, 2018, p. 3). En Colombia se registraron 848.789 hectáreas en café, sembradas por un total de 539.741 caficultores, lo que da un promedio de 1,57 hectáreas por agricultor en los más de 600 municipios productores (FNC, 2021, pp. 37-38).

Santander, según el observatorio de competitividad de la Cámara de Comercio de Bucaramanga, contribuye con 52.013 hectáreas cultivadas, siendo el Socorro la capital de la provincia Comunera el mayor productor del departamento con 3641 hectáreas, seguido de San Gil capital de la provincia de Guanentá con 2194 hectáreas (Cámara de Comercio, 2018, p. 1).

La recolección de café es una actividad económica que se realiza por trabajadores en edad productiva menores de 52 años en su mayoría, a quienes se les debe garantizar una protección y seguridad social mínima, el mantenimiento de su salud para no perjudicar su capacidad laboral (FNC, 2021, p.16). Durante el proceso de recolección que realiza la persona donde se implica la adopción de posturas que involucran tronco y extremidades en posición de flexión, se pueden notar una serie de afectaciones generadas en el trabajador, como consecuencia de las condiciones de su puesto de trabajo.

Estas posturas forzadas, en adición a la tarea repetitiva de la recolección, las exigencias biomecánicas como levantar y transportar cargas pesadas y uso de elementos o equipo vibratorio pueden generar o agravar desórdenes de los tejidos blandos o del sistema músculo esquelético (Useche y Marín, 2022, p.19). Así como por la herramienta que se utiliza para la recolección del grano de café, la cual es conocida como la Catabra o el Coco recolector, siendo este, un recipiente con unas medidas de 35 cm de largo, 26,1 cm de fondo y 37 cm de alto, y su funcionamiento es el de almacenar los granos de café recolectados; este equipo debe estar sujeto

a la cintura del recolector de café hasta lograr su llenado, que posteriormente será llevado para su vaciado en un punto lejano al lugar de trabajo, en innumerables veces. A medida que se va realizando la recolección este recipiente va adquiriendo peso, generando un sobreesfuerzo y una presión sobre las extremidades inferiores proporcionalmente al peso del café que se ha recogido; lo que puede llegar a generar accidentes durante el recorrido en los surcos de café y en el traslado que se tiene que hacer para el vaciado de la Catabra, generando dolores como la lumbalgia, que es una dolencia que aparece por un mecanismo neurológico que implica la activación de los nervios que transmiten el dolor y el desencadenamiento de la contractura muscular y la inflamación (Callejo, 2021). Además, otra situación que aumenta el riesgo de accidente y que genera que este trabajo se vuelva más complejo es el clima, que al presentarse fenómenos atmosféricos de tipo hidrometereológico como la lluvia hacen que el suelo por donde el trabajador transita se vuelva resbaloso aumentando la probabilidad de una caída, y en ocasiones causando que esta sea más grave e inminente debido al peso que genera el recipiente. Según Useche y Marín para el 2022 las jornadas de trabajo muchas veces, sobre todo en tiempo de recolección pueden superar las 8 horas diarias, lo que hace que se enfrenten a una mayor exposición temporal al riesgo biomecánico (Useche y Marín, 2022, p. 19).

En la actualidad existen nueve métodos de recolección de café, cinco que se realizan manualmente y cuatro de forma mecanizada. El desarrollo y la creación del prototipo de

recolección de café consiste en simplificar las posibles afecciones que puede causar en la persona que realiza el trabajo, así como también dar una respuesta que aumente la eficiencia en la recolección manual.

Materiales y métodos

El diseño y construcción del prototipo se realizó en las instalaciones del Centro Agroturístico de San Gil (Santander), igual que el análisis de las piezas del sistema que se efectuó mediante Inventor v 2021 software para el diseño asistido por computador (CAD) producido por la empresa de software autoDesk. Al diseñar un sistema, producto o prototipo se debe considerar detallar y especificar las necesidades que se van a resolver y a su vez la correlación entre componentes o piezas que compongan el modelo, de forma que se conviertan en un conjunto unificado que satisfaga todas las disposiciones y funciones para las que se ha concebido.

Para la construcción del prototipo se realizó la recolección de datos mediante la observación de campo, la entrevista a expertos, recolectores y caficultores y la consulta bibliográfica. Seguidamente partiendo de la necesidad se elaboraron los bosquejos que se utilizaron para obtener el diseño del prototipo recolector de café en software CAD y la selección de los materiales a implementar. Para la comprobación del prototipo se realizaron pruebas de funcionamiento en campo, analizando el comportamiento y las condiciones ergonómicas del recolector en el puesto de trabajo.

Recolección de datos

En esta etapa inicial del proyecto se realizó una investigación sobre la recolección de café, en la que se obtuvo fuentes de información como el comité de cafeteros de la región, experiencias personales y testimonios de personas que realizan esta labor permanentemente.

En el proceso investigativo se pudo evidenciar que existen varios métodos para recolectar los granos de café, algunos no lograron su permanencia en el mercado y otros con ayuda de la tecnología se están implementando cada vez más en el sector cafetero, a continuación, se hace una breve descripción de algunos de estos métodos.

Catabra o coco recolector

Tradicionalmente, en la cosecha manual de café se utiliza un recipiente abierto con capacidad aproximada para 10 kg de café en cereza, denominado “coco” o catabra, el cual va sujeto a la cintura del trabajador, para almacenar temporalmente los frutos que son desprendidos con las manos (Cenicafé, 2018, p. 2).

En la cosecha manual, los recolectores realizan el siguiente ciclo:

- a. Transporte de las manos vacías para buscar los frutos maduros.
- b. Se desprenden los granos y se sostienen en los dedos.

- c. Se llevan los frutos a la palma de la mano.
- d. Finalmente se descargan los frutos en el coco recolector.

 **Figura 1. Posición de la catabra. Adaptado de un vuelco a la recolección del café, por bioseguridad**



(El tiempo, 2020).

Recolección con lonas

Consiste en colocar lonas elaboradas en mallas de Sarán en las calles del cafetal, debajo de los árboles donde se hará la recolección, unidas por un sistema velcro de 5cm de ancho, en cada uno de los bordes más largos de la malla. Sobre estas lonas, el recolector deja caer los granos desprendidos del árbol. Estos frutos sobre las lonas luego son vaciados en la estopa o costal que posteriormente se llevará a la tolva de recibo (Cenicafé, 2018, p. 5).



Figura 2. Paso a paso del proceso de recolección con lonas. Adaptado de Avances Técnicos Cenicafé



(FNC, 2018).

Canguro 2M Plus

El Canguro 2M es un dispositivo, diseñado por CENICAFÉ para la cosecha manual de café; está conformado por dos mangas que se fijan a las manos del recolector mediante resortes a manera de guante abierto; la manga dispone de un aro plástico para facilitar su apertura y el ingreso de los frutos desprendidos, que descenden hasta un bolso sujeto a la cintura y hombros del recolector (UAM, 2017).



Figura 3. Canguro 2M Plus. Adaptado de Cosecha de café más eficiente con Canguro 2M Plus



(UAM, 2017).

Equipo Alfa

El sistema Alfa es una máquina eléctrica que parece un rodillo y trabaja con baterías que duran más de una jornada. Tiene un rotor golpeador con la geometría y tamaño de los glomérulos o racimos de frutos de café, que permite tumbar el grano (Agricultura y Ganadería, 2017).



Figura 4. Equipo ALFA. Adaptado de: Avanzan pruebas de cosecha asistida para café



(Agricultura y Ganadería, 2017).

Derribadora DSC

Tiene una estructura semejante a la de una guadaña con un brazo para poder trabajar en las densidades de siembra, dispone de un cabezal vibratorio o impactador, en forma de mano, de alta velocidad que al hacer contacto muy suave con la rama cargada de frutos maduros provoca una onda, lo que hace que los frutos se desprendan (Agricultura y Ganadería, 2017).



Figura 5. Derribadora DSC. Adaptado de: Avanzan pruebas de cosecha asistida para café



(Agricultura y Ganadería, 2017).

Durante el proceso de investigación que se realizó se identificó que los métodos de recolección de café que existen y se han venido implementando en los últimos años, en su mayoría no cumplen con algunas normas que plantea la ISO TR 12295 del 2014, NTC5693 del 2009 y demás sobre la ergonomía en puestos de trabajo y manipulación manual de cargas respectivamente.

Por lo anterior, se vio la necesidad de diseñar y construir un dispositivo para asistir la

recolección manual de café, implementando un sistema que le permita al recolector tener un mejor desempeño y ergonomía en la labor que ejerce, beneficiándolo al hacer óptimo el proceso de desplazamiento y recolección del café.

Identificación de tecnologías utilizadas que resuelven la necesidad

Partiendo de las necesidades identificadas y el análisis que se realizó para el diseño del prototipo, se logró identificar una serie de tecnologías que se implementaron en el desarrollo de la herramienta para la recolección de café, como un sistema de succión que mejora el desempeño del proceso y brinda a la persona una mejor ergonomía y movilidad en la labor.

Ventajas y desventajas

La herramienta diseñada, proyecta la ventaja de solucionar las necesidades de tipo ergonómico, de manejo de cargas y de movilidad en el proceso de recolección de café. Sus ventajas radican en la factibilidad de aumentar la carga y trasportarla durante su recolección y al momento de llevarlo al punto de acopio.

Esta solución planteada es un avance tecnológico para el proceso de recolección en el sector cafetero. Sin embargo, se ha encontrado que una desventaja, se ha generado debido al constante uso del sistema de succión, lo que implica garantizar la energía suficiente para alimentar el sistema a través de un respaldo de baterías. A su vez

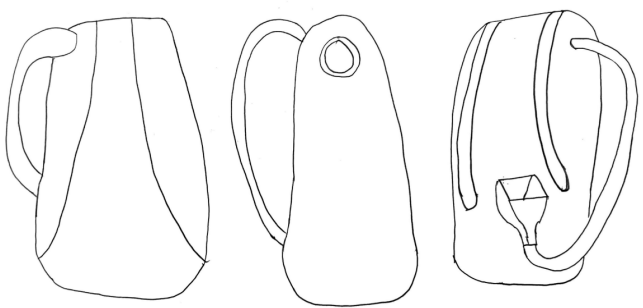
este dispositivo requiere que se garantice un mantenimiento habitual por parte del usuario.

Diseño conceptual

El diseño conceptual es una etapa importante al momento de idear la solución que satisfaga las necesidades que se identificaron y plantearon en los objetivos para el diseño del recolector de café.

Para la elaboración de los bocetos del producto se tuvo en cuenta su función y el mercado al cual estaba dirigido, haciendo que este fuera eficiente y de fácil adquisición para los productores de café de toda clase.

 **Figura 6. Diseño conceptual del dispositivo portátil recolector de café.**



Diseño, simulación y análisis

La herramienta se desarrolló bajo el uso de Inventor v 2021 software para el diseño asistido por computador (CAD) producido por la empresa de software autoDesk, donde se pudo evidenciar las virtudes del prototipo, así como los cambios estructurales para su implementación. Para el desarrollo de la

herramienta, se hizo un estudio en el sector comercial, dentro del área del municipio del Socorro y sus alrededores, con el fin de obtener los materiales más utilizados y comercializados, de esta manera dar una solución económica para su implementación.

 **Figura 7. Diseño CAD del dispositivo portátil recolector de café**



Construcción y pruebas

Para la fase final de construcción y pruebas de funcionamiento del prototipo, con el soporte del análisis de los diseños realizados se construyó un primer prototipo del dispositivo para la recolección de granos de café con un sistema de succión modificado y adecuado para la realización del proceso, con el cual se minimizan los accidentes en el lugar de trabajo, mejorando la herramienta que se utiliza en el método de recolección manual tradicional.

El almacenamiento de los granos de café pasará de ser llevado en las extremidades inferiores a la espalda soportado por la cintura, lo cual hará que el proceso sea más seguro para el recolector de café.

 **Figura 8. Proceso de construcción dispositivo portátil recolector de café**



Características del prototipo

- | Tanque de almacenamiento plástico de 350 x 420 x 170 mm.
- | Bolso impermeable diseñado para contener y transportar el dispositivo recolector de café.
- | Una batería recargable de 12V a 5.
- | Una bandeja diseñada antropométricamente con medidas de 150x140x130 mm, la cual facilita la recolección de los granos de café y permite su succión.
- | Manguera de una pulgada que permite el transporte de los granos de café.
- | Sistema de succión compuesto por un motor de 12 V y una hélice.
- | La succión de granos de café se realiza por una apertura de ¾ de pulgada, esto limita el paso de granos más grandes.
- | Bandeja recolectora hecha de plástico biodegradable.

Resultados y discusión

Al realizar las pruebas y análisis de funcionamiento del dispositivo recolector de café al cual se le denominó Stigma (Σ, σ) por la letra griega, se observa que el dispositivo satisface la necesidad identificada en ergonomía. A su vez, mejora el proceso de recolección significativamente, haciéndolo más eficiente, impactando directamente al recolector o usuario final, ya que con su implementación obtiene una carga distribuida, dándole una movilidad más segura, acortando los tiempos de recolección y vaciado, aumentando su productividad.

Otro resultado del proyecto de investigación fue la obtención de una mejora en la capacidad de almacenamiento aumentando su peso de granos de café, a su vez que esta herramienta se puede implementar en los diferentes tipos de surcos o cultivos existentes. Por ser portátil no aumenta los tiempos ni cambia el tipo de proceso, con la reubicación de la carga y la implementación

de tecnología en la recolección manual el usuario ve impactado positivamente su salud y economía.

Con respecto a los materiales que se usaron en la construcción, se logró la disminución de los costos y tiempos de fabricación, teniendo una viabilidad económica al alcance de cualquier recolector. Cabe aclarar que se continúan haciendo pruebas en un entorno controlado, así como en el área de recolección manual (cosecha), con el fin de registrar más resultados y mejoras requeridas.

 **Figura 10. Dispositivo portátil recolector de café – Stigma**



En el proceso de recolección manual del grano de café, se identificó una serie de necesidades, consistentes en la no utilización de tecnologías y herramientas ergonómicas

 **Figura 9. Diseño dispositivo portátil recolector de café – Stigma**



óptimas para desarrollar esta labor. Todo lo anterior dio como resultado el diseño de una herramienta para este proceso manual, mejorando las condiciones iniciales del

puesto de trabajo y aumentando la movilidad segura con carga.

Por medio de este proyecto de investigación se presenta una propuesta viable para los productores de café y las personas que realizan el proceso de recolección de este, con el fin de llevar e implementar el uso de la tecnología al sector agrícola fortaleciendo sus procesos para ser más productivos y competitivos.

Con el desarrollo del dispositivo para asistir la cosecha manual de café se analizó que el sistema empleado es más efectivo que el método tradicionalmente utilizado catabra o coco recolector, ya que la persona que realiza la recolección de café cuenta con una herramienta ergonómica, la cual distribuye el peso que va adquiriendo en el transcurso de la jornada laboral en los cultivos de café, y evita que el recolector pueda sufrir alguna afectación en su salud o accidente en el lugar de trabajo.

Dentro de las pruebas realizadas al dispositivo recolector de café – Stigma, se encontró que debido al constante funcionamiento del sistema de succión esto implica que se deba realizar cambio de baterías durante la jornada laboral, es decir, el dispositivo para que funcione de forma correcta deberá mantener mínimo una batería de respaldo, esta se podrá cambiar cuando el recolector vaya al punto de acopio a descargar el café, oportunidad de mejora que se deberá corregir para la segunda versión del prototipo.

El cambio de cultura para la implementación y uso por parte del recolector es un reto que se deberá asumir al incorporar el dispositivo como herramienta en el proceso, esto debido

a lo manifestado en las pruebas por parte de los usuarios en donde indicaban que para ellos aunque era más cómodo tener el peso en la espalda, ya estaban acostumbrados a caminar y moverse por los surcos de café con la catabra o coco recolector, manifestando que era más fácil el proceso manual y saber cuánto llevaban recolectado en la catabra que con el dispositivo recolector de café – Stigma.

Para una segunda versión se deben incorporar sensores y una alarma visual y/o sonora, que permitan saber el nivel de llenado del tanque de almacenamiento del dispositivo recolector de café – Stigma, debido a que se utiliza un recipiente cerrado que no permite de forma fácil saber la cantidad de café recolectado, causando retrasos en el proceso.

El prototipo del dispositivo portátil recolector de café – Stigma presenta una serie de retos futuros para su mejora y su implementación en otros campos de cultivo a nivel nacional que se irán ajustando con su utilización.

Agradecimientos

Se agradece al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) en especial al Centro Agroturístico Regional Santander y a su Tecnoparque Nodo Socorro por apoyar la ejecución de este proyecto de investigación y desarrollo tecnológico, también al Comité Departamental de Cafeteros seccional Socorro por su disposición al momento de solucionar inquietudes y brindar información de los procesos, y a todos los caficultores y recolectores que hicieron parte de esta investigación.

Referencias bibliográficas

Agricultura y Ganadería. (2017). Avanzan pruebas de cosecha asistida para café [Fotografía]. Agricultura y Ganadería. <https://www.agriculturayganaderia.com/website/avanzan-pruebas-de-cosecha-asistida-para-cafe/>

Callejo Mora, A. (2021, 14 enero). Lumbalgia. Cuidate Plus. <https://cuidateplus.marca.com/enfermedades/musculos-y-huesos/lumbalgia.html>

Cenicafé. (2018). Lonas para asistir la cosecha manual de café [Fotografía]. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. https://federaciondecafeteros.org/app/uploads/2020/03/AVT0487-Lonas-para-cosecha-asistida-de-cafe%C3%A9.pdf-1_compressed-1.pdf

El Tiempo. (2020). Un vuelco a la recolección del café, por bioseguridad [Fotografía]. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/empleo-135-000-recolectores-de-cafe-podran-trabajar-con-bioseguridad-tras-definicon-de-protocolos-483734>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2018). Comportamiento de la Industria Cafetera Colombiana 2018. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. https://federaciondecafeteros.org/app/uploads/2019/10/Informe_de_la_Industria_Cafetera_20182.pdf

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2021). Demografía, inclusión social y pobreza de los hogares

cafeteros (1993-2020). Ensayos sobre Economía Cafetera 34(1), 7-34. <https://federaciondecafeteros.org/app/uploads/2021/06/Economi%C3%A9a-Cafetera-No.-34.pdf>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2021). La cosecha asistida de café y su impacto en la economía de la recolección en finca. Ensayos sobre Economía Cafetera 34(1), 35-50. <https://federaciondecafeteros.org/app/uploads/2021/06/Economi%C3%A9a-Cafetera-No.-34.pdf>

Observatorio de Competitividad. (2018). Café Provincias de Santander. Cámara de comercio de Bucaramanga. https://www.camaradirecta.com/temas/documentos%20pdf/informes%20actualidad%20provincias/cafe_provincias.pdf

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD. (2014). Cadena Productiva del Café. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. https://issuu.com/pnudcol/docs/cadena_productiva_del_caf___oportun

Universidad Autónoma de Manizales. (2017). Cosecha de café más eficiente con Canguaro 2M Plus [Fotografía]. Universidad Autónoma de Manizales. <https://archivo.autonoma.edu.co/noticias/cosecha-de-cafe-mas-eficiente-con-canguaro-2m-plus>

Useche Cubides, H. J., y Marín Castro, M. N. (2022). Análisis del riesgo biomecánico en el sector cafetero en los municipios de Topaipí y Chaguaní en Cundinamarca. [Trabajo de grado, Ingeniería Industrial]. Universidad Santo Tomás. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/45357>





Centro de Formación

Agroindustrial La Angostura